

ER
-69

2,95 \$

JUILLET 1985

QUÉBEC SCIENCE

LE MAGAZINE SANS FRONTIÈRES



Les envahisseurs
DE L'ÉTÉ

BUREAU DÉPÔT LÉGAL
1700 ST DENIS
MONTREAL P. Q.
H2X 3K6

01
6 SEP 85
ADUT

GENÈVE, LA CITÉ DES PARTICULES • LES ORCHIDÉES D'ICI
UN REMÈDE À LA MYOPIE? • LE LONG VOYAGE DE RAMSÈS II
LES MÉTAMORPHOSES DE L'ENGIN-LIBELLULE

Entrez dans l'ère de la télématique

00 h 15, Pierre relève le courrier électronique laissé à son attention deux heures plus tôt. Coût: 25 cents

08 h 02, Isabelle, enseignante s'informe du contexte géopolitique d'une nouvelle

14 h 12, Pierre, chargé d'affaires obtient le relevé des congrès tenus cette semaine

17 h 23, Sophie, 12 ans, se documente sur les ressources fauniques

18 h 35, Yan, 14 ans télécharge un logiciel éducatif de la banque. Coût: moins d'un dollar

20 h 40, Isabelle consulte des références bibliographiques

Salut Pierre,
je suis bien content de ton adhésion à INFOPUQ. Ça va simplifier nos communications. Avec le temps, tu découvriras sûrement d'autres usages à cette banque.
Je fais suivre le texte.
À bientôt.
André

Une excellente raison de s'équiper d'un micro et... de l'utiliser

Reliez votre ordinateur personnel à INFOPUQ, le service d'information accessible instantanément par le réseau téléphonique, sans frais interurbains de presque partout au Québec. Il vous suffit de transformer votre micro-ordinateur, quel qu'il soit, en terminal de communication à l'aide d'un logiciel et d'un modem.

INFOPUQ vous offre une vaste gamme d'informations sur des champs d'intérêts variés, dont:

- **l'actualité** et son contexte...
- **la micro-informatique**: ses clubs, ses nouveautés, des tests...
- **la jeunesse**: les activités, les programmes d'emploi...

- **l'éducation**: ses nouvelles brèves, des expériences d'enseignement, du matériel didactique...
- **la santé**: la prévention et les urgences-santé...
- **des connaissances générales** sur le pays: ses ressources, ses statistiques; la toponymie et l'histoire...

Il y en a pour toute la famille et tous les goûts.

Des guides pratiques:

Spectacles, salons et congrès; publications et programmes gouvernementaux; horaires des transporteurs...

Et des services sans précédent:

Le courrier électronique entre usagers, des logiciels à télécharger, un marché aux puces de matériel informatique...

INFOPUQ, l'information au doigt et à l'œil

Tarif:

- Les frais d'adhésion sont de 35 \$.
- Le service est facturé selon le nombre de minutes passées en ligne. Le taux horaire varie selon la période d'utilisation, de 4 \$ à 8 \$ pour la banque d'information et de 4 \$ à 15 \$ pour le courrier électronique.
- Un (1 \$) dollar par mois de frais d'administration.

Pour plus d'informations ou pour obtenir un formulaire d'adhésion, contactez:

INFOPUQ

2875, boul. Laurier, Sainte-Foy, QC
Canada G1V 2M3

Tél.: de Québec, (418) 657-3551

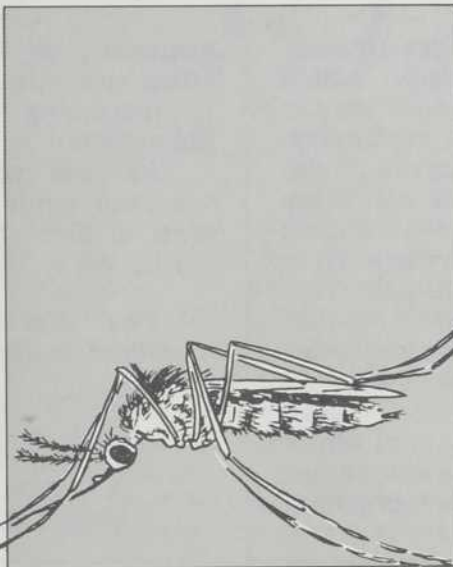
poste 2647

de l'extérieur, 1-800-463-4799

NOTE: N'envoyez pas de chèque sans le formulaire.



Page 35



Page 12



Page 40

ENQUÊTES / REPORTAGES

Les envahisseurs de l'été

Jean Paquin

Comment se défendre
contre des hordes de moustiques
implacables et assoiffés?

12

Genève, la cité des particules

Bernard Gianetto

Des chercheurs d'élite, une machinerie hyper-complexe :
le CERN place l'Europe occidentale à la fine pointe
de la physique des hautes énergies

18

Les orchidées d'ici

Céline Arseneault

De l'exotisme dans nos sous-bois :
il y en a 50 espèces qui poussent
au Québec

26

Un remède à la myopie?

Claire Chabot

On prédit la fin du brouillard des petits
et des grands myopes. Toutefois, la chirurgie de la cornée
provoque encore des débats houleux

28

Les métamorphoses de l'engin-libellule

Richard Beaudet

Issu de dessins techniques du début du siècle,
l'hélicoptère est à l'aube
de changements majeurs

35

Le long voyage de Ramsès II

Louise Desautels

Momifié voilà plus de 3 000 ans,
le célèbre pharaon se porte mieux que jamais
grâce à la technologie moderne

40

ACTUALITÉS

Spécial ACFAS

L'aluminium sous la poussée de la concurrence 7

Forêt: les dessous du modèle finlandais 8

La grenouille, le bœuf et l'ACFAS 9

L'exceptionnel fjord du Saguenay 43

Le marathon de Lindsay 46

CHRONIQUES

Post-scriptum Le mot du rédacteur en chef 5

Infopuce Apprivoiser l'informatique 11

Cinéscience La science à l'écran 48

En vrac Les p'tits mots de la fin 49

Mois prochain 50

Des aciers sans caries

Richard Cœur de Lion, à la tête des Croisés, tenta un jour de démontrer à Saladin, sultan des Sarrasins, la supériorité de l'acier de son sabre, en fendant une masse d'armes. Quel ne fut pas l'étonnement des Croisés lorsque Saladin, pour toute réponse, trancha de son sabre damasquiné un mince voile de soie lancé dans les airs. C'était en 1192, et déjà on recherchait la supériorité technique en métallurgie.

À CANMET, centre de recherche en métallurgie d'EMR, on ne s'occupe plus de forger des sabres, mais les travaux visent à mettre au point des aciers légers et résistants, et à en faire l'essai. Les recherches qui y sont effectuées visent à produire des aciers qui seront utilisés dans les véhicules et dans la fabrication des pipe-lines.

Équipé d'un laminoir pilote, semblable à ceux des grandes aciéries, CANMET fait l'essai de nouvelles techniques. Ainsi l'acier est laminé, refroidi, puis recuit suivant un processus cyclique entièrement contrôlé. Ce processus donne un produit plus mince et plus uniforme. Les étapes habituelles de la fabrication de l'acier sont l'extraction, la réduction, la coulée, le laminage et le façonnage.

Un acier de qualité supérieure doit être apte au formage, et posséder une grande résistance à la corrosion et aux contraintes mécaniques.

Les propriétaires de véhicules sont toujours désolés de voir apparaître la rouille qui fera tôt ou tard tomber en morceaux leur investissement. C'est pourquoi CANMET met à l'essai des aciers qui, même emboutis et pliés, résisteront aux effets combinés du sel et de l'humidité. De surcroît, ces aciers sont plus légers que les aciers traditionnels. Leur utilisation permettra d'alléger la carrosserie et ainsi accroître le rendement énergétique des voitures. En outre, les nouveaux aciers mis au point par l'industrie avec l'aide de CANMET doivent présenter de bonnes aptitudes au formage, c'est-à-dire qu'ils doivent pouvoir adopter des formes complexes et arrondies sans se fissurer et sans s'affaiblir à certains endroits.

Pour ce qui est des pipe-lines, on peut en améliorer le rendement en utilisant des aciers à haute résistance mécanique, épais et résistants à la corrosion. Grâce à de tels aciers, on peut accroître le diamètre des canalisations et y maintenir une pression de gaz plus élevée. Ainsi il est possible de transporter un plus grand volume de gaz. Dans ce domaine, CANMET aide l'industrie de l'acier à répondre aux

exigences de l'Office national de l'énergie en effectuant des essais de traction, de dureté et de résistance mécanique sur des échantillons prélevés sur la canalisation.

Par ses recherches, CANMET aide l'industrie canadienne à produire des aciers plus résistants et ainsi, à mieux soutenir la concurrence qui lui est livrée sur les marchés.

Pour plus de renseignements, veuillez communiquer avec:

Communications EMR

580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4
(613) 995-3065



Énergie, Mines et
Ressources Canada

Energy, Mines and
Resources Canada

Canada

PUBLI-REPORTAGE

4 numéros par année au fil des saisons



La revue de l'Union québécoise pour la
conservation de la nature

Pour recevoir Franc-Nord écrire à: UQCN/Franc-Nord,
9141 avenue du Zoo, Charlesbourg, G1G 4G4
(12 \$ pour un an 22 \$ pour 2 ans) (418) 628-9600

Le magazine QUÉBEC SCIENCE

C.P. 250, Sillery, Québec G1T 2R1
Tél.: (418) 657-3551; 1-800-463-4799
Abonnements: poste 2854; Rédaction: poste 2494

DIRECTION

Fernand Grenier, directeur
Jean-Pierre Rogel, rédacteur en chef

RÉDACTION

Diane Dontigny, adjointe à la rédaction
Gérald Baril, Ginette Beaulieu, Gilles Drouin,
François Picard, Pierre Sormany, Vonik Tanneau,
journalistes, collaborateurs réguliers
Claude Forand, correspondant à Toronto
Bernard Giansetto, correspondant à Paris
Ève-Lucie Bourque, recherches iconographiques

PRODUCTION

Richard Hodgson, conception graphique
Raymond Robitaille, typographe
Alain Vézina, photo couverture
Reprolab, séparation de couleurs
Imprimerie Canada, photogravure et impression

PUBLICITÉ

Communications 2005
Raymond Denis
3355, Chemin Queen Mary, Bureau 731
Montréal, P.Q. H3V 1A5
Tél.: (514) 598-5096

COMMERCIALISATION

René Waty, directeur de la commercialisation
Marie Prince, adjointe à la commercialisation
Nicole Bédard, abonnements
Messageries dynamiques, distribution en kiosques



Presses de l'Université du Québec
Québec Science

Abonnements

Au Canada: Régulier: (1 an/12 nos):	25,00\$
Spécial: (2 ans/24 nos):	44,00\$
Groupe: (1 an/12 nos):	23,00\$
(10 ex. à la même adresse)	
À l'étranger: Régulier: (1 an/12 nos):	35,00\$
Spécial: (2 ans/24 nos):	61,00\$
À l'unité:	3,50\$

Voir le coupon d'abonnement à la fin du magazine

QUÉBEC SCIENCE, mensuel à but non lucratif, est publié par les Presses de l'Université du Québec. La direction laisse aux auteurs l'entière responsabilité de leurs textes. Les titres, sous-titres, textes de présentation et rubriques non signées sont dus à la rédaction.

Le soutien financier du magazine QUÉBEC SCIENCE est assuré par ses lecteurs, ses annonceurs, l'Université du Québec, le Fonds FCAC pour l'aide et le soutien à la recherche, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, ainsi que le Programme d'appui fédéral à la sensibilisation du public à la science et à la technologie.

Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec, troisième trimestre 1985, ISSN-0021-6127.
Répertorié dans POINT DE REPÈRE.

Courrier de deuxième classe, enregistrement n° 1052. Port de retour garanti. Port payé à Québec.
Télex: 051-31623
Membre de:



CPPA

© Copyright 1985 — QUÉBEC SCIENCE —
PRESSES DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC.
Tous droits de reproduction, de traduction
et d'adaptation réservés.

Post-scriptum

LE MOT DU RÉDACTEUR EN CHEF

Un centre de recherches financé par 13 pays européens, un budget annuel équivalant à 360 millions de dollars canadiens, 5 800 employés dont 3 000 scientifiques, des installations sur 560 hectares, à cheval sur la frontière franco-suisse: voilà qui n'est ni petit, ni banal, de prime abord.

Mais il y a plus. Le Centre européen de recherches nucléaires ou CERN c'est la preuve que la science est internationale par essence. Cette véritable ville de science retirée près de Genève est un centre de rencontre et d'échange d'information véritablement mondial, recevant chaque année aussi bien

des Américains que des Soviétiques ou des Chinois, qui ne se cachent rien.

Qu'y fait-on? On y interroge la matière. Je veux parler des atomes, et de ces particules encore plus petites que les atomes. Des «bêtes» éphémères qu'on traque dans de gigantesques installations très compliquées. Et c'est important: la recherche des secrets profonds de la matière a ses prix Nobel. Ainsi Carlo Rubbia et Simon Van der Meer, deux chercheurs du CERN précisément, ont-ils mérité le Nobel de physique l'an dernier.

Il faut reconnaître que ce domaine de la science, la physique des particules — on dit aussi: physique des hautes énergies — n'est pas très accessible pour le commun des mortels. Trop de modèles et de théories, des «objets de recherche» totalement impalpables et éphémères. «D'accord, j'irai au CERN, précisément parce

que je ne comprends rien à la physique des particules», m'avait répondu Bernard Giansetto il y a un an, lorsque je lui avais proposé ce reportage. Depuis, Bernard, qui est devenu entre-temps notre correspondant en Europe, a potassé son sujet, s'est rendu au CERN, a écrit et ré-écrit son article pour qu'il soit accessible à tous. Et même s'il reste quelques passages plus difficiles pour les non-initiés (c'est ardu, la science!), je

crois que le défi d'une assignation très exigeante a été remarquablement relevé.

Ah! oui, la photo! Il s'agit bien de Bernard Giansetto, posant, selon lui,

«dans un champ de particules inexploitées». Sans commentaires...

Il me reste quelques lignes pour vous souhaiter un excellent été. Les hélicoptères, Ramsès II, la chirurgie de la myopie (un article qui a valu à son auteur, Claire Chabot, le prix de journalisme scientifique 1985 du ministère de la Science et de la Technologie), les orchidées d'ici et — dernier sujet, mais non le moindre — les moustiques: voilà ce que ce numéro de juillet nous offre. Emportez-le en vacances... ne serait-ce que pour taper sur ces achalants maringouins!



Jean Pierre Rogel

Faisons berges neuves



De tous bords, de tous côtés de nos cours d'eau, les municipalités du Québec participent au grand projet d'un environnement plus proche de notre nature. Elles mettent sur pied leur propre projet BERGES NEUVES. Avec BERGES NEUVES, on travaille à la mise en valeur de nos rives et au nettoyage de nos cours d'eau. On ouvre la porte de nos paysages riverains sur la détente et les loisirs. Avec BERGES NEUVES, on met la main à notre environnement pour retrouver la vraie nature de nos cours d'eau, pour se donner une qualité de vie meilleure. Avec le programme BERGES NEUVES, le gouvernement du Québec et les municipalités investissent 260 millions \$ pour que les rives de nos cours d'eau retrouvent leur vrai visage. Le Gouvernement prend à sa charge la totalité des coûts de la main-d'oeuvre pour le nettoyage et les 2/3 des coûts de travaux d'aménagement qui sont réalisés par les municipalités. La vraie nature de notre environnement, c'est toute une retrouvaille!



Québec

**Au Québec,
on retrouve
notre vraie nature**

SPÉCIAL ACFAS

Chicoutimi, une ville sise sur le bord d'un fjord exceptionnel, celui du Saguenay, à quelques kilomètres d'Arvida, la ville de l'aluminium, située dans une région au riche passé archéologique. C'est dans cette ville que s'est tenu le 53e congrès de l'ACFAS à la fin de mai dernier. On ne peut donc se surprendre que nombre de colloques et de communications aient présenté des recherches concernant cette région. Et cela se reflète dans les articles que nous ont rapportés les journalistes de Québec Science qui ont assisté au congrès.

Cette année, on remarquait également une participation américaine et européenne accrue. Dans les textes qui suivent, elle se manifeste, entre autres, par l'apport des Finlandais à la question, cruciale au Québec, du développement de la foresterie.

L'ALUMINIUM SOUS LA POUSSÉE DE LA CONCURRENCE

Une simple réduction de poids de 3,5 grammes de chacune des 60 milliards de cannettes d'aluminium produites annuellement représente une diminution de 210 000 tonnes dans la production globale de cette industrie. Une diminution de l'épaisseur du papier d'aluminium, la fabrication de moteurs plus petits et quelques autres améliorations techniques exigées par le marché contribuent à une baisse de la production annuelle de plus d'un million de tonnes dans une industrie qui plafonne pour ainsi dire à une production d'environ 15 millions de tonnes par an avec un taux d'accroissement de deux pour cent.

Ce ne sont là que quelques chiffres présentés par M. François Ameye, adjoint au vice-président à la planification de l'Alcan, pour illustrer les difficultés que doit affronter cette industrie vitale à l'économie du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Le problème est d'autant plus aigu lorsqu'on jette un coup d'œil à l'industrie de l'aéronautique qui a jadis permis à l'industrie de l'aluminium de con-

naître une croissance phénoménale. Par exemple, un Boeing 767 contenait 81 pour cent d'aluminium contre 3 pour cent de matériaux composites (fibres de carbone). Maintenant, le même type d'avion ne contient plus que 51 pour cent d'aluminium contre 25 pour cent de composites, et ce malgré que la recherche ait permis de mettre au point un alliage d'aluminium et de lithium plus léger. Sans cela, la part de l'aluminium aurait pu chuter à 11 pour cent.

Dans un tel contexte, il est facile de comprendre l'importance de la recherche dans cette industrie. L'Alcan a ainsi profité du dernier congrès de l'ACFAS à Chicoutimi pour présenter ses principales réalisations des dernières années. Au centre de ces progrès technologiques se trouve la mise au point de cuves d'électrolyse utilisant un courant électrique de 275 000 ampères qui permet d'augmenter considérablement l'efficacité de la production (voir *Québec Science*, mai 1984, pages 8 et 9). Ces cuves, de la série Apex, devraient être utilisées à la

nouvelle usine de Laterrière, au Saguenay-Lac-Saint-Jean, qui entrera en opération vers la fin des années 80, si le marché mondial permet à l'Alcan d'y investir rapidement les sommes nécessaires à sa construction.

Un autre volet de la recherche à l'Alcan, particulièrement en évidence à Chicoutimi, est celui du contrôle de la qualité ou, pour être plus précis, de la propreté de l'aluminium. Des marchés importants comme ceux des cannettes et des garnitures métalli-



Les cuves Apex du centre de génie expérimental de l'Alcan à Chicoutimi.

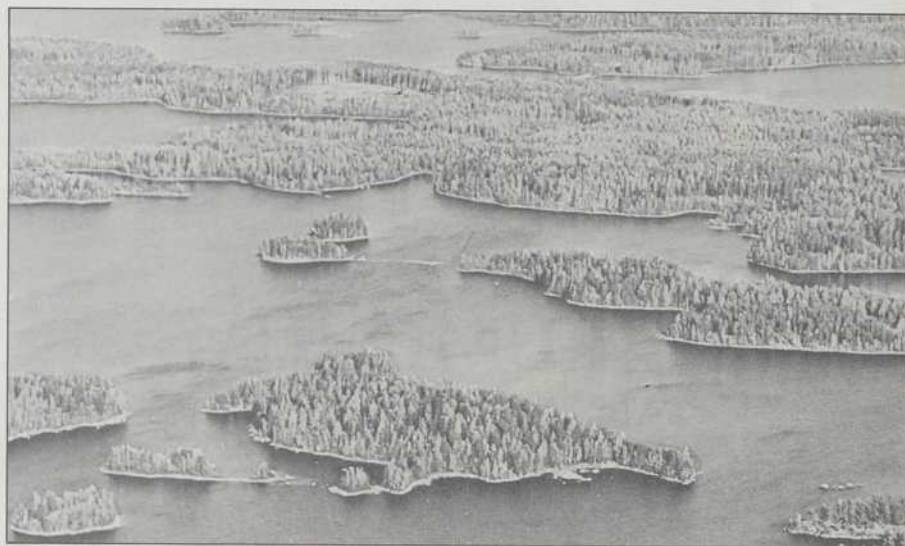
ques exigent un aluminium exempt le plus possible d'inclusions non métalliques, c'est-à-dire des particules en suspension qui, au moment du laminage, pourront provoquer des fissures ou des perforations du produit. Dans l'industrie, on ne tolère pas, sur la ligne de remplissage des cannettes, un taux de rejet supérieur à 1 pour 100 000. L'industrie des boissons gazeuses, par exemple, n'a que faire des cannettes fabriquées dans un aluminium qui éclate trop souvent, ralentissant ainsi la production.

Pour contrôler cette propreté, l'Alcan a mis au point un procédé appelé LIMCA, un acronyme de l'anglais qui, en français, signifie analyseur de la propreté d'un métal liquide. Cette technique est fondée sur la détection des impulsions électriques produites par le passage des particules non métalliques en suspension dans l'aluminium en fusion dans un orifice soumis à un fort champ électrique. Cette technique s'applique sans interruption au moment de la coulée. Elle est plus rapide et plus efficace que celle utilisée jusqu'à récemment. Son système de filtre, qui utilise un lit d'alumine, présente une efficacité de 90 pour cent, ce qui est supérieur au 60 pour cent des lits de céramique.

Enfin, les gens de l'Alcan étaient particulièrement fiers de présenter leur procédé de traitement de l'aluminium en creuset (TAC). Le système TAC vise essentiellement à éliminer les composés alcalins (sodium, calcium, lithium) dans l'aluminium de première fusion. Ces alcalins sont considérés comme des contaminants qui affectent la qualité du produit final. L'originalité du procédé tient au fait que tout le traitement s'effectue à même les creusets de transport de l'aluminium; on économise ainsi une étape de transvidage de l'aluminium en fusion et, évidemment, du temps et de l'argent. Pour l'Alcan, la recherche est le nerf de la guerre.

Gilles Drouin

FORÊT: LES DESSOUS DU MODÈLE FINLANDAIS



La Finlande: un pays au climat tempéré, comme le Québec méridional, au paysage parsemé de nombreux lacs (l'eau douce couvre 13 pour cent de la superficie), aux vastes forêts de conifères. Comme au Québec, la forêt est un secteur important de l'économie, les industries forestières rapportant près de 50 pour cent des revenus nets d'exportations. Autant de ressemblances qui ont incité les chercheurs à se pencher sur le « modèle finlandais » lors du dernier congrès de l'ACFAS.

Le mode de propriété distingue toutefois la Finlande du Québec. En effet, 64 pour cent des 20 millions d'hectares des forêts finlandaises sont propriété privée, alors que l'État en possède 24 pour cent et les compagnies forestières, 8 pour cent. Au Québec, seulement 14,5 pour cent de la forêt est privée.

Si l'on se fie aux chiffres de M. Matti Heiginheimo, du Bureau forestier central de Tapio, la productivité des forêts finlandaises est supérieure à celle des forêts québécoises. Par exemple, les forêts finan-

daïses connaîtraient un accroissement annuel de la production de 3,3 mètres cubes de bois à l'hectare, comparativement à 1 mètre cube au Québec; la récolte s'y chifferrait à environ 3 mètres cubes à l'hectare tandis qu'au Québec, elle atteindrait à peine 0,5 mètre cube.

Toutefois, selon le sociologue Risto Alapuro et l'ingénieur forestier Esa Puustjärvi, tous deux de l'Université de Helsinki, le développement de la foresterie et de l'industrie forestière ne s'est pas fait sans heurts ni sans conséquences sur l'organisation sociale et économique de ce pays, particulièrement dans les régions rurales.

Au début du 20^e siècle, les paysans possédaient la majeure partie des forêts finlandaises — en fait, 56 pour cent du territoire. À cette époque, le travail forestier leur rapportait autant de revenus que l'agriculture. Cette symbiose entre la foresterie et l'agriculture prit fin vers les années 60 quand l'industrie forestière, pour s'accaparer une part importante du marché internatio-

nal, entreprit la rationalisation et la mécanisation de l'exploitation forestière. Il en résulta une diminution des travaux saisonniers dans les petites fermes et une prise en charge de la récolte du bois par les organisations des industries forestières. Cela provoqua un exode massif de la population rurale vers les centres industriels du sud-ouest du pays et une migration importante vers la Suède.

Selon M. Puustjärvi, le dépeuplement des régions rurales a aujourd'hui atteint un point critique. Pour renverser cette situation, on envisage différentes mesures telles que remettre entre les mains des propriétaires les travaux forestiers et les inciter, par une rémunération plus élevée, à mieux entretenir leurs forêts. L'exploitation de sa forêt par le propriétaire lui-même, ajoute M. Puustjärvi, «est plus conforme aux désirs esthétiques du public et des propriétaires, dont l'aversion envers des méthodes très mécanisées est fortement sentie en Finlande aujourd'hui».

Le «modèle canadien», que les Finlandais disent avoir suivi en optant pour l'intensification de la mécanisation de l'exploitation forestière, ne semble plus faire l'unanimité dans ce pays. Et diverses conceptions de la gestion forestière apparaissent. Ainsi que le soulignait Aarne Reunala, de l'Université de Helsinki, il faut dorénavant tenir compte, dans la planification, des différents aspects de la forêt, aussi bien écologiques, sociaux et récréatifs qu'économiques.

Il rejoignait ainsi le sociologue Robert Laplante, de l'Université du Québec à Trois-Rivières, pour qui la forêt au Québec «doit rester et continuer de se développer comme un patrimoine collectif dont l'État est le fiduciaire. Il faut, ajoutait-il, se donner une politique d'ensemble de la forêt, cesser de voir celle-ci seulement comme un stock de matière ligneuse.»

Diane Dontigny

LA GRENOUILLE, LE BŒUF ET L'ACFAS

Il était une fois un grand rassemblement de scientifiques très ennuyeux qui s'appelaient «congrès annuel de l'ACFAS». Une cérémonie plutôt guindée de messieurs sérieux, pontifiant sur la science chacun à tour de rôle, pendant cinq jours d'affilée. Triste, ésotérique, un peu poussiéreux...

C'était il y a bien longtemps. Aujourd'hui, la très digne Association canadienne française pour l'avancement des sciences, l'ACFAS, qui a survécu à l'éclatement des grandes fédérations de chercheurs et a su demeurer un lieu unique de rassemblement des scientifiques francophones du Québec, a repris du poil de la bête et présente un congrès attrayant. Avec des colloques et des symposiums spécialisés, avec des tribunes de débats interdisciplinaires, et une bonne dose de flirt avec les thèmes à la mode (Vous avez dit: «virage technologique»?).

Au point où Guy Arbour, le directeur général de l'ACFAS, n'hésitait pas à présenter le dernier congrès, dans un cahier spécial du journal Le Devoir, comme «le plus important (numériquement, du moins) congrès scientifique d'expression française au monde», et comme «un substrat de notre matière grise collective».

Ce langage de l'audace est plaisant, mais il mérite qu'on lui apporte quelques nuances, si on ne veut pas revivre une certaine fable de la grenouille qui veut devenir un bœuf. Ce congrès demeure principalement un tremplin pour les jeunes chercheurs, un lieu de rencontre de chercheurs de diverses disciplines qui ont peu d'occasions de se parler. En tant que tel, il est irremplaçable et le dynamisme actuel de l'ACFAS ne peut être que bénéfique. Mais il ne faudrait pas oublier qu'il se dévoile au congrès fort peu de primeurs scientifiques, que trop de communications y sont répétées d'année en année sans un seul élément nouveau d'information, que les chercheurs seniors y brillent par leur absence et avouent préférer livrer leurs résultats ailleurs.

En somme, un congrès important pour la communauté scientifique québécoise, et principalement pour ses jeunes chercheurs. Mais rien qui puisse se mesurer aux grands congrès spécialisés internationaux ou simplement nord-américains (celui de l'AAAS, par exemple). L'équivoque dissipée, il reste à souhaiter un excellent congrès 1986 à l'ACFAS. Le meilleur possible, compte tenu des réalités...

Jean-Pierre Rogel

GÉOGRAPHIE EL NINO ET LA BOURSE

El Nino est un phénomène climatique planétaire qui se reproduit deux ou trois fois par décennie. Une des plus importantes manifestations de ce phénomène s'est déroulée en 1982-1983 alors que nous assistions à une poussée soutenue sur les marchés boursiers. Voilà l'une des coïncidences soulignées par Yves Cloutier,

un géographe d'Agriculture Canada. Au cours des 25 dernières années, El Nino s'est produit six fois: en 1963, 1965, 1969, 1972, 1977 et 1983, tandis que 1960, 1970, 1974, 1980 et 1982 sont considérées comme des années de récession. El Nino ne s'est également produit qu'une seule fois entre 1925 et 1940. Coïncidences? (G. D.)

PSYCHOLOGIE IMITER LE CERVEAU

Les gens qui utilisent des banques de données organisées selon une structure arborescente (menu) font généralement au moins une erreur par recherche d'information et, la moitié du temps, ils ne trouvent pas ce qu'ils cherchent. C'est une des constatations de Rachel Belleau, une assistante de recherche au département des communications de l'Université de Montréal, qui veut comprendre comment le cerveau fonctionne pour chercher de l'information afin d'améliorer la présentation des banques de données. Il s'agit de savoir comment le cerveau classe ses informations, suivant quelles étapes. Les premières indications montrent que plus il y a de rubriques au menu — donc un contenu plus détaillé — moins les gens commettent d'erreur dans leur démarche, même s'ils prennent plus de temps pour lire ce menu. (G. D.)

NUTRITION UN COMPLÉMENT AU VÉGÉTARISME

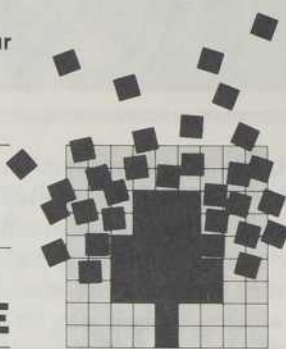
Les individus qui pratiquent le végétarisme devraient s'assurer d'équilibrer leur diète avec des suppléments de vitamine B₁₂, et de fer tout en surveillant bien la complémentarité des protéines qu'ils consomment. Telles sont les principales conclusions d'une petite étude réalisée par Alice Locong, du département de nutrition humaine de l'université Laval, auprès d'une quarantaine de jeunes adultes végétariens. Elle a enregistré, entre autres, des taux particulièrement bas de vitamine B₁₂ chez certains sujets bien qu'il n'y ait pas eu de symptômes d'anémie pernicieuse de rapportés par ces mêmes personnes. Le travail de Mme Locong confirme ce que plusieurs végétariens savaient déjà. (G. D.)



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Enseignement supérieur
de la Science et de la Technologie

DIFFUSION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

Programme de soutien
à des organismes à but non lucratif



■ OBJECTIF

Ce programme de soutien à des activités de diffusion de la culture scientifique et technologique s'adresse aux organismes à but non lucratif œuvrant dans le domaine de la diffusion de la culture scientifique et technologique au Québec, c'est-à-dire la vulgarisation scientifique, le loisir scientifique, les activités

d'animation, de sensibilisation et d'initiation du public à des connaissances et à des pratiques scientifiques et technologiques.

Par ce programme, le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Science et de la Technologie met à la disposition de ces organismes 30 subventions de 15 000 \$ cha-

cune, pour leur permettre de développer de nouveaux projets de diffusion de la culture scientifique et technologique. Chaque subvention doit servir à contribuer à la rémunération d'une personne que l'organisme engagera pour réaliser le projet, sur une période de 48 semaines ou moins.

■ CONDITIONS D'ADMISSIBILITÉ

Sont admissibles au programme les organismes à but non lucratif, légalement constitués et voués principalement à la diffusion de la culture scientifique et technologique au Québec. Sont toutefois exclus les institutions d'enseignement, les centres ou instituts de recherche ainsi que les organismes appartenant aux divers paliers gouvernementaux.

L'organisme qui veut se

prévaloir du programme doit présenter, sur le formulaire prévu à cette fin, une description du projet qu'il entend réaliser à l'aide de la subvention. Ce projet doit avoir un caractère nouveau ou inédit pour l'organisme, c'est-à-dire qu'il doit s'ajouter à ses activités existantes et s'en distinguer suffisamment.

Les demandes doivent parvenir au ministère de l'Enseignement supérieur, de la

Science et de la Technologie avant le 30 août 1985. Outre le formulaire, tout dossier de demande doit comprendre une copie des lettres patentes de l'organisme ainsi que le curriculum vitae et les attestations d'études de la personne pressentie pour la réalisation du projet.

Un organisme peut présenter plus d'un projet à la fois, mais il ne pourra obtenir qu'une seule subvention.

■ MODALITÉS DE VERSEMENTS DE LA SUBVENTION

Le paiement de la subvention s'effectue en deux versements. Le premier à titre d'avance, représente un maximum de 70% du montant total accordé. Le second,

dans les dernières semaines du projet, sur réclamation de l'employeur et présentation d'un rapport d'activités, représente le solde de la subvention totale autorisée.

Pour obtenir le formulaire de demande et toute information supplémentaire :

Ministère de
l'Enseignement supérieur,
de la Science et
de la Technologie
875, Grande-Allée Est
Édifice « H », 3^e étage
Québec G1R 4Y8
(418) 643-3885

Québec

PHARMACOGNOSIE UN SÉDATIF NATUREL

Van dung Nguyen, de l'École de pharmacie de l'Université de Montréal, a identifié les mêmes principes actifs, mais dans des proportions différentes, chez une variété québécoise de valériane (*officinalis*) que chez les variétés européennes. La valériane contient des valépotriates, substances reconnues pour leur effet sédatif et

utilisées dans la fabrication de médicaments en Allemagne fédérale. Jusqu'ici, on ignorait si la variété québécoise contenait ces mêmes principes actifs. La valériane est une herbacée qui pousse en grande quantité à l'état sauvage au Québec. Il serait donc possible de l'utiliser pour la fabrication de sédatifs. (G. D.)

PIRATE OU PAS?

À en croire les producteurs de logiciels, le monde n'est fait que de «pirates», de gens malhonnêtes qui copient leurs logiciels à qui mieux mieux. Leurs affaires s'en ressentent, semble-t-il, et ils se disent prêts à engager des poursuites judiciaires. La situation est devenue grave et il est temps d'engager un débat sérieux sur le sujet. La question à se poser est la suivante: le public acheteur de logiciels a-t-il le droit de copier des logiciels pour en faire profiter des amis sans en tirer des bénéfices monétaires ou a-t-il tous les torts de son côté s'il le fait?

C'est un sujet fort délicat. On ne peut nier qu'à cause du *copyright*, l'acheteur d'un logiciel ne devrait ni le copier, ni en copier la documentation pour un usage autre que personnel. La loi existe bel et bien comme pour la copie de musique et de films sur cassettes ou celle de documents écrits par photocopie, une loi rendue désuète par les développements technologiques des dernières années et qu'il est devenu impossible de faire respecter sérieusement. À vrai dire, elle place hors-la-loi presque toute la population du Canada, ce qui n'est pas très réjouissant et pour le moins ridicule... mais laissons aux législateurs leur travail.

Ce mal a donc atteint la micro-informatique et il devrait empirer avec l'augmentation du nombre de logiciels sur le marché. Et le pire, dans toute cette histoire, c'est que les producteurs et marchands de logiciels se servent de cette loi comme d'une sorte de moyen de pression pour tenter de faire rapidement des profits exagérés sur la vente de ces produits. Certains vont jusqu'à justifier leurs prix élevés par le fait qu'il faut récupérer des uns ce que les autres ne paient pas.

Mais un logiciel de traitement de texte à 300\$, un logiciel de base de données à 350\$ ou un logiciel éducatif peu développé à 150\$, c'est aussi anormal qu'un roman à 100\$ ou un pain tranché à 10\$, toutes proportions gardées. Il faut savoir en effet que le développement d'un logiciel de niveau professionnel par des programmeurs sérieux peut coûter entre 5 000\$ et 50 000\$, rarement plus, et 300\$ multiplié par 1 000, cela fait...

De son côté, le consommateur se retrouve bien entendu obligé d'acheter

des logiciels pour profiter de l'ordinateur dont il a fait l'acquisition. Il les achète quelquefois au prix de vente proposé, mais il se rend vite compte que s'il continue à ce rythme, il se ruinerait au profit du marchand de logiciels et il ne sera jamais capable de rentabiliser son informatisation. Il n'a alors comme solutions de rechange que d'utiliser partiellement son ordinateur ou de tenter d'obtenir d'autres logiciels pour moins cher que le prix demandé par le marchand.



Illustration: Patrice Dubray

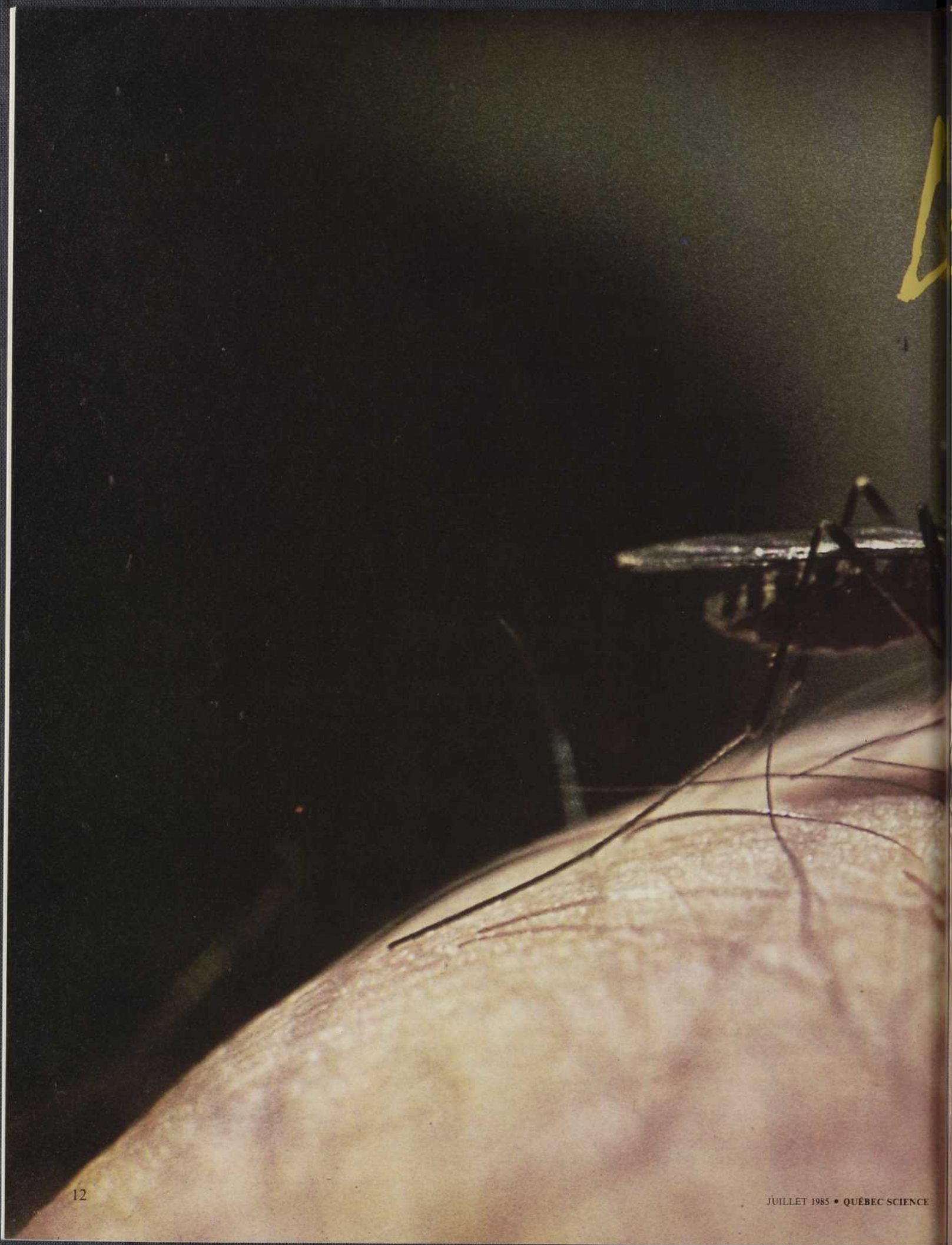
Dans certains cas, il obtiendra une copie du logiciel désiré et de sa documentation d'une autre personne qui, elle aussi, considère que c'est normal, «étant donné le prix que ça coûte» ou «qu'au prix où c'est vendu, c'est quasiment du vol». Dans d'autres cas, il va partager l'achat d'une version marchande du logiciel avec une ou plusieurs personnes; chacune ayant payé sa part se sent moins dans l'illégalité. D'autres utilisateurs d'ordinateurs achètent d'un marchand un logiciel, s'en font une copie pour eux-mêmes, puis revendent ensuite l'original à un autre...

Telle est la situation, pour le moins confuse, et on peut se demander comment y remédier. Une chose est sûre: moins les logiciels sont chers, moins ils sont difficiles à trouver et moins ils sont copiés. Les producteurs et marchands de logiciels québécois devraient s'en rendre compte au lieu de penser qu'ils vont pouvoir faire rapidement autant de profits que leurs collègues américains. Personnellement, face aux prix élevés et au manque de disponibilité des logiciels au Québec, j'ai préféré acheter par correspondance aux États-Unis la plupart des logiciels dont j'ai eu besoin au cours des trois dernières années. Ils m'ont coûté en moyenne la moitié du prix que j'aurais payé ici, mais j'ai quand même trouvé cela navrant.

Producteurs et marchands devraient comprendre qu'il vaut mieux vendre de nombreux exemplaires d'un logiciel à bas prix que très peu à un prix trois ou quatre fois plus élevé. Certains éditeurs québécois de logiciels en sont déjà conscients et ce sont ceux qui percent plus vite sur le marché. Le vrai problème se situe dans le rapport prix de vente/service rendu. Que l'on pense simplement au producteur du logiciel de communication PC-Talk destiné au IBM-PC qui a décidé de placer son logiciel dans le domaine public, d'autoriser quiconque à le copier et de demander seulement à ceux qui le font de lui envoyer 10\$ sur une base volontaire. Des milliers de personnes lui avaient envoyé ce 10\$ dès la première année, ce qui a largement rentabilisé son travail.

D'un autre côté, lorsque les prix auront baissé, on pourra commencer à sensibiliser sérieusement les gens, les jeunes en particulier, au problème des copies. Car ce n'est pas facile pour l'instant de leur faire comprendre que certains seulement peuvent «légalement» profiter de la situation. Le gouvernement a aussi un rôle à jouer en révisant la loi sur les droits d'auteur et en réglementant les prix, car ces prix trop élevés ralentissent autant le développement du marché des logiciels que celui de la micro-informatique en soi; c'est comme un dérapage qui risque de rendre plus difficile le virage technologique.

On peut écrire à l'auteur de cette chronique ou laisser un message par courrier électronique sur Infopuc (INFOPUC) ou CompuServe (ID 72135, 1410).



Les envahisseurs DE L'ÉTÉ

**Comment se défendre
contre des hordes de moustiques
implacables et assoiffés?**

JEAN PAQUIN

Atous les ans, au cours des mois de juin et juillet, on participe bien malgré nous au processus de reproduction des moustiques. En effet, pendant ces deux mois, leurs femelles s'abreuvent de notre sang pour permettre à leurs œufs de terminer leur développement. Environ deux à trois semaines plus tard, elles pondront entre 100 et 200 œufs à la périphérie humide des mares en voie d'assèchement.

Bien que ce comportement représente la règle générale pour les 300 à 400 espèces des pays tempérés froids, il n'en constitue pas moins une exception si l'on considère la grande famille des moustiques qui compte environ 2 500 espèces.

Alain Maure

Ce n'est qu'au printemps suivant, lors de la fonte des neiges, que ces œufs éclosent. En effet, chez la plupart des espèces, ils doivent d'abord subir une période de repos, appelée diapause. Au début du mois de mai, les premiers adultes sortent des mares. Les mâles émergent habituellement les premiers et forment des essaims que les femelles rejoindront pour l'accouplement. Dès qu'elles sont fécondées, celles-ci partent immédiatement en quête de leur repas de sang puisque le nectar des fleurs n'est pas suffisant pour permettre aux œufs d'arriver à leur maturité.

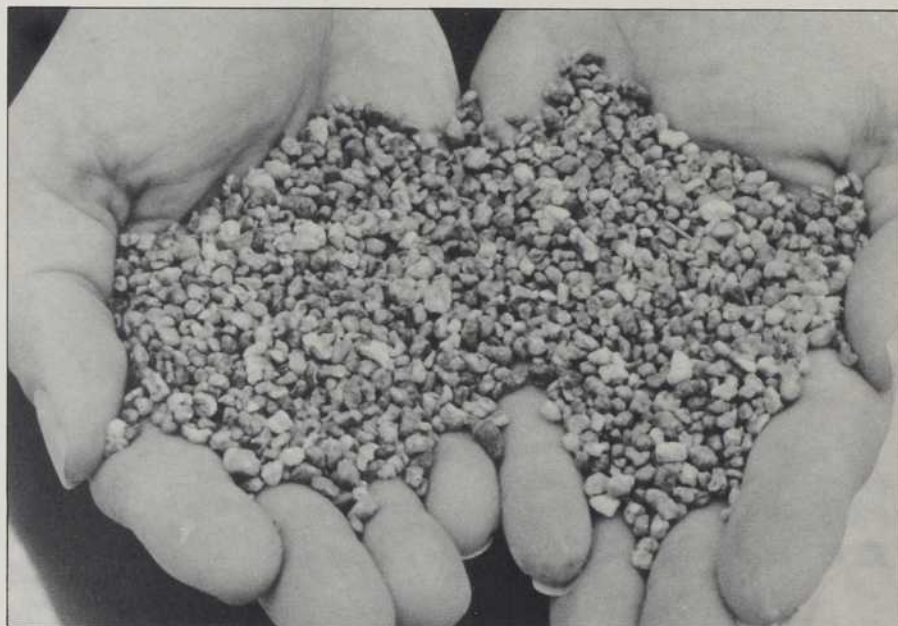
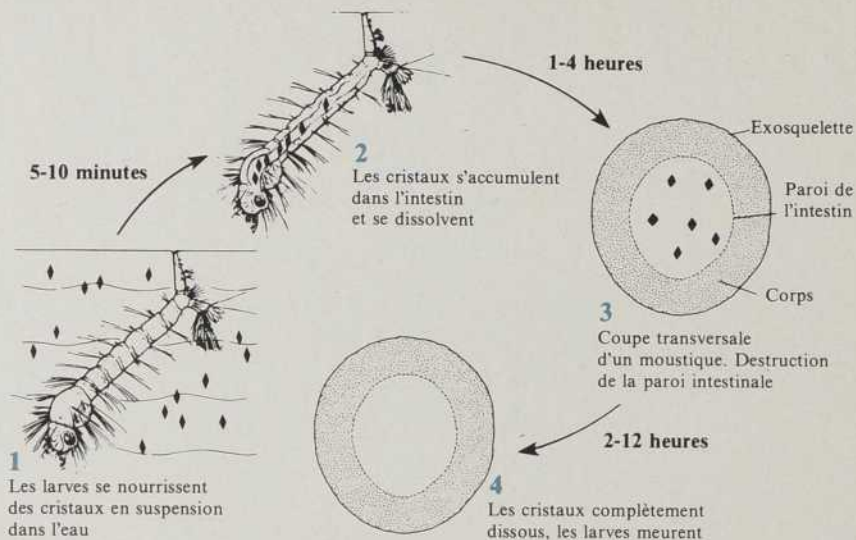
C'est alors que les moustiques nous imposent leur présence et leur nuisance. Heureusement, tout se termine normalement vers la fin du mois de juillet.

Au Québec, bien que ce soit surtout dans les quartiers résidentiels que l'on se plaint de l'inconfort causé par les insectes piqueurs, il s'agit d'un problème d'ordre rural ou forestier, et non urbain comme sous les climats plus chauds. Ce sont les moustiques du genre *Aedes* qui provoquent la nuisance et les espèces de ce genre se développent dans des zones humides temporaires, telles les prairies, les tourbières et les forêts humides. Or, 33 des 52 espèces recensées au Québec appartiennent à ce genre.

Il est difficile d'évaluer précisément l'impact économique du problème causé par les insectes piqueurs. Par exemple, ils peuvent entraîner une dévaluation des propriétés immobilières situées près des sites où ils se développent ou provoquer des interruptions de travail à l'extérieur au cours de l'été. Ou encore, ils peuvent éloigner les clients des terrains de golf, des sites de camping ou d'autres lieux de villégiature. Comme ils sévissent jusque vers la fin du mois de juillet, leur nuisance ampute donc une bonne partie de la saison touristique estivale.

Dans le nord du Québec, on ressent davantage ce problème car, comme le souligne Jacques Boisvert, du Groupe de recherche sur les insectes piqueurs de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR),

CHRONOLOGIE DE LA DESTRUCTION DES LARVES DE MOUSTIQUES PAR L'UTILISATION DU BACILLUS THURINGIENSIS ISRAELENISIS (B.t.i.)



Le Vectobac 200G, un larvicide contenant du B.t.i., fut introduit sur le marché canadien en 1984. Les granules, faits à partir d'épis de maïs, flottent à la surface de l'eau et libèrent le B.t.i. dont on les avait préalablement imprégnés.

l'été n'y dure que deux mois, de la mi-juin à la mi-août, et c'est l'époque de la prolifération phénoménale des moustiques et des mouches noires.

QUELQUES PIQÛRES DE VIRUS

Les insectes piqueurs du Québec, contrairement à ceux des régions tropicales, transmettent rarement des maladies virales. Et il s'agit alors, comme l'explique le directeur du

centre de recherche en virologie de l'Institut Armand-Frappier, Serge Belloncik, surtout d'encéphalites qui touchent les chevaux et occasionnellement l'homme.

Toutefois, un certain nombre d'arbovirus sont présents dans la nature et comme certaines femelles de moustiques peuvent piquer plus d'une fois, les moustiques sont donc potentiellement vecteurs de maladies virales. «Ce n'est pas, explique Daniel Leprince, de la faculté de

médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, un simple vecteur mécanique qui ne fait que transporter le virus. La femelle l'attrape en piquant un animal infecté et le virus se multiplie dans ses tissus; lorsqu'elle pique une autre fois, elle le transmet.»

La femelle peut également, dans certains cas, transmettre le virus à ses œufs. «Comme dans nos régions, explique Alain Maire, du groupe de recherche de l'UQTR, les œufs passent l'hiver en période de diapause, c'est une façon pour le virus de passer l'hiver.» Ce mode de transmission a d'ailleurs été démontré dans la plupart des cas d'encéphalites que nous retrouvons au Québec. En 1972, trente chevaux sont morts de cette maladie du système nerveux central en l'espace de 24 à 72 heures. On n'a relevé aucun autre cas depuis cette date. Toutefois, lors des compétitions équestres qui se sont tenues dans cette région à l'occasion des Jeux olympiques de 1976, la menace était encore assez présente pour que l'on procède à une démoustication afin de protéger les chevaux.

Les chiens font aussi partie des victimes des insectes. Depuis deux ans, dans la région de Hudson au Québec, nous souligne Daniel Leprince, on compte de plus en plus de cas de *Dirofilaria immitis*, une maladie causée par un parasite transmis par des moustiques. Ce parasite se développe sous la peau du chien pendant une partie de son cycle vital, puis va se loger dans la région du cœur où il peut provoquer des troubles circulatoires susceptibles d'entraîner la mort.

Chez les humains, c'est dans la région d'Entrelacs, dans les Laurentides, qu'on a diagnostiqué en 1978 le premier cas clinique humain d'encéphalite de Californie. Jusqu'en 1981, on en a dénombré 11 cas, dont 8 étaient des enfants âgés de dix ans et moins. Selon le docteur Belloncik, leur système immunitaire moins développé que chez les adultes expliquerait peut-être leur plus grande sensibilité.

À noter que le Québec et l'Ontario abritent l'espèce de moustique vec-

SE NICHER DANS UN PNEU

Depuis quelques années, aux États-Unis, deux espèces de moustiques, *Aedes triseriatus* et *Aedes atropalpus*, ont commencé à coloniser de nouveaux sites et à se développer dans des dépotoirs à pneus. Dans l'Indiana, l'Illinois, l'Ohio et la Pennsylvanie, on trouve maintenant ces deux espèces ensemble, alors que dans les conditions naturelles, elles se développent isolées l'une de l'autre. L'espèce *Ae. triseriatus* se trouve habituellement dans les creux d'arbres tandis que *Ae. atropalpus* est associée aux creux des rochers en bordure des cours d'eau.

Le problème, c'est que l'espèce *Ae. triseriatus* est vectrice de l'encéphalite de La Crosse et il a été démontré, depuis environ un an, qu'elle pouvait transmettre le virus à l'autre espèce lorsqu'elles se développent dans les mêmes mares.

Or, ces deux espèces vivent au Québec; *Ae. triseriatus* atteint sa limite nord à la base des Laurentides tandis que *Ae. atropalpus* se retrouve jusqu'à la baie James. De plus, les dépotoirs à pneus ne sont pas rares.

Aussi Alain Maire et Jean-Pierre Bourassa, du Groupe de recherche sur les insectes piqueurs de l'UQTR, veulent vérifier si l'association de ces deux insectes ne représente pas un danger au Québec également.

Selon Alain Maire, l'espèce *Ae. atropalpus* pourrait prendre le relais comme vecteur de la maladie dans les régions plus nordiques du Québec. Le risque de transmission de la maladie serait donc plus élevé que lorsque les deux espèces sont limitées à leurs milieux naturels. Il veut donc répertorier les dépotoirs à pneus pour mesurer l'importance du problème ici et, en collaboration avec Serge Belloncik, de l'Institut Armand-Frappier, vérifier si les larves puisées dans ces milieux ont le virus.

«Je crois, explique Alain Maire, qu'à partir du moment où le problème est aigu en Indiana et en Ohio, il faut vérifier s'il existe ici parce que l'Indiana, climatiquement, n'est pas si loin. C'est un problème très récent, ajoute-t-il, et qui est dû à l'homme. Là, c'est vraiment lui qui s'est créé son propre problème.»

Via la piqûre du moustique, un virus peut parfois passer d'un animal à un autre, ou même à l'homme

trice de la malaria. Mais comme cette maladie n'est pas présente ici, il faudrait, souligne Serge Belloncik, une très grande quantité de cette espèce de moustique pour qu'il y ait transmission de la maladie.

Chez nos voisins du Sud un problème nouveau a fait son apparition: on a découvert que certaines espèces de moustiques ont pris l'habitude de se développer dans des dépotoirs à pneus. Ce sont des espèces qui se retrouvent habituellement dans d'autres milieux et qui sont potentiellement vectrices d'arbovirus.

«Nous entreprenons cet été, annonce Jean-Pierre Bourassa, directeur du groupe de recherche de l'UQTR, de vérifier si on observe la

même chose ici. Nous avons aussi de ces pneus dispersés dans la nature. Nous avons carrément créé un nouvel habitat pour des espèces qui, lorsqu'elles sont en contact, peuvent se transmettre le virus. Lorsqu'elles sortent de l'eau, si elles piquent des gens, il pourrait y avoir des problèmes.»

MOUSTIQUES EN LIBERTÉ

Au Québec, il y a très peu de programmes de contrôle des insectes piqueurs. À Gagnonville, ainsi qu'à la Baie-James, lors des travaux d'aménagement de ce territoire, on a effectué des traitements contre les mouches noires et les moustiques. Les régions de Sept-Îles et de Clark City recevront aussi cet été ce traitement pour une deuxième année, tandis qu'à Pointe-Calumet, on s'attaquera pour une quatrième année aux moustiques.

Comme l'explique Jean-Guy Lanouette, le président de la firme de biologistes-conseil G.D.G. Environnement Mauricie, qui a la responsa-

bilité de ces deux programmes de traitement, il est nécessaire d'effectuer des études préalables au traitement. Il s'agit d'identifier les espèces nuisibles, leurs sites de développement, et de proposer l'insecticide adéquat en précisant le dosage, son mode d'application ainsi que les périodes où il faudra l'administrer. Mais les municipalités n'ont pas toujours les moyens de payer pour une telle étude. C'est le cas, par exemple, de plusieurs petites municipalités de la Gaspésie, rapporte M. Lanouette. «La plupart des villes ont l'argent pour défrayer 50 pour cent de l'étude.»

Le genre de programme de contrôle que l'on pratique maintenant nécessite une cartographie précise des sites de développement des insectes piqueurs. En effet, les caractéristiques du cycle vital des moustiques et des mouches noires ont amené les responsables de ces programmes à s'attaquer aux larves des insectes plutôt qu'aux adultes. «Les adulticides, explique Jacques Boisvert, du groupe de recherche de l'UQTR, ne sont presque plus utilisés, sauf en dernier recours. La cible idéale, c'est la larve. Elle est facile à identifier et, avec des insecticides hautement sélectifs, nous pouvons faire un contrôle efficace.»

En ne traitant que les sites de développement des larves, on fait des économies d'insecticides et surtout on épargne davantage l'environnement. Grâce à des photographies prises par satellite, on peut définir les zones à traiter en se basant sur la relation entre le type de végétation et les espèces de moustiques présentes.

MOUCHES NOIRES CONTRE B.t.

Il y a également eu une évolution dans le genre d'insecticides employés. Après les organochlorés (DDT et méthoxychlore) et les organophosphorés (temephos), nous en sommes maintenant à l'étape des insecticides microbiologiques.

Dans cette dernière catégorie, selon Jacques Boisvert, l'insecticide de l'avenir serait celui fabriqué à



Alain Maire

Les larves de moustiques se nourrissent essentiellement des bactéries, des filaments de champignons et des algues qui se développent sur les feuilles en voie de décomposition.

partir de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (B.t.i.), une bactérie de la même famille que celle utilisée dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. «Le B.t.i., explique-t-il, a réellement passé par la grande porte. En Amérique du Nord, nous avons fait plus de tests sur le B.t.i. qu'avec le DDT.»

Attaquer avant qu'ils ne nous attaquent: les nouveaux insecticides visent les larves de moustiques

Comme la grande majorité des *Bacillus thuringiensis*, cette bactérie a la propriété, en se développant, de produire une protéine cristallisée. À la fin de sa croissance, la bactérie libère cette protéine dans le milieu et c'est cette dernière qu'on utilise pour la fabrication de l'insecticide. Mais, contrairement aux autres, la protéine du B.t.i. ne s'attaque qu'aux diptères, dont les larves de moustiques et de mouches noires.

«Ce n'est pas, précise le docteur Boisvert, comme un insecticide chimique qui agit souvent par contact.

Ce qu'il y a de particulier avec le B.t.i., c'est que les larves doivent pouvoir ingérer et dissoudre la protéine, lors de la digestion, pour que les toxines soient libérées dans leur intestin et le détruisent. Comme l'organe important chez une larve de moustique ou de mouche noire, c'est l'intestin, ça tue la larve.»

Ce qui fait la grande spécificité du B.t.i., c'est que ce ne sont pas les larves de toutes les espèces qui possèdent le mécanisme nécessaire pour digérer cette protéine et libérer les toxines. Le B.t.i. possède en plus les qualités recherchées dans un insecticide, soit une utilisation facile, une longue stabilité, un prix compétitif et qu'il soit sécuritaire pour l'environnement. Cet été, avec la sortie sur le marché américain de produits à base de B.t.i. à peu près au même prix que les insecticides chimiques, le problème de coût devrait être solutionné. » Un autre avantage du B.t.i. : on peut l'utiliser dans les conditions d'eau froide que l'on connaît au Québec; les autres insecticides sont très peu dispersibles à ces températures.

Cet été, on expérimentera cet insecticide dans la lutte contre les mouches noires et un peu contre les

moustiques dans la région de Sept-Îles et de Clark City. On l'emploie déjà sur une base opérationnelle aux États-Unis, ainsi qu'en Afrique de l'Ouest, dans le cadre du programme de lutte contre l'onchocercose.

Même si tout semble prêt pour l'utilisation sur une grande échelle d'insecticides à base de B.t.i., «il faut, précise Jacques Boisvert, continuer les recherches pour connaître les conditions optimales d'utilisation, pour économiser sur les coûts et poursuivre les études d'impact sur l'environnement».

Plusieurs virus et moisissures pourraient également faire partie des armes biologiques. Toutefois, il y a certaines difficultés à résoudre. «Le gros problème avec les moisissures, explique M. Boisvert, c'est leur faible stabilité tandis qu'avec les virus, le problème est double. Il s'agit de leur stabilité et de leur coût de production. Quand même, ce qui est intéressant, c'est qu'il y ait des efforts investis dans ce domaine.»

PIÉGER LES FEMELLES

En Amérique du Nord, quatre laboratoires se consacrent présentement à l'étude du rôle que jouent les larves de moustiques dans le choix du site de ponte par les femelles, et plus particulièrement des substances secrétées par ces larves.

Des expériences, menées en laboratoire par Alain Maire, démontrent que les larves de moustiques sécrètent des substances persistantes dans l'environnement, appelées phéromones, qui attireraient les femelles (ou les repousseraient lorsqu'il y aurait surpopulation dans un milieu). Il serait donc possible de leurrer les femelles en les attirant dans un piège que l'on aurait au préalable enduit de ces phéromones. En éliminant ainsi les femelles de la circulation, on rompt le cycle de reproduction de ces insectes.

Toutefois, les résultats sont encore incomplets, notamment en ce qui concerne la spécificité de ces substances. On pense que des phéromones secrétées par les larves d'une espèce pourraient attirer les femelles

d'une autre espèce. «D'un point de vue appliqué, explique Alain Maire, c'est intéressant qu'il n'y ait pas trop de substances différentes et qu'une même catégorie de substances joue ce rôle de signal pour différentes espèces d'un même groupe. Il suffirait de la synthétiser pour que ça marche pour la plupart des espèces.»

Un autre moyen de lutte contre les moustiques : les piéger en les attirant avec les phéromones

Il entrevoit le rôle des phéromones dans des programmes de contrôle de moustiques comme un système d'appoint. «Je ne pense pas, précise-t-il, que nous puissions contrôler des populations de moustiques dans les bois avec des substances comme celles-là. Mais je crois que, dans les zones périphériques ou péri-urbaines, elles pourraient être utilisées à bon escient.» Malheureusement, ce système interviendrait au moment où la femelle est en état de ponte, donc après qu'elle nous ait piqué. «C'est un peu, admet-il, son point faible du point de vue appliqué, mais je pense que ça vaut quand même la peine de

s'orienter de ce côté. En plus, c'est complètement naturel.»

Comme autre forme de contrôle, on a essayé sur une base expérimentale, aux États-Unis, d'implanter des prédateurs naturels dans les milieux où se développent les moustiques. Toutefois, ce genre de lutte biologique ne semble pas une approche à retenir. «Il est utopique, souligne Jean-Pierre Bourassa, de penser augmenter le nombre de prédateurs dans un milieu en vue de faire un contrôle biologique. Si on utilise les prédateurs, il faudra les utiliser en complémentarité avec un autre moyen de lutte biologique.» En effet, à cause de la relation entre le nombre de proies et le nombre de prédateurs, un équilibre s'établit entre les deux ; si le premier diminue trop, la population de prédateurs, manquant de nourriture, décroîtra aussi jusqu'à ce que la quantité de larves d'insectes disponible soit à nouveau suffisante.

On effectue aussi, à l'UQTR, des recherches pour connaître la place des moustiques dans leur écosystème non seulement pour identifier leurs prédateurs mais aussi pour mesurer les conséquences de la déoustication sur la chaîne alimentaire. N'oublions pas que les insectes constituent une partie importante de l'alimentation des oiseaux. □



Ces tourbières de la forêt boréale couvrent d'immenses superficies et constituent l'un des principaux types d'habitats propices au développement des larves de moustiques.

Alain Maire

GENÈVE, la cité des particules

**Des chercheurs d'élite, une machinerie hyper-complexe :
le CERN place l'Europe occidentale à la fine pointe
de la physique des hautes énergies**

BERNARD GIANSETTO

«Depuis notre naissance (en 1954), on n'a noyé personne dans la bière...» Une façon imagée pour Roger Anthoine, le porte-parole belge du CERN, d'évoquer l'innocuité des expériences menées au Laboratoire européen de physique des particules. D'ailleurs, pour rassurer tout à fait les riverains, on ne parle plus de recherche nucléaire (d'où le CERN tire, à l'origine, les deux dernières lettres de son sigle) mais de physique des hautes énergies. Une fois levée toute ambiguïté, la visite peut commencer.

Nous sommes à Meyrin, dans la banlieue de Genève, à quelques pas de la frontière française, dans un univers autonome qui ignore justement les frontières. C'est une sorte de cité des particules, comme les cosmonautes russes ont leur «cité des étoiles».

On a tout prévu pour assurer le confort des physiciens qui y travaillent : il y a, bien sûr, un excellent restaurant collectif s'appuyant sur la

meilleure tradition gastronomique européenne ainsi qu'une cafétéria pour se détendre, mais aussi un hôtel pour les chercheurs de passage, une banque, des bureaux de poste français et suisse, un auditorium pour les conférences, etc.

Vu de l'extérieur, l'ensemble des bâtiments n'a rien de particulièrement remarquable et l'on passerait devant sans y prêter attention, l'œil étant plutôt attiré, quand il fait beau, par la chaîne du Jura, une cousine des Laurentides, ou par les Alpes toutes proches.

Le temps est bouché. J'arpente les rues du CERN un peu comme le vent feuillette les pages d'un dictionnaire : de Démocrite à Max Planck en passant par Einstein, tout le Gotha des physiciens et philosophes qui, depuis une trentaine de siècles, ont interrogé la matière et ses atomes, ont leur nom sur une plaque. Le physicien se sent ainsi chez lui et en bonne compagnie, qu'il soit européen, nord-américain ou même asia-

tique. Car si le CERN est financé par 13 pays ouest-européens, les projets de recherche, là encore, se préoccupent peu des frontières.

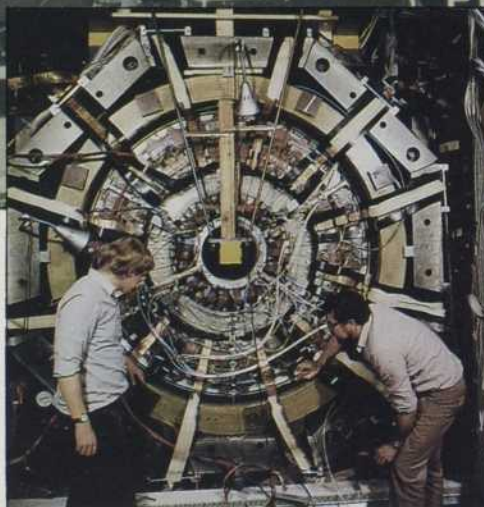
Le site sur lequel est construit le CERN donne l'exemple. Les quatre cinquièmes du territoire cernois (560 hectares) s'étendent du côté français mais le centre nerveux, la tête pensante du CERN, est du côté genevois. On passe de l'un à l'autre sans contrôles, même si ceux-ci sont théoriquement toujours possibles : de fait, le trafic des particules n'intéresse pas les douaniers. Quant à la recherche elle-même, elle n'est couverte par aucun secret et l'information circule librement : de Novosibirsk à Stanford en passant, bien sûr, par Genève, on se dit tout. Les physiciens ont le droit d'échanger ce qu'ils veulent, leurs recherches sur la nature profonde de la matière n'ayant pas d'application concrète.

Au-delà de ces aspects cosmopolites et désintéressés, la physique des hautes énergies fait tout de même des



petits sans le vouloir. Elle met en œuvre une technologie de pointe qui entraîne des retombées économiques et techniques: ainsi, la médecine pourra bientôt bénéficier de la mise au point d'une caméra à positons (anti-électrons) capable de radiographier en trois dimensions.

C'est surtout cette quincaillerie de pointe qui impressionne lorsqu'on parcourt les artères souterraines du CERN. À 50 mètres de profondeur, Roger Anthoine me montre UA2, l'un des deux détecteurs de particules du supersynchrotron à protons (SPS), un accélérateur de sept kilomètres de circonférence — le plus grand au monde avec Fermilab près de Chicago. UA2 apparaît comme un invraisemblable assemblage de cellules et de fils, une machine dont la complexité ne cesse d'étonner.



22 000 FILS POUR ASTÉRIX

Un peu plus tard, Werner Wodrich, un jeune physicien allemand me fait visiter l'anneau antiprotons de faible énergie (LEAR, en anglais comme tous les autres sigles) et me présente l'expérience baptisée ASTÉRIX sur laquelle il travaille. Il me montre un petit détecteur construit à l'université Carleton, près d'Ottawa, et conçu par un physicien de l'Université de

Un centre de recherche européen, à cheval sur la frontière franco-suisse. Ci-contre, le physicien Werner Wodrich (à gauche) près des installations de l'expérience ASTÉRIX à laquelle participent deux universités canadiennes.

Colombie-Britannique: 22 000 fils de longueur variable sont branchés à cet instrument et, comme le souligne mon guide, «rien n'est laissé au hasard. La longueur de chaque fil est calculée en fonction du temps que l'information met à le parcourir. Le physicien canadien qui a construit l'engin craignait tellement que des manipulations malencontreuses ne modifient l'agencement des câbles, qu'il songeait à le cacher sous une carrosserie.»

Sans aller jusqu'à évoquer les pannes ou les dysfonctionnements de

ces détecteurs de particules, leur simple existence, donc leur construction, poserait des problèmes insolubles si l'on n'avait pas ce que Pierre Darriulat, chef du groupe UA2, appelle «les calculateurs».

Pour les débuts du CERN, les ordinateurs, puisqu'il s'agit d'eux, n'en étaient qu'à leurs premiers gazouillis électroniques. Pour effectuer rapidement ses calculs, le centre européen a fait appel à un certain Wim Klein, un Hollandais qui réalisait un époustoufflant numéro de calcul mental dans un cirque. Il est maintenant à la retraite, remplacé par des calculateurs dont la puissance se heurte pourtant à des limites basement matérielles.

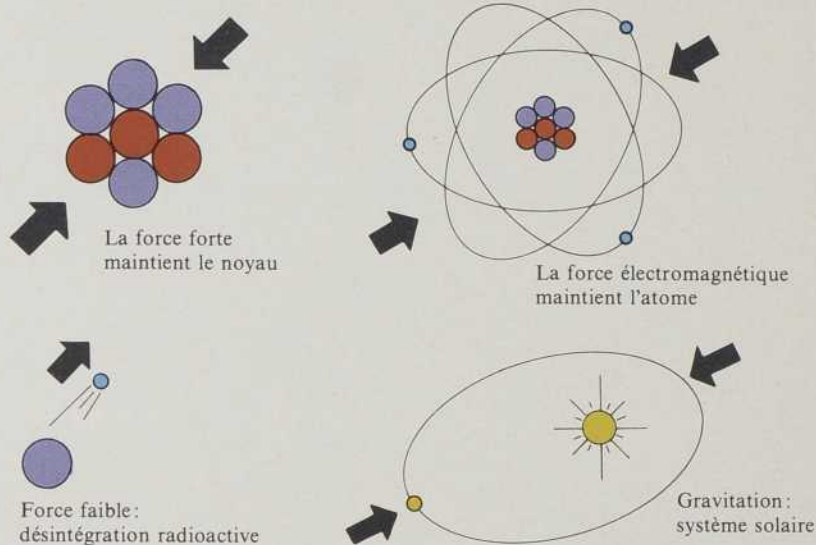
Pour l'expérience ASTÉRIX, par exemple, Werner Wodrich explique que «le scintillateur peut détecter 100 millions d'événements par seconde; mais comme il est impossible de les enregistrer, on n'en met pas plus d'une cinquantaine (à la seconde) sur bande magnétique». De quoi passer ensuite de longues soirées à dépouiller les données. Car une fois l'expérience en cours, on travaille 24 heures sur 24, raconte mon guide.

Pour comprendre l'utilité de ces carrousels à particules, il convient de rappeler ce que l'on connaît de la structure de la matière (il est conseillé de lire ce qui suit avec un papier et un crayon et de souligner les points importants pour ne pas perdre pied plus loin dans l'article, quand les rivages rassurants de la réalité habituelle seront hors de vue).

LA CONDENSATION DE L'ÉNERGIE

Depuis le début du siècle, on sait que l'atome est formé d'un noyau porteur d'électricité positive et qu'autour de lui tournent un ou plusieurs «satellites» — les électrons — chargés négativement. Le noyau lui-même est composé de deux sortes de particules: le neutron, neutre, et le proton, animé d'une charge électrique positive. Dans les années 60, on a découvert que l'infiniment petit était encore plus petit et que neutrons et protons contenaient chacun trois quarks.

LES QUATRE GRANDES FORCES



Les constituants fondamentaux de la matière

	quarks	leptons
Dans la matière «familiale»	haut	électron
	bas	neutrino électronique
Dans la matière existant aux énergies supérieures	étrange	muon
	charmé	neutrino muonique
	fond	tau
	sommet(?)	neutrino de taux(?)

Les vecteurs des forces

force électro-faible	photons	
	bosons W	
	bosons Z	
force forte	gluons	

Votre âge? C'est celui des particules qui vous composent, donc celui de l'univers

Essayons de nous faire une image de ces particules fondamentales. On peut considérer l'électron et le quark comme des points de matière, ayant une masse précise mais aux dimensions échappant à toute mesure. Ces «points» qui composent la matière (animée et inanimée) sont nés de la

condensation de l'énergie, le *Big Bang* qu'il serait plus français d'appeler le Grand Boum, il y a entre dix et vingt milliards d'années. C'est notre âge, le vôtre, le mien puisque c'est celui des quarks et des électrons qui composent les êtres et les choses. Avec ou sans rides, il faut être indulgent: on est plutôt bien conservé!

Bien sûr, pour assurer la cohésion, la cohérence et «l'intelligence» de l'organisation de l'univers, les particules ont besoin de diverses «colles» qui assemblent ce grand puzzle. Quatre grandes forces rem-

plissent ce rôle. Il y a la **gravitation** découverte par Newton, qui ne joue qu'à grande échelle sur des grosses masses (planètes, astres). La **force électromagnétique**, quant à elle, n'agit que sur les particules chargées électriquement (électrons, protons). Elle commande le métabolisme du corps (échange d'électrons), ainsi que les réactions chimiques et elle est à la source du progrès technique (la télévision, par exemple, dont la luminosité est due au bombardement de l'écran par les électrons issus de la cathode au fond du tube).

Cent fois plus puissante, la **force nucléaire**, ou interaction forte, a une portée qui ne dépasse pas la taille du noyau dont elle maintient la cohésion en unissant quarks, protons et neutrons. C'est en cassant cette interaction forte que l'on produit l'énergie nucléaire. Enfin, la **force faible** est responsable de la radioactivité bêta, c'est-à-dire de la métamorphose d'un neutron en un proton et un électron. Autrement dit, elle est à la source des rayons solaires et des étoiles.

Comment ces forces agissent-elles sur la matière? En admettant que les mots de la vie de tous les jours signifient quelque chose à un tel niveau de la réalité, on explique que les quatre interactions sont «transportées» par ce que l'on appelle des particules messagères. Au demeurant, le mot particule est plutôt mal choisi car ces messagers n'ont rien à voir avec les particules fondamentales que sont les quarks et les électrons.

Dans un document, le CERN parle de «tourbillons d'espace» tout en admettant que «ce terme ne signifie pas grand-chose». On connaît depuis longtemps l'un de ces tourbillons, le photon, le fameux grain de lumière, la particule médiatrice de la force électromagnétique. C'est lui qui permet à l'électron de «ressentir» la charge positive du noyau.

UNE FORCE UNIQUE

L'an passé, les physiciens du CERN ont détecté les bosons intermédiaires, médiateurs de l'interaction faible et dont l'existence avait été prédite

théoriquement. Il reste maintenant à découvrir les gluons qui colleraient les quarks ensemble (interaction forte) et les hypothétiques gravitons, vecteurs de la force gravitationnelle, qu'il revient aux astrophysiciens de déceler.

Pour faire se rencontrer un électron et un positon, on construit un anneau de 27... kilomètres

La découverte des bosons est un événement très important car elle permet de faire un pas vers l'unification des forces fondamentales de la nature. Comme nous l'avons vu, les quatre interactions sont très différentes mais les physiciens cherchent les liens invisibles et profonds qui permettraient de les réunir, afin d'en induire une force unique régissant toute la matière. La découverte des bosons s'inscrit dans ce cadre.

À très petite échelle en effet, les bosons permettent de faire le lien avec le photon et donc d'unir interactions faible et électromagnétique.

Cet hybride a été baptisé **force électrofaible**. En fait, ce mariage ne peut se réaliser qu'à très haute énergie dans des conditions qui ont dû exister aux tout premiers instants de l'univers. Les interactions fondamentales se sont séparées quand l'univers s'est refroidi.

Au CERN, on travaille donc à «réchauffer» des parcelles d'univers et cette cuisine se fait, bien entendu, dans les accélérateurs de particules, les synchrotrons.

Comment ces machines à brasser du vide fonctionnent-elles? Si vous prenez un proton au repos et le placez dans un champ électrique, il se déplacera du pôle positif (anode) vers la cathode négative et sera ainsi accéléré. Comme ce mouvement suit une ligne droite et que les accélérateurs, pour des raisons d'espace, sont circulaires, on a recours à l'influence de champs magnétiques pour changer la direction du proton. En effet, un aimant agit perpendiculairement à la vitesse d'une particule électrisée; il la pousse donc à droite ou à gauche. La combinaison de ces deux effets, électrique et magnétique, est à la base de toute la conception des accélérateurs de particules.



Le supersynchrotron à protons, ou SPS: un accélérateur de sept kilomètres de circonférence. C'est en le transformant en collisionneur que l'on a pu découvrir des bosons.

On retrouvera ce modèle dans le futur LEP, ce grand collisionneur électron-positon (un positon est un électron chargé positivement) qui mesurera 27 kilomètres de circonférence et dont on a déjà commencé la construction. Ainsi, le LEP sera équipé de 4 000 aimants de courbure qui maintiendront les particules en orbite, de 2 000 aimants de focalisation pour concentrer les électrons et positons dans un faisceau étroit; enfin, sur les 27 kilomètres de circonférence de l'anneau, deux kilomètres seront réservés aux «cavités accélératrices à haute fréquence». On mesure la puissance de ces synchrotrons et de leurs cavités accélératrices en électronvolts (eV), un eV étant la quantité d'énergie acquise par un électron passant du pôle négatif au pôle positif d'une pile électrique d'un volt. Il suffit de quelques électronvolts pour brûler un morceau de charbon ou pour arracher des électrons en orbite autour de leur noyau.

Avec les énergies un million de fois plus élevées (méga-électronvolts ou MeV), on peut s'attaquer à ce noyau atomique; c'est ce que fait la fission dans les réacteurs nucléaires. Si l'on multiplie cette énergie par mille (milliard d'électronvolts ou gigaélectronvolt — GeV), on peut alors étudier les phénomènes liés aux différentes particules.

À Genève, le synchrotron à protons (PS) accélère la matière jusqu'à 28 GeV (prononcer «Gève»). Il fournit des protons pour des expériences dans cette gamme d'énergie, mais il alimente aussi deux autres machines, le supersynchrotron à protons (SPS) et les anneaux de stockage à intersections (ISR). Le SPS peut accélérer les protons de 26 à 450 GeV, tandis que les ISR ont normalement pour rôle de stocker les particules à des énergies de 31 GeV sur deux faisceaux se déplaçant en sens inverse dans des anneaux entrecroisés en huit points où se produisent les collisions.

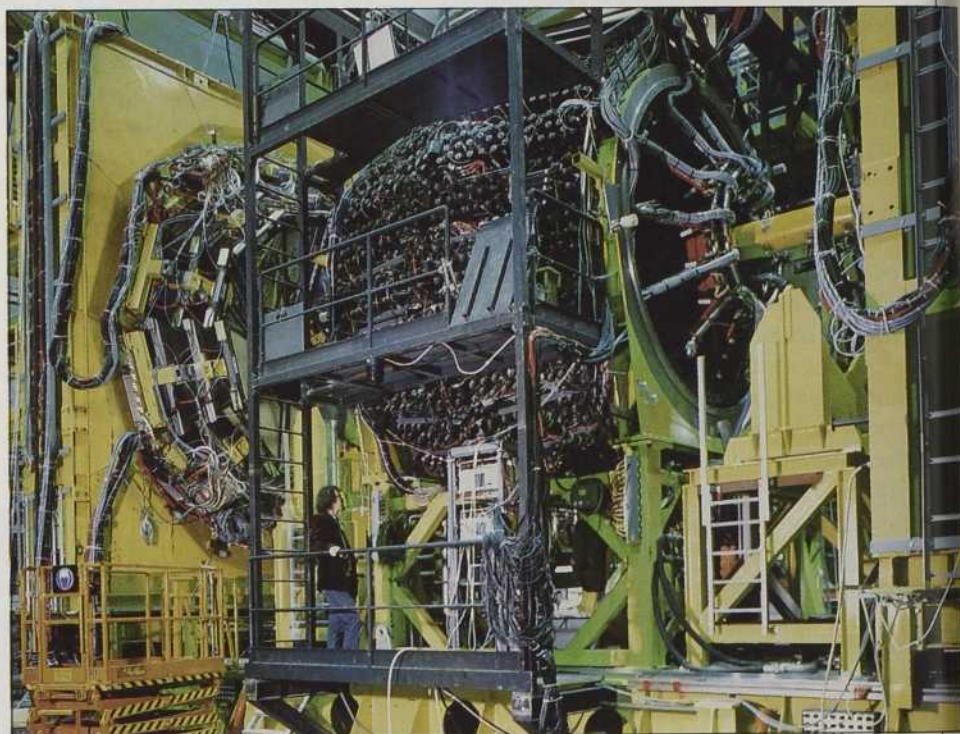
Relié à ces anneaux, l'accumulateur d'antiprotons (AA, 3,5 GeV de puissance) produit de l'antimatière indispensable aux expériences qui ont permis la découverte des bosons intermédiaires. Ce sont d'ailleurs ces

particules qui, en 1984, ont valu le Nobel à deux physiciens du CERN, l'Italien Carlo Rubbia et le Hollandais Simon Van der Meer.

Les Cernois travaillent aussi sur d'autres machines, telles que le LEAR (de 0,1 à 2 GeV) ou le synchro-cyclotron, ce dernier servant à des études à faible énergie (600 MeV), principalement sur les propriétés du noyau. Hormis le SPS, tous ces anneaux sont de taille relativement modeste: 300 mètres de diamètre pour les ISR, 200 pour le PS, 50 pour le AA et 20 mètres pour le LEAR.

en l'air. Le CERN a édité en 1983 une belle brochure de vulgarisation (qu'il faudrait d'ailleurs distribuer dans toutes les écoles car elle met à la portée de tous un sujet aussi difficile que fondamental). Ce document intitulé *Quand l'énergie devient matière* montre en couverture deux fraises lancées l'une contre l'autre.

Que donne cette rencontre explosive? D'autres fraises, une noix, une banane, des glands et d'autres fruits inconnus dans le monde réel. L'explication est donnée en page 16: «Une partie de cette énergie (due à la vitesse des fraises) s'est condensée en



Un invraisemblable assemblage de cellules et de fils: UA2, l'un des deux détecteurs de particules du SPS.

COLLISIONNEUR DE FRAISES

Voilà pour la batterie de cuisine. Reste à obtenir les ingrédients, c'est-à-dire les particules elles-mêmes. Avant de visiter le CERN, je m'interrogeais sur la nature et la provenance de ces fameuses particules; je me demandais aussi s'il ne serait pas possible d'accélérer, disons des pommes de terre, c'est-à-dire de la «vraie» matière bien concrète. Eh bien, cette idée n'est pas aussi saugrenue qu'elle

matière (les divers fruits).» L'expérience est-elle réalisable? «Théoriquement, ce serait tout à fait possible. Mais dans l'état actuel de la technique, nous sommes très loin de pouvoir les lancer assez fort. Nous devons nous rabattre sur des objets 10 000 milliards de fois plus petits!» Dommage, c'eût été une bonne façon de diversifier la production fruitière au Québec...

La question demeure donc posée: où aller chercher et comment amasser des particules? Dans le cas du LEP,

PAS D'ANTIPROTONS DANS LE MENU DU JOUR

«Tout d'abord, dites-nous ce que vous pensez de notre restaurant qui, habituellement, figure parmi les choses qui impressionnent nos visiteurs. Surtout les Américains... Peut-être est-ce différent pour vous? On mange bien aussi au Québec?» Robert Klapisch, directeur de la recherche au CERN me met tout de suite à l'aise. C'est un soulagement: ce n'est pas tous les jours que l'on dîne avec l'un des patrons du Laboratoire européen de physique des particules. À notre table, il y a aussi Pierre Darriulat, responsable du détecteur UA2 sur le supersynchrotron à protons.

Passons rapidement sur les vertus réelles ou supposées des cuisines québécoise et suisse. Le sujet devient vite sérieux.

P. Darriulat: Il y a une troisième personne qui méritait le prix Nobel en 1984 avec Rubbia et Van der Meer. C'est Gherch Boudker, un physicien soviétique; mais il est mort trop tôt. C'est lui qui a eu l'idée d'utiliser des antiprotons. Les premières expériences de refroidissement (concentration) des faisceaux d'antiprotons ont été réalisées en 1974 à Novosibirsk, mais avec une autre technique que celle de Van der Meer. J'ai moi-même eu l'occasion de travailler là-bas.

Québec Science: De toute façon, Stockholm récompense ceux qui arrivent les premiers... Mais il semble que cette découverte des bosons pose autant de problèmes qu'elle en résout: en poursuivant le dépouillement des expériences UA1 et UA2, vous avez aussi découvert des événements étranges et inclassables. Avez-vous une idée de leur nature?

P. Darriulat: Ces événements sont inexplicables avec les théories actuelles. Alors on attend d'en détecter d'autres pour être sûr qu'il ne s'agit pas d'une faiblesse de nos méthodes d'analyse.

R. Klapisch: Ce sont, en fait, des événements qui sont explicables à condition d'être rarissimes. Or, s'il y a de très faibles probabilités qu'ils surviennent, on n'aurait pas dû en récolter autant. Là réside le problème.

Après la dinde aux blettes et champignons et le fromage blanc en saumure, nous passons dans la cafétéria pour un expresso. Il est 13 h 30 et tout le CERN semble s'être donné rendez-vous ici. Petite surprise: les

Cernois ressemblent à des humains tout à fait ordinaires.

Québec Science: Peut-on imaginer une technique plus fine que le fracassement des particules les unes contre les autres?

R. Klapisch: Je crois qu'une nouvelle approche qu'on pourrait baptiser «physique des profondeurs» est déjà en train de naître avec, par exemple, les tentatives de détection de désintégration du proton. (Dans des mines, aux États-Unis, au Japon, en Inde et dans deux tunnels sous les Alpes, on tente d'enregistrer la mort des protons, avec d'énormes détecteurs enfouis profondément pour éviter les interférences des rayons cosmiques.)

P. Darriulat: Ça illustre d'ailleurs l'interaction grandissante entre l'astrophysique et la physique des particules.

Nos recherches touchent presque leurs limites. Bientôt, on n'aura plus les moyens de construire les outils dont nous aurons besoin. Cette limite, les Américains risquent de l'atteindre avec leur projet de SSC.



Pierre Darriulat, responsable du détecteur UA2.

(Le supercollisionneur supraconducteur (SSC) pourrait atteindre des énergies de 20 TeV (1 téraélectronvolt = 1 000 GeV = 1 000 milliards d'eV), faire 90, 113 ou 164 kilomètres de circonférence et coûter «trois giga-dollars», comme on dit au CERN. Le projet SSC suppose le doublement du budget américain alloué à la physique des hautes énergies.)

Québec Science: Quelle est la part de l'intuition dans vos recherches?

R. Klapisch: On voit souvent la science comme un discours majestueux où tout

s'enchaîne parfaitement. Or, les idées viennent à partir de petites choses, de simples conversations. L'imagination, peut-être plus que l'intuition, est déterminante. Parfois ce sont des idées un peu naïves mais imaginatives, à partir desquelles se dessine un fil directeur. D'ailleurs, la majorité des gens travaillent plus avec des diagrammes qu'avec des calculs.

P. Darriulat: C'est aussi une recherche collective. Cette cafétéria, ici, est un lieu privilégié où beaucoup de grandes idées sont nées. La science est aujourd'hui un phénomène de groupe. Nous sommes une microsociété. Ce qui n'enlève rien à la part de l'intuition et du génie chez des gens comme Einstein.

Québec Science: Croyez-vous pouvoir parvenir à une description cohérente et unifiée du monde?

P. Darriulat: On vise effectivement à une unification totale du savoir. Or, depuis 15 ans, les choses se sont simplifiées. On a le sentiment qu'on est revenu au même niveau qu'en 1870 et on espère, comme il y a un siècle, bientôt tout comprendre. Mais on est prudent car l'histoire a justement montré que des découvertes inattendues peuvent tout remettre en question.

(Au début du 19^e siècle, quatre forces étaient répertoriées — gravitation, forces électrique, magnétique et moléculaire. En 1864, le physicien écossais Maxwell découvre l'électromagnétisme dans lequel on range aussi, peu après, la force moléculaire. Il ne reste alors que deux forces. Mais la découverte du proton et du neutron (force forte), puis de la radioactivité (force faible) remet en question cette longue marche vers l'unification puisque deux nouvelles forces font leur apparition.)

LE CERN EN CHIFFRES

Budget 1985: 724,5 millions de francs suisses, soit 360 millions de dollars canadiens. Participations: Allemagne fédérale (25%), France (21%), Grande-Bretagne (16%), Italie (13%), Pays-Bas (6%), Suède (4%), Suisse (4%), Belgique (4%), Autriche (2%), Danemark (2%), Norvège (2%), Espagne (1%), Grèce (0,4%). Effectifs: 6 800 personnes dont 3 000 scientifiques (170 seulement sont directement payés par le CERN).

«obtenir des électrons ne soulève aucune difficulté, explique-t-on au CERN. Un simple filament chauffé émet des électrons.» C'est un peu plus compliqué pour les positons: des paquets d'électrons seront accélérés et lancés contre une cible. Depuis Einstein, nous savons que matière et énergie sont interchangeables et qu'à chaque niveau d'énergie correspond une particule ou un état de la matière. «Dans un premier temps, le ralentissement des électrons dans la cible provoque l'apparition d'une énergie sous la forme de photons. Ceux-ci pourront ensuite se convertir en matière avec production d'une paire d'électrons-positons. Les positons seront séparés par des champs magnétiques appropriés.»

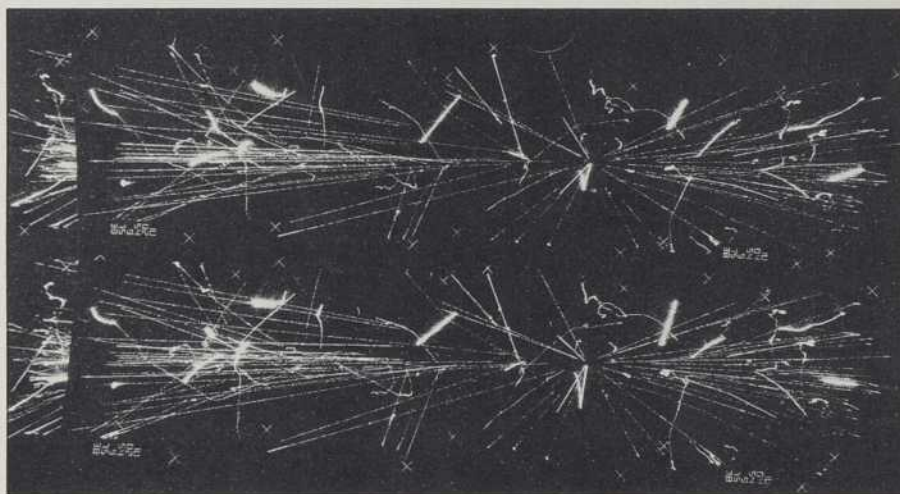
Pour ce qui concerne les autres accélérateurs travaillant avec des protons, on utilise de l'hydrogène que l'on chauffe avec un arc électrique. Le gaz devient alors un plasma à haute température, un état où noyaux et électrons sont dissociés. On récolte alors les noyaux qui, dans ce cas, ne sont rien d'autre que des protons.

Pour recueillir des antiprotons (protons chargés négativement), on utilise la même recette que pour le couple électron-positon. Cette méthode un peu barbare qui consiste à faire tourner la tête des particules en les bombardant sur une cible n'est pas très productive: il faut projeter un million de protons pour recueillir deux antiprotons. Ces derniers peuvent être utiles à ASTÉRIX, par exemple.

C'est Ugo Gastaldi, un physicien italien amoureux de la célèbre bande dessinée, qui patronne ce projet dont l'intitulé exact est: *Antiproton STop Experiment with tRigger on Initial X-rays*. L'expérience consiste à envoyer des antiprotons dans une cible d'hydrogène au repos. On étudie ainsi, entre autres choses, les interactions entre les protons de la cible et les antiprotons — ils forment parfois ensemble des atomes dits «exotiques» pendant un très bref instant — puis on examine les rayonnements (X) provenant de leur annihilation réciproque.



Ci-dessous, une des premières images d'une collision proton-antiproton à 540 GeV enregistrées sur le SPS. C'est lors d'une telle collision que Carlo Rubbia (à gauche) et Simon Van der Meer (à droite) ont fait la découverte des bosons, ce qui leur a valu le prix Nobel de physique en 1984.



L'ORIGINE DE L'UNIVERS

Vous l'avez compris, c'est le genre d'activité qui n'intéresse pas particulièrement les masses et leurs médias. Alors que fait-on de vraiment intéressant au CERN? On s'efforce, ni plus ni moins, de percer le secret de l'origine de l'univers. Ce but, d'ailleurs, serait proche. Pour cela, on a recours à des méthodes violentes. Car, actuellement, le moyen le plus efficace pour percer le secret de la matière, c'est encore de casser les particules contre des cibles, ou tout simplement les unes contre les autres. Le physicien fait irrésistiblement penser à un singe que l'on mettrait en présence d'une caisse de montres (suisses évidemment). N'ayant pas d'outils, tout ce qu'il peut faire, c'est frapper violemment ces montres les

unes contre les autres ou contre une roche. Il recueillera alors quantité de petites pièces mais en déduira-t-il le fonctionnement des rouages et la mesure du temps?

Grâce à leurs succès récents, les Cernois croient être sur la bonne voie. C'est Carlo Rubbia qui a eu l'idée, dispendieuse mais fructueuse, de transformer l'accélérateur SPS en collisionneur. Pour la raison suivante: quand une particule circule à 450 GeV et qu'on l'envoie frapper une cible, une bonne partie de l'énergie, qui n'est pas libérée au moment du choc, est absorbée par la cible. Le choc est beaucoup plus violent si le projectile frappe, même à une énergie moindre, une particule qui circule en sens inverse. D'où l'idée de lancer protons et antiprotons face à face à 270 GeV.

À LA RECHERCHE DU CANADA

Feuilles d'érable et fleurs de lys poussent aussi ici : des physiciens du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), des universités de Montréal, McGill, Carleton et de Colombie-Britannique travaillent au CERN. Parmi les expériences les plus remarquables à participation canadienne, il y a ASTERIX qui vise à l'étude des atomes « exotiques » proton-antiproton; NA 34 qui concerne la production de leptons, ces particules élémentaires dont l'électron est le fleuron le plus connu; et le détecteur OPAL qui sera placé sur le collisionneur électrons-positons (LEP).

Pour Clifford Hargrove, directeur de la section de la physique des hautes énergies au CNRC et qui travaille sur le projet Opal à Genève, après avoir participé à la conception d'ASTERIX, « la participation canadienne est importante en elle-même, mais elle demeure modeste si on la compare à l'ensemble des budgets engagés au CERN. Pour Opal, par exemple, le Canada contribue à huit pour cent du coût total; dix pour cent des scientifiques sont canadiens dans ce projet qui réunit neuf pays. »

L'essentiel est de ne pas demeurer à l'écart de la recherche de pointe. Car, selon M. Hargrove, le bilan canadien n'est pas brillant : « Dans les années 40 et 50, nous avions au Canada des accélérateurs comparables à ce qui se faisait alors ailleurs. Mais ce n'est plus le cas depuis plus de 20 ans. Nous devons nous expatrier et généralement nous allons aux États-Unis. Mais depuis trois ou quatre ans, nous nous tournons vers l'Europe car ce qui se fait ici — notamment à

Genève et à Hambourg (DESY) où nous sommes très présents — est nettement plus intéressant. »

Une « fuite des cerveaux » dans le sens opposé à celui que l'on observe habituellement... Gilles Beaudouin, de l'Université de Montréal et qui doit travailler sur l'expérience NA 34 pendant trois ans, préfère en rire : « Faire de la recherche au Canada, ça consiste à venir travailler aux États-Unis ou en Europe! »

Clifford Hargrove constate que le problème ne se pose pas seulement qu'aux physiciens canadiens : « Il y a très peu de centres de recherche de ce niveau à travers le monde. » Est-ce une excuse valable? La recherche canadienne n'est-elle pas en régression? « C'est le problème principal, répond mon interlocuteur. Notre budget est de quatre millions et demi de dollars alors que, si nous faisons la comparaison avec les États-Unis (600 millions de dollars), il devrait être d'au moins 60 millions de dollars. Nous consacrons un pour cent de notre produit national brut à la recherche, tandis que pour la plupart des pays développés, le chiffre est de deux à trois pour cent. »

Je risque la question politique : y a-t-il une amélioration en perspective avec les conservateurs? « Ils n'ont pas encore eu le temps d'agir véritablement. Ce n'est pas le genre de choses qui se fait en un an. Ça prend plusieurs années pour augmenter un budget de recherche. » M. Hargrove est-il donc optimiste? « Je ne sais pas. Je préfère attendre de voir ce qui va être fait. Ce qui est sûr, c'est que les coupures au CNRC (moins 20 pour cent) nous font très mal. »

Mais l'idée était coûteuse et le résultat incertain. Rubbia a dû se battre pour convaincre la direction du CERN et une bonne partie de ses collègues. Le SPS n'étant pas prévu pour cela, il a fallu construire les deux superdétecteurs UA1 et UA2 (2 000 tonnes et 600 tonnes). Ce projet est devenu un succès par l'utilisation du refroidissement stochastique mis au point par Van der Meer, une technique qui permet de regrouper les antiprotons (très volatils) en un faisceau très concentré (un centimètre carré). C'est ainsi qu'on a

gagné le pari et qu'on a pu détecter les bosons.

Cette quête des bosons à partir des protons apparaît comme un coup de dé, d'autant que, sur un milliard de chocs, il n'y a environ que cinq bosons identifiables. En effet, en percutant des protons contre des antiprotons, on oppose en réalité des quarks à des antiquarks, ce qui entraîne des phénomènes résultant de la force forte; or, cette dernière tend toujours à masquer les effets électrofaibles. On comprend les réticences initiales aux idées de Rubbia.

$$E = MC^2$$

D'où l'importance du futur LEP. Électrons et positons, particules simples, en collision peuvent s'annihiler mutuellement en libérant ainsi toute leur énergie pour la création d'autres particules, toujours selon l'équation $E = mc^2$ qui traduit l'équivalence de l'énergie et de la masse. Le LEP permettra ainsi d'étudier les propriétés générales de la force électrofaible à partir de 1989.

Les succès du CERN le placent au premier rang dans le monde : on parle d'une avance de cinq années alors que depuis 1945, les Américains avaient perpétuellement une longueur d'avance. À tel point que les chercheurs européens préféraient traverser l'Atlantique afin de travailler dans les meilleures conditions possibles.

C'est autant pour unir leurs ressources que pour retenir leurs chercheurs que 12 États ont fondé le CERN en 1954. Une union qui donne ses fruits aujourd'hui.

Cet article pourrait s'achever sur cette belle phrase. De même qu'il aurait pu aussi nous permettre de rencontrer un prix Nobel, comme le souhaitait mon rédacteur en chef. Mais Carlo Rubbia évite les journalistes — il en a trop vu depuis l'automne dernier — et quant à Simon Van der Meer, il était retenu par la tempête de neige du siècle qui venait d'ensevelir sous cinq centimètres de neige le canton de Genève. Comme la météo et la physique, le journalisme est parfois une activité stochastique (aléatoire).

Pour me consoler, Roger Anthoine branche un magnétoscope dans son bureau du CERN. Il s'agit d'un film tourné entre 1978 et 1983 par la télévision britannique relatant la transformation du SPS en collisionneur et ainsi que la découverte des bosons. Dans ce document, Carlo Rubbia donne ce qui sera notre épilogue : « Quand tout aura disparu, quand tout sera recouvert d'un mètre de sédiments, ceux qui viendront après nous nous respecteront pour notre compréhension du monde, pour notre travail dans ce sens. » □

Les orchidées d'ici

De l'exotisme dans nos sous-bois :
il y en a 50 espèces qui poussent
au Québec

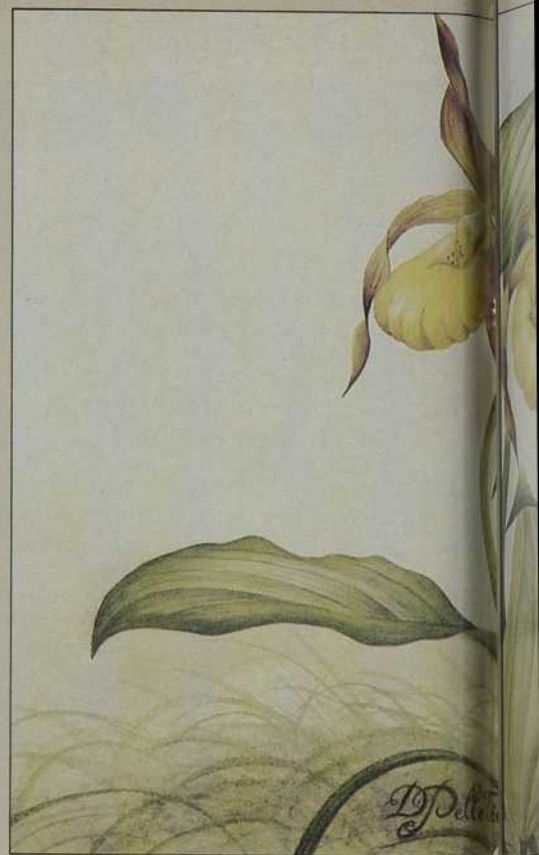
Texte de
CÉLINE ARSENEAULT
Illustrations de
DENYSE PELLETIER

Que l'on vous dise Orchidées et, voilà, vous vous mettez à rêver, à évoquer des plantes rares, aux formes étranges, aux couleurs fascinantes, aux parfums capiteux, qui croissent dans de mystérieuses jungles tropicales. Et pourtant, la famille des Orchidées, ou *Orchidaceae*, est l'une des plus importantes parmi les familles de plantes à fleurs. On compte entre 20 000 et 30 000 espèces, réparties dans environ 750 genres. Ses représentants sont plus nombreux sous les climats tropicaux et plus fréquents dans l'hémisphère austral. La distribution des Orchidées est cependant mondiale et on les rencontre dans les endroits les plus insolites, de l'Inde à l'Australie en passant par la baie James, exception faite des régions polaires. Leurs habitats naturels sont aussi très variés : plaines, forêts, tourbières, montagnes atteignant plus de 3 500 mètres d'altitude, etc. Certaines espèces sont rares dans leur habitat, alors que d'autres sont si fréquentes ou envahissantes qu'on les considère comme mauvaises herbes.



On retrouve le *Cypripedium reginae* (Cypripède royal) dans les marais, les tourbières, les bois humides et les graviers des rivières.

Le principal critère distinctif des Orchidées est la transformation des pièces florales en fonction de la pollinisation croisée, c'est-à-dire qui implique deux fleurs différentes. Alors que chez la plupart des plantes à fleurs, on distingue les pièces mâles (filet et anthères) des pièces femelles (ovaire, style et stigmates), chez les Orchidées, elles se sont fusionnées au cours de leur évolution en une colonne, ou gynostème, structure allongée située au cœur de la fleur.





▲ Le *Cypripedium calceolus* (Cypripède jaune) pousse dans les bois riches au printemps.

Le *Calopogon pulchellus* (*Calopogon gracieux*) éclôt durant la saison estivale dans les tourbières et les terrains acides.



◀ La *Calypso bulbosa* (*Calypso bulbeux*) est la première de nos orchidées à fleurir au milieu de mai, dans les cédrières et les bois moussus.

Chaque anthère contient les pollinies, petites masses globuleuses servant au transport du pollen par les insectes ou les oiseaux.

Un des pétales, qu'on appelle lèvre, ou mieux labelle, est modifié et joue fréquemment un rôle attractif sur les pollinisateurs, grâce à ses couleurs, sa forme ou son parfum. Leur ressemblance avec certains insectes avait d'ailleurs été remarquée sur des Orchidées terrestres européennes, proches parentes des nôtres, par Charles Darwin qui fut le premier à s'intéresser à ces phénomènes. Le labelle de certains genres, notamment celui des Cypripèdes, constitue un véritable piège dans lequel les insectes tombent et duquel ils ne sortent qu'après avoir adéquatement cueilli ou déposé les pollinies.

LES SABOTS DE LA VIERGE

Les Orchidées du Québec regroupent environ 50 espèces ou variétés botaniques (taxons). Contrairement à de nombreuses Orchidées tropicales épiphytes — c'est-à-dire aux racines aériennes s'appuyant sur d'autres plantes — nos Orchidées indigènes sont terrestres, utilisant le sol comme substrat et possédant des racines souterraines. La plupart, dont les parties aériennes se dessèchent annuellement, survivent pendant les longs mois de l'hiver grâce à un bourgeon qui s'est développé sur le tubercule souterrain formé dans le courant de l'année.

Le groupe le plus connu au Québec est sans doute celui des Cypripèdes (*Cypripedium*), ou poé-

tiquement Sabots de la Vierge, à cause de l'aspect gonflé si particulier du labelle. Trois espèces sont fréquentes au Québec: le *C. calceolus*, aux colonies voyantes par le jaune de leurs fleurs; le *C. acaule* rose, rarement blanc, qui ne possède que deux feuilles basilaires, et le *C. reginae*, splendeur printanière de nos tourbières et bois humides, mariant le rose et le blanc.

Il faut apprendre à découvrir les Orchidées qui croissent dans nos forêts et nos tourbières. Leur architecture si complexe est de taille aussi réduite que celle de leurs pollinisateurs, et combien de fois le promeneur ignorera-t-il l'Orchidée dont il ne voit que la hampe florale anonyme clairsemée de petites fleurs. Seules la Calypso (*Calypso bulbosa*) et la Pogonie (*Pogonia ophioglossoides*) attireront son attention par leurs remarquables couleurs rosées.

DES PLANTES À PROTÉGER

Toutefois, les Orchidées de nos forêts, on peut les admirer mais non les cueillir, que ce soit en fleurs coupées ou pour les retransplanter chez soi. En effet, toutes les Orchidées d'une colonie ne fleurissent pas, et quelquefois il leur faut une dizaine d'années avant de parvenir à maturité. Même si les fruits peuvent contenir des milliers de graines minuscules, rares seront celles qui germeront, puisqu'elles doivent trouver, outre le site idéal à leur croissance, des mycorhizes, ou champignons microscopiques, auxquels elles s'associeront pour que l'embryon se développe.

D'autre part, leur transplantation est presque vouée à l'échec, les conditions du climat et du sol devant être les mêmes que celles de leur milieu naturel. Quelques groupes donnent parfois l'illusion de survivre, mais irrémédiablement ils disparaissent dans les années qui suivent. Les amateurs réussiront mieux avec les Orchidées tropicales, aux hybrides intéressants, mieux adaptées à la culture en appartement. Enfin les Orchidées sont des plantes vulnérables dans la nature: 17 taxons se retrouvent parmi les plantes vasculaires rares du Québec. □

UN REMÈDE À LA MYOPIE ?

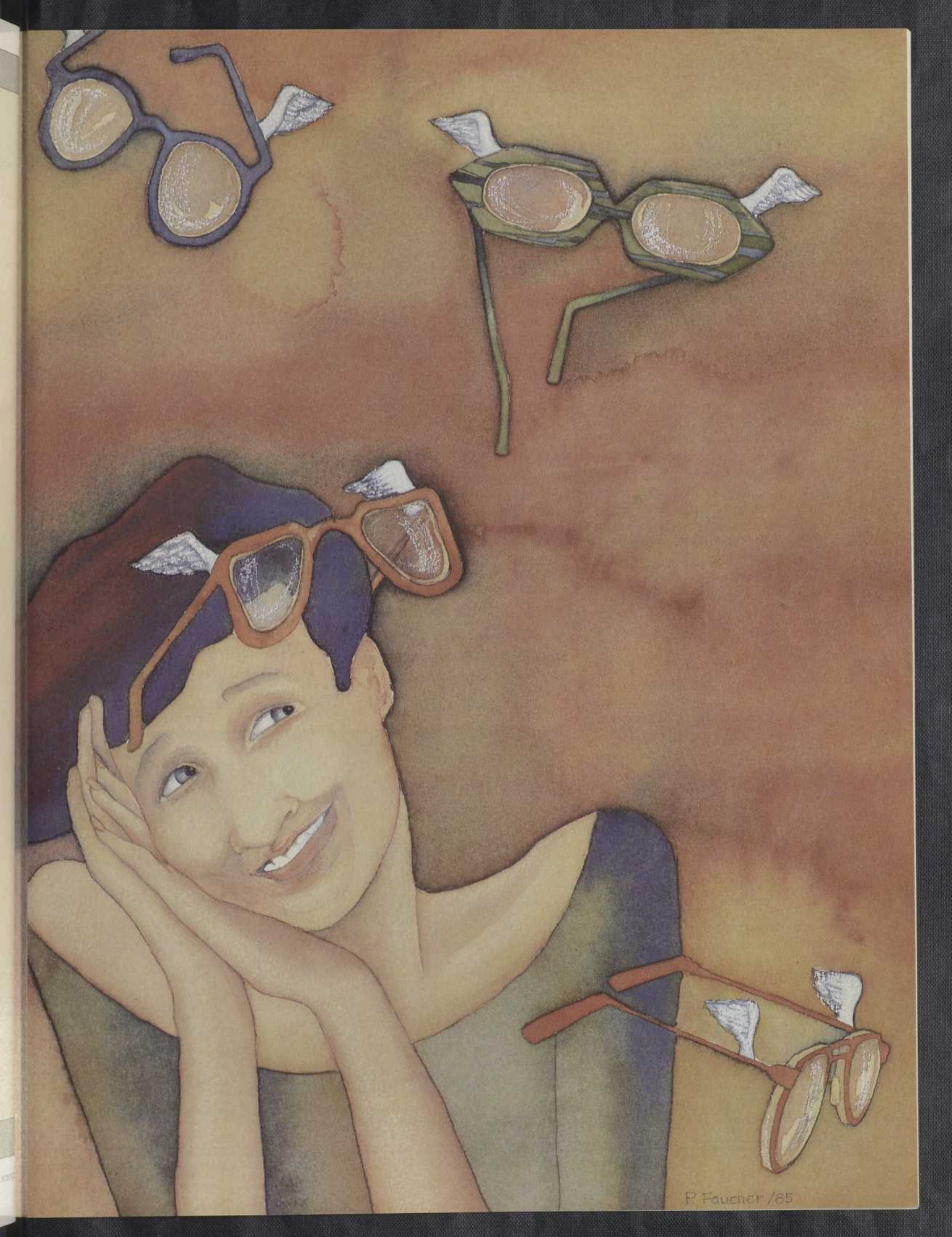
**On prédit la fin du brouillard
des petits et des grands myopes.
Toutefois, la chirurgie de la cornée
provoque encore des débats houleux**

CLAIRE CHABOT

Quelques coups de bistouri et adieu aux lunettes: on dit de la kératotomie radiale qu'elle opère des miracles. Destinée aux myopes, cette intervention chirurgicale consiste à faire des incisions dans la cornée pour affaïsser sa courbure trop prononcée. Certes, l'idée n'est pas nouvelle. Mise au point il y a dix ans par le docteur Fiodorov, en Union soviétique, sa pratique aux États-Unis et en Europe commence à se répandre comme une traînée de poudre. Chirurgie relativement simple et... lucrative, sa clientèle éventuelle est très nombreuse: au Canada, on compte plus de cinq millions de myopes.

Au dernier congrès de l'Académie américaine d'ophtalmologie, en novembre dernier, le sujet a été largement débattu. Chirurgie audacieuse, la kératotomie radiale provoque des controverses chez les spécialistes de l'œil, tant sur la technique que sur sa nécessité. Les ophtalmologistes canadiens font preuve de prudence et attendent des résultats plus positifs. Que se cache-t-il donc derrière cette chirurgie miraculeuse qui incite autant à l'exaltation qu'au scepticisme?

Illustration: Pierrette Faucher



UN GÉANT DE LA MICROCHIRURGIE

Le docteur Léo Amar est l'un des premiers en France à s'être intéressé à la kératotomy radiale. Grand chirurgien de renommée internationale, c'est un homme qui n'a pas froid aux yeux...

Avant-gardiste dans son domaine, il développa une technique, aujourd'hui répandue, d'implantation de cristallins artificiels pour le traitement des cataractes. Président de l'Association française des implants intra-oculaires, il a mené une chaude lutte contre ses nombreux détracteurs.

Depuis un an, il s'attaque de front à la myopie. Rencontré dans son cabinet privé à Cannes, l'homme est grand, imposant et parle avec assurance: «Les résultats de cette intervention dépendent en grande partie de l'habileté du chirurgien. C'est une question de technique et de finesse chirurgicale.» En effet, l'œil possède une tolérance minime et la moindre maladresse peut avoir des conséquences graves sur les résultats de la chirurgie.

La kératotomy radiale s'applique à des myopies légères et moyennes, excluant ainsi les personnes dont l'indice de réfraction est supérieur à -9 dioptries. Les médecins qui la pratiquent refusent généralement d'opérer ceux qui souffrent d'une maladie affectant l'œil ainsi que ceux qui sont satisfaits de porter leurs verres de contact. En d'autres mots, leur clientèle est constituée de ceux qui ne veulent plus porter leurs lunettes et de ceux qui ne peuvent plus porter de verres de contact.

L'opération comporte un inconvénient majeur: on ne peut en prédire les résultats de façon précise. Bien que la précision des incisions soit au micromètre près, on ne peut prévoir les résultats de l'opération au dixième de dioptrie. Le pronostic sera d'autant meilleur que la myopie est moins importante, c'est-à-dire autour de -3 à -4 dioptries. L'opéré est prévenu. On doit faire en sorte qu'il reste un tout petit peu myope plutôt qu'hypermétrope. «Je ne dis jamais à

mes malades, d'une part, que je vais les corriger à 0 et, d'autre part, qu'ils ne porteront plus jamais de lunettes, explique Léo Amar. C'est une opération qui diminue considérablement l'importance de la myopie mais je ne promets jamais qu'elle sera totalement supprimée. Leurs lunettes resteront utiles le soir, en particulier pour le cinéma, le théâtre ou la conduite automobile.» Par conséquent, les myopes seront moins esclaves de leurs lunettes sans pour autant être certains de ne jamais devoir les remettre.

OPÉRATION EN UN CLIN D'ŒIL

Dans le bloc opératoire de la clinique des Mimosas, à Cannes, le patient, allongé, est bel et bien éveillé; quelques gouttes d'un collyre anesthésique suffisent. L'intervention durera 15 minutes tout au plus. Le médecin

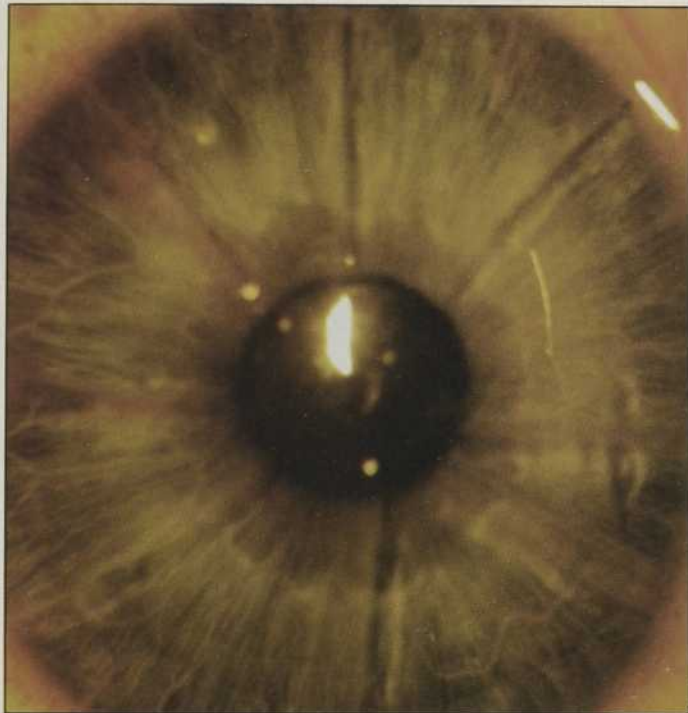
**«Je ne dis jamais
à mes malades
qu'ils ne porteront
plus jamais
de lunettes»,
précise Léo Amar**

applique, au centre de la cornée, un marqueur rempli d'une substance colorée qui imprime la zone optique à protéger. Cette zone sera calculée selon l'effet désiré: plus la myopie est forte, plus la zone sera petite. Toutefois, on laisse un minimum de trois millimètres pour ne pas incommoder la vision du patient. La lame du bistouri est ajustée par une vis micrométrique qui détermine la profondeur des incisions. Celles-ci traversent 95 pour cent de la cornée. Le docteur Amar utilise une lame en acier-carbone pour les incisions légères et une lame au diamant pour entailler plus profondément. Il exécute quatre ou huit incisions, distribuées autour de la zone optique comme les rayons d'une roue de bicyclette. Cette intervention, effectuée sous microscope, exige beaucoup d'habileté. Il s'agit d'appliquer la pression nécessaire sur le couteau pour atteindre la profondeur voulue, tout en évitant de perforer jusqu'à la chambre antérieure.

Évidemment, les incisions ne sont pas faites «à l'œil». Tout a été calculé minutieusement avant l'opération. Chaque œil est unique et représente pour le chirurgien un cas particulier. Celui-ci mesure l'acuité visuelle (en dioptrie), la profondeur de la cornée,

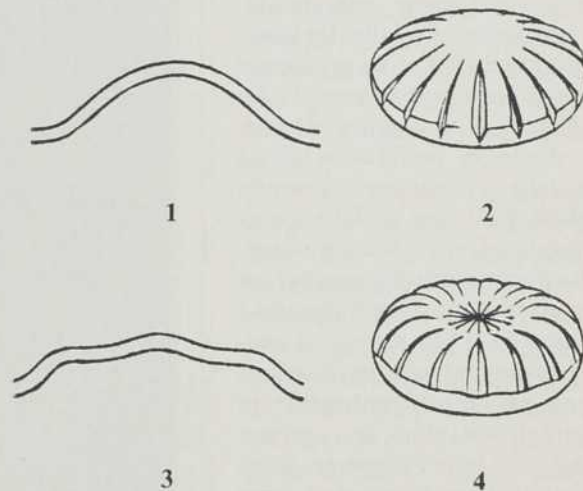


Le docteur Léo Amar, un des pionniers en France de la kératotomy radiale, opération qui s'applique à des myopies légères et moyennes.



Léo Amar

LA TECHNIQUE DE FIODOROV



Lors de cette opération chirurgicale, tout se joue sur quelques dixièmes de millimètre. La courbure de la cornée (1) est trop prononcée chez le myope. En pratiquant des entailles sur le pourtour, (2), Fiodorov aboutit à la création, dans la partie centrale (3 et 4), d'une petite dépression qui permet de corriger la courbure de la cornée.

la pression de l'œil, sa courbure et fournit toutes ces données à l'ordinateur, dont un programme calculera la longueur et la profondeur des incisions à effectuer. Si aucune complication ne survient durant l'opération, seul un analgésique faible suffira à atténuer l'inconfort causé par ces incisions.

«Selon mon expérience, l'acuité visuelle, dans l'immense majorité des cas, est stabilisée au bout d'un mois ou deux, c'est-à-dire pendant la période de cicatrisation, affirme le docteur Amar. Il faut compter trois mois pour que la cicatrisation soit complète.» Durant cette période, les patients se plaignent de reflets qui incommode leur vision. Ceux-ci sont causés par l'extrémité des incisions qui entrent dans la zone optique lorsque, la nuit, la pupille est dilatée. Après quelques mois, cet inconvénient diminue considérablement. À première vue, les «opérés de la kératotomie radiale» semblent enchantés: plusieurs études menées aux États-Unis révèlent que 90 pour cent des patients sont satisfaits et la recommanderaient à un proche parent.

NAISSANCE D'UNE CHIRURGIE

Il y a dix ans, à Moscou, Sviatoslav Fiodorov commence à élaborer une technique chirurgicale qui va bouleverser la vie de milliers de myopes. «Il y a quelques années, on nous a amené un jeune garçon dont les lunettes s'étaient brisées, libérant des éclats qui étaient venus se ficher dans la cornée. La courbure de celle-ci s'était mise à diminuer et la guérison était intervenue rapidement. Fait paradoxal mais constatable: la vue de ce jeune myope s'était améliorée après l'accident.» À partir de cette observation, il décida, en se basant sur les travaux du Japonais Sato, de mettre au point une technique chirurgicale et une formule mathématique destinées à rendre les myopes, emmétropes (0 dioptrie). En 1979, il a fait connaître au monde médical occidental ses premiers résultats. Depuis, il a soulagé de leur handicap plus de 6 000 myopes.

C'est en fait en 1953, que M. Sato, un chirurgien japonais, tenta pour la première fois de corriger la myopie. Sa technique était risquée: 32 pro-

fondes incisions exécutées tant sur la face externe qu'interne de la cornée en passant à travers le stroma et la fragile pellicule de l'endothélium. La méthode n'était pas encore au point. «Il n'est pas surprenant dans ces conditions que plusieurs patients aient développé une décompensation de l'endothélium», souligne Léo Borès, premier chirurgien américain à avoir pratiqué l'intervention. Il faut bien dire que dans les années 50, les connaissances sur le rôle de l'endothélium, couche tapissant la partie interne de la cornée dont les cellules se renouvellent très peu, étaient limitées. Il est remarquable que la cornée des yeux opérés par le docteur Sato soit restée transparente durant tant d'années.

L'idée était lancée: les incisions disposées en cercle formaient une dépression au centre de la cornée. Prudent, Fiodorov décide de ne toucher que l'épithélium, c'est-à-dire le côté externe de la cornée. Il connaît la limite de cette technique; on peut difficilement corriger les myopies au-dessus de -9 dioptries bien qu'il se vante d'avoir réussi l'opération sur des myopies plus fortes.

L'ENVERS DE LA MÉDAILLE

En 1979, les premiers rapports présentés sur la kératotomie radiale, version moscovite, provoquent des débats houleux entre ophtalmologistes américains. En effet, les résultats sont hasardeux et les problèmes post-opératoires, trop nombreux. La complication la plus grave est sans aucun doute la perforation de la cornée dans la chambre antérieure, entraînant ainsi une perte des précieuses cellules endothéliales. Quelques cas de cataractes causées par ces micro-perforations ont été signalés à ce moment-là. D'autre part, il arrivait fréquemment que les incisions n'étaient pas assez profondes; la cornée reprenait alors sa courbure originale et il fallait réopérer. Dans ces deux cas, le problème était causé autant par l'imprécision dans l'évaluation de la profondeur des incisions que par l'inefficacité de la lame à couper net. En raison de l'amélioration des instruments chirurgicaux, ces problèmes sont aujourd'hui beaucoup moins répandus.

Les premiers rapports américains signalent une autre conséquence sérieuse occasionnée, cette fois-ci, par l'inexpérience du chirurgien. L'empreinte localisant les incisions, lorsqu'elle est décalée du centre de la zone optique de l'œil, provoque un astigmatisme chez le patient. Il vaut donc mieux ne pas confier ses yeux au premier venu... Comme le remarque Léo Borès: «La kératotomie radiale est sécuritaire quand on la confie à un chirurgien habile et bien entraîné.»

«Le reproche que l'on peut faire à la kératotomie radiale, c'est qu'elle donne des résultats difficiles à prévoir, nous explique le docteur Jean Duperré, porte-parole de l'Association des ophtalmologistes du Québec. Ce qu'un chirurgien veut quand il opère un myope, c'est le rendre emmétrope. Actuellement, la kératotomie radiale n'assure pas ce résultat-là. Si corriger la myopie de façon chirurgicale, c'est soulager l'existence d'un jeune de 20 ans pour peut-être la lui compliquer à 60 ans, ça ne vaut pas la peine», ajoute-t-il.



Gérard Rancinan / Sygma

La kératoméleusis consiste à découper la cornée pour tout d'abord la congeler, puis la raboter et l'amincir. La différence de couleur entre les bords et la partie centrale montre que cette dernière partie a été amincie.

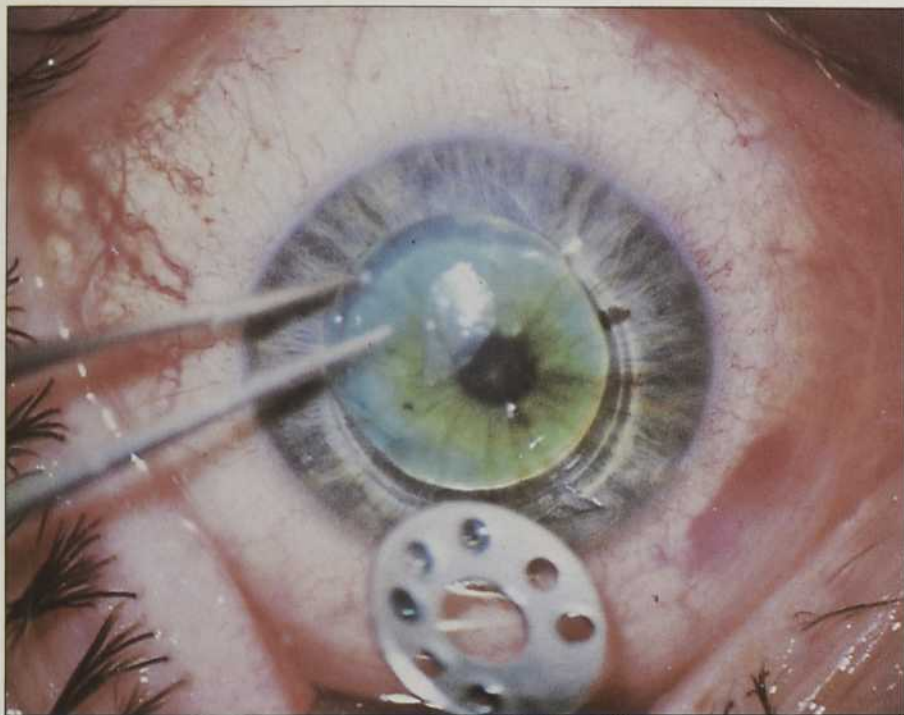
La myopie est un handicap qui peut avoir ses avantages. En effet, la majorité des myopes entre -2 et -4 dioptries sont légèrement handicapés pendant leur jeunesse mais, à 40 ans, ils seront avantagés par rapport à un individu normal devenant presbyte. «Lequel est normal: celui qui voit bien de loin ou celui qui voit bien de proche?» demande judicieusement Jean Duperré. Il faut, selon lui, voir la myopie légère de façon positive: un myope est un individu qui voit clair de proche!

LE QUÉBEC SUR SES GARDES

La polémique entre ophtalmologistes est vive particulièrement aux États-Unis, certains ne voyant pas la nécessité d'opérer des yeux sains et d'autres trouvant l'aventure trop risquée. Il n'y a pas de congrès d'ophtalmologie sans qu'on y aborde les complications post-opératoires. En novembre dernier, l'Académie américaine d'ophtalmologie s'est réunie à Atlanta. Conclusions: les méthodes et les instruments chirurgicaux se sont améliorés et les complications

post-opératoires ont diminué de façon significative. L'accroc demeure la prédiction des résultats: 75 pour cent des opérés ont une vision normale et 25 pour cent ont pris un risque opératoire presque inutile. Être un myope moyen pour devenir un myope léger, c'est rester un myope quand même!

Au Québec, les ophtalmologistes hésitent à offrir cette opération à leurs patients. Cette attitude, nous rappelle Jean Duperré, n'est pas dictée par l'Association des ophtalmologistes du Québec. Selon lui, les résultats s'améliorent mais il est préférable d'attendre quelques années. «Ce n'est pas une attitude que l'on veut rétrograde. On a eu la même attitude pour les lentilles intra-oculaires dès le début.» Après avoir attendu une amélioration des techniques, les ophtalmologistes ont rattrapé le retard très rapidement. «Aujourd'hui, on se félicite de cette attitude-là parce que si on avait fait ces opérations avec les méthodes du tout début, ces patients auraient probablement perdu leur œil.» Opération plus osée, la kératotomie radiale incite les médecins à la pru-



Gérard Rancinan / Sygma

Après la mise en place de la cornée décongelée, on suture l'œil du patient qui gardera un pansement pendant trois jours et retrouvera une vision très améliorée au bout de 6 à 8 semaines.

dence. Il est à prévoir que ce type d'intervention, si elle est pratiqu e au Québec, ne sera pas couverte par la Régie de l'assurance-maladie du Québec. La myopie n'étant pas une maladie mais une anomalie, elle sera considérée comme une chirurgie plastique.

Depuis quelques mois, une dizaine de médecins de l'Ouest canadien ont commencé à offrir cette chirurgie au coût de 1 500\$ par œil. Pionnier au Canada, le docteur Howard Gimble, de Calgary, croit que plusieurs citoyens, intéressés par cette chirurgie, sont prêts à en payer le prix.

CORNÉE SUR GLACE

La kératotomie radiale néglige les grands myopes qui, eux, souffrent beaucoup plus de leur handicap visuel. Plusieurs tentatives ont été faites dans le but de donner une meilleure vision à tous ceux qui ne «voient pas plus loin que le bout de leur nez». On a même essayé de rapetisser leur œil trop allongé, mais ça n'a pas donné les résultats escomptés. Deux chirurgies pratiqu es sur

une base expérimentale — la k ratom leusis et l' pik ratophakie — s'attaquent aux fortes myopies, beaucoup moins fréquentes mais tellement plus sérieuses.

La k ratom leusis a été mise au point en 1949, à Bogota (Colombie), par José Barraquer. L'opération consiste à prélever la partie centrale de la cornée, à la frigorifier   -60  C et à la polir de façon à lui donner la courbe désirée. Un instrument de haute précision agit comme un tour pour réduire l'épaisseur de la cornée selon les instructions d'un micro-ordinateur. Selon Jean Duperré, c'est une opération «très sophistiquée» mais, sur le plan médical, elle a fait ses preuves. Le médecin mentionne qu'elle n'a pas eu le succès prévu parce qu'elle entraîne des frais trop élevés d'hospitalisation et d'instruments chirurgicaux. Actuellement, le Québec ne possède pas les outils hautement spécialisés indispensables à ce type de chirurgie.

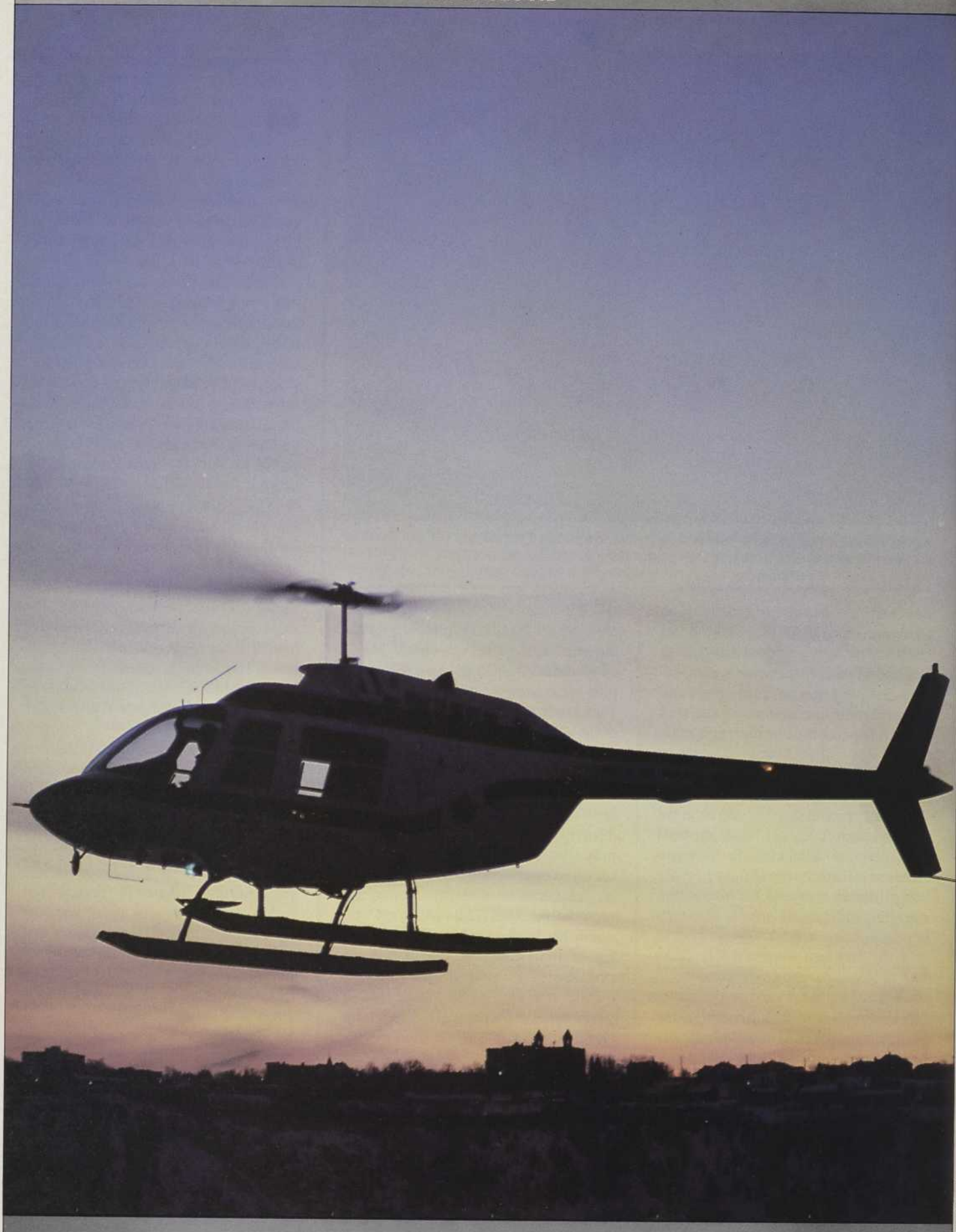
L' pik ratophakie, pour sa part, a été mise au point aux  tats-Unis par le docteur Kaufman. Dans ce cas, on importe d'un laboratoire américain une cornée humaine déjà taill e

aux mesures demandées puis on la greffe sur la face antérieure de la cornée. Le laboratoire américain, situé en Californie, est présentement le seul au monde à fabriquer ces lenticules et, à l'heure actuelle, seuls quelques chirurgiens peuvent faire ce genre d'intervention. Le fabricant n'a pas le droit d'en vendre à n'importe quel chirurgien qui en ferait la demande.

Pour l'instant, l'intervention est donc très restreinte, mais le docteur Léo Amar croit qu'elle possède d'intéressants avantages sur la k ratom leusis. «C'est un verre de contact vivant qui se place devant la cornée. On ne coupe pas la cornée du patient, enfin juste un peu pour faire tenir le greffon. On peut enlever ce dernier si ça ne va pas et le remplacer par un autre.»

Un problème hypothétique mais majeur est à envisager pour l'avenir: les dons de cornées humaines seront insuffisants pour répondre à la demande. Pour pallier cette difficulté, des chercheurs tentent des expériences de ce genre sur d'autres animaux avec des cornées de porcs et de poulets. On aurait, si cette technique réussit bien, une provision illimitée de cornées pouvant servir pour les greffes.

Certes, ces deux opérations ont un avantage considérable sur la kératotomie radiale, celui de corriger exactement le nombre de dioptries requis. Malheureusement, leur coût élevé demeure leur plus grande faiblesse. De plus en plus, la kératotomie radiale gagne la faveur des ophtalmologistes qui préfèrent une opération plus simple et moins dispendieuse. «Elle est d'une simplicité monstrueuse et c'est extraordinaire de ce point de vue-là. Si on arrivait à avoir de bons résultats, ce serait formidable parce que c'est une opération qui pourrait s'appliquer à beaucoup de gens sans que ça leur coûte trop cher», conclut Jean Duperré. Pour l'instant, cette chirurgie n'offre pas aux myopes des résultats satisfaisants. Alors, ne vaut-il pas mieux patienter un peu et garder votre regard trouble qui vous donne tant de charme? □



Richard Beaudet

LES MÉTAMORPHOSES DE L'ENGIN-LIBELLULE

**Issu
de dessins techniques
du début du siècle,
l'hélicoptère
est à l'aube
de changements
majeurs**

RICHARD BEAUDET

Le premier vol de l'hélicoptère survient en 1907. Quatre ans après l'avion, deux ans avant la première traversée de la Manche par Louis Blériot. Contrairement à son confrère ailé, la «voilure tournante» connaît une évolution lente, pénible, avec plus de bas que de hauts. Il faut attendre la fin de la Seconde Guerre mondiale — pendant laquelle l'avion a joué un rôle déterminant — pour qu'un hélicoptère réédite l'exploit de Blériot. Nous sommes encore au stade de l'expérimentation empirique, de la construction artisanale.

L'hélicoptère de la deuxième génération apparaît en Corée. Immortalisé par la célèbre émission télévisée *M*A*S*H**, l'hélicoptère représente le secours venu du ciel pour les milliers de blessés lors des combats. L'état de la technologie empêchait alors de confier à l'hélicoptère un rôle plus important; le destin a décidé que c'est en Asie du Sud-Est que l'hélicoptère mériterait définitivement ses

galons. Au Vietnam, il devient un symbole: transport de troupes, surveillance, escorte armée, patrouilles anti-sous-marins, recherche et sauvetage, transport «VIP», évacuations médicales (en 1968 seulement: 67 000 blessés). Avec raison, les historiens surnomment cette guerre «la guerre des hélicoptères». Mais le tribut est lourd à payer: 4 112 hélicoptères détruits entre 1961 et 1970 (en comparaison avec 3 217 avions.).

De l'expérience du Vietnam surgit la troisième génération d'hélicoptères: c'est l'ère des nouveaux matériaux, de l'automatisation des systèmes, du vol aux instruments. Toutefois, à côté de l'avion, l'hélicoptère conserve toujours cette allure d'adolescent chétif, luttant constamment pour se hisser aux niveaux de fiabilité et de commodité d'exploitation qui sont la norme chez son éternel rival.

Sa flotte de quelque 1 600 hélicoptères civils et militaires classe le Canada troisième au monde et, comme pour la plupart des pays occidentaux, l'aviation est le baromètre de l'économie. Au début de la présente décennie, le blizzard économique qui entraîna le gel de nombreux mégaprojets toucha particulièrement le marché de l'hélicoptère, qui atteignit le creux de la vague en 1983, la pire année depuis 20 ans. Mais voilà que pointe à l'horizon la quatrième génération. La source de

l'impulsion derrière les trois premières provient des militaires. La nouvelle génération ne fera pas exception. Le Pentagone a lancé un défi aux chefs de file de l'industrie américaine de l'hélicoptère afin d'obtenir l'appareil de leurs rêves: le LHX (*Light Helicopter Experimental*) — le futur fer de lance de l'armée américaine.

L'enjeu est de taille. Prévu pour 1992, ce bolide digne de Buck Rogers filera au ras du sol à une vitesse variant entre 150 et 300 kilomètres à l'heure, même par des conditions de visibilité nulle et, de retour à la base, les inspections et réparations ne nécessiteront que quelques minutes. À elle seule, l'armée américaine en veut 7 000 exemplaires. Les énormes frais de recherche et développement qu'engloutira ce projet n'auraient jamais été absorbés par un marché civil restreint. Grâce aux nombreux programmes en cours, l'hélicoptère atteindra-t-il finalement une certaine parité avec l'avion? Dans la carte du ciel des constructeurs d'hélicoptères apparaît un appareil qui sera confortable, économique, rapide et sécuritaire.

VOIR DANS LE NOIR

Déjà, on observe sur les hélicoptères civils des technologies développées d'abord dans un but militaire, comme l'illustre bien la thermographie. Routes, rochers, édifices, animaux, tous les objets «chauds» (d'une température au-dessus du point zéro absolu) émettent un rayonnement infrarouge, une «signature» thermique, qui peut être reproduite clairement sur un écran de télévision en noir et blanc.

Les hélicoptères des services policiers disposent donc maintenant de systèmes électro-optiques infrarouges pour retrouver enfants et chasseurs perdus en forêt ou encore relever l'étendue d'un incendie de forêt au travers de l'épaisse fumée. D'un précieux secours pour la surveillance nocturne des quartiers, certains systèmes seraient même assez sensibles pour discerner, parmi la végétation, des plantations de

cannabis. Un appareil d'une polyvalence hallucinante! La Sûreté du Québec, elle-même utilisatrice d'hélicoptères depuis de nombreuses années, a procédé à l'essai d'un système à infrarouge l'automne dernier.

De plus, on travaille actuellement à mettre au point des jumelles à amplification de lumière. Peu importe les conditions de visibilité ou la période de la journée, un tube cathodique miniaturisé et un ensemble optique montés sur son casque de vol transmettront au pilote du LHX l'image infrarouge du territoire survolé! De plus, certains paramètres de vol ou de visée apparaîtront dans la jumelle sous forme de symboles.

Y AURA-T-IL TOUJOURS UN PILOTE?

Contrairement à l'avion, l'hélicoptère actuel ne jouit pas d'une stabilité inhérente et, à moins de posséder un système complexe et coûteux, on ne peut équiper l'appareil de pilote automatique. Donc, qu'il s'agisse de vol à vue ou aux instruments, l'attention du pilote est sollicitée constamment; d'une main, il tient le manche cyclique avec lequel il contrôle les mouvements avant-arrière et latéraux

de l'hélicoptère; de l'autre, il ajuste le taux de déplacement vertical à l'aide du levier de pas collectif, et les deux pieds «jouent» sur les pédales du palonnier.

Sur l'hélicoptère de la nouvelle génération, la principale innovation touchera le cœur même de l'aéronef, le poste de pilotage, et visera à simplifier au maximum les commandes de vol. Celles-ci seront montées sur un accoudoir sous la forme d'une poignée (style jeu vidéo), libérant ainsi les pieds et la main droite du pilote. Depuis 1979, le Centre national de recherches du Canada, à Ottawa, expérimente, conjointement avec le fabricant américain Sikorsky, un tel système de commandes actionnées par des transmissions électriques, sur un hélicoptère spécialement modifié.

Sur le modèle LHX, on prévoit que le pilote commandera verbalement à certains systèmes secondaires tandis que des voix synthétisées l'informeront dès que surviendront une panne, un obstacle à éviter ou une soudaine attaque, ainsi que des mesures pour y remédier. On imagine facilement les services qu'un hélicoptère robotisé rendrait dans le secteur civil. Par exemple, les opérations de sauvetage ne dépendraient plus des



Ce prototype XH-59A du ABC a atteint la vitesse de 487 km/h lors des essais. On remarque les deux rotors tournant en sens contraire l'un par rapport à l'autre.



USAF

Même en plein brouillard, le pilote pourra se diriger grâce à l'image infrarouge et aux informations qui lui seront transmises sur l'écran panoramique de son casque.

conditions météorologiques défavorables. On attend avec impatience l'ambulance volante «tout-temps», particulièrement aux États-Unis où le nombre d'hélicoptères au service des hôpitaux croît sans cesse.

UNE RECETTE-MIRACLE: LES COMPOSITES

D'une certaine manière, les quelques pilotes d'hélicoptères à l'emploi des forces policières, des services ambulanciers ou de la radio-télévision forment une classe privilégiée. En effet, leurs collègues pilotes doivent le plus souvent travailler dans des régions éloignées, telles que la Baie-James, l'Arctique ou sur les plates-formes de forage. En plus de subir des conditions de vie difficiles — ils dorment souvent sous la tente — ils encourent de nombreux risques en survolant des territoires. Ils évoluent souvent près du sol, parmi les obstacles de toutes sortes. Ils enregistrent inévitablement un plus grand nombre d'accidents.

Aussi cherche-t-on par différents moyens à rendre les hélicoptères plus

L'appareil de l'avenir changera d'apparence selon qu'il décolle ou qu'il se déplace à l'horizontale

sécuritaires et plus résistants aux chocs. On a pensé ajouter une deuxième turbine pour actionner le rotor; si la première tombe en panne, la deuxième prend le relais, évitant l'écrasement de l'appareil. Ces hélicoptères biturbines, légers et de qualité, sont disponibles depuis nombre d'années mais, pour une charge utile comparable au monomoteur, leurs frais d'acquisition et d'exploitation sont le double.

On assurera aussi une plus grande sécurité en équipant les hélicoptères de sièges et de structures antichocs. Pour minimiser les risques d'explosion, on prévoira pour les conduites de carburant des raccords qui se séparent automatiquement du moteur lorsque survient un choc, ainsi que des réservoirs de carburant qui «s'auto-obturent» en cas de fuite.

Toutefois, la véritable révolution proviendra d'un emploi généralisé des matériaux composites. Différents tests ont démontré que les passagers d'un hélicoptère fabriqué avec des matériaux composites auraient 85 pour cent des chances de sortir indemnes d'un écrasement à une vitesse de 12,8 mètres par seconde (non loin de l'objectif fixé à 15,24 mètres par seconde pour le LHX).

Récemment considérés comme des matériaux complexes, les composites sont en passe de concurrencer l'aluminium et ses alliages dans les matériaux industriels de base. Amalgame de fibres diverses et de liants, par exemple des nappes de fibres de verre ou de carbone imprégnées de résine, ces matériaux possèdent des caractéristiques mécaniques exceptionnelles tout en ayant l'avantage de la souplesse et de la légèreté. L'un d'entre eux, l'époxy-carbone, est largement utilisé pour la construction des pales de l'hélicoptère et gagne graduellement l'ensemble mécanique complexe que constitue la tête de rotor.

L'utilisation généralisée des matériaux composites avancés sur le LHX pour les structures et composants dynamiques entraînera une réduction des coûts de fabrication d'environ 17 pour cent et allégera la masse de l'appareil de 22 pour cent. Cela se traduira en termes d'exploitation par un rayon d'action accru, une consommation moindre de carburant et une vitesse plus élevée. De plus, les qualités anticorrosives de ces matériaux faciliteront l'entretien et, facteur que ne négligeront pas les militaires, leur propriété «absorbante» réduira la signature électromagnétique de l'appareil, le rendant quasi invisible pour les radars adverses.

LA MÉTAMORPHOSE DE L'HÉLICOPTÈRE

Jusqu'à maintenant, l'hélicoptère a peu changé en apparence. On reconnaît aisément le battement caractéristique de ses grandes pales tournoyant au-dessus du fuselage avec, à l'arrière, le petit rotor de queue. Mais

PRÉCURSEUR SANS SUCCESSEUR, LE CL-84



Canadair

Il y a vingt ans, le 7 mai 1965, vola pour la première fois un brillant exemple de l'ingéniosité technologique canadienne, le CL-84 de Canadair. Capable de transporter 12 hommes de troupe et leurs équipements, cet appareil convertible, ou ADAC/ADAV (pour avion à atterrissage court et vertical), décollait verticalement, puis passait du vol stationnaire au vol horizontal en quelques secondes. Les essais menés conjointement par Canadair et les Forces armées canadiennes ainsi que les démonstrations auprès des militaires britanniques et américains démontrèrent sa supériorité en performance, maniabilité et capacité sur n'importe quel hélicoptère. Toutefois, malgré le succès remporté, on mit un terme à l'expérience en 1974, alléguant, entre autres, comme raison que la guerre du Vietnam tirait à sa fin, les perspectives limitées de ventes ne justifiaient plus la poursuite du programme. Pourtant, l'année précédente, de l'autre côté de la frontière, la société Bell Helicopters était choisie par la NASA et l'Armée américaine pour construire et mettre à l'essai deux bimoteurs convertibles XV-15.

Quoique le XV-15 utilise les mêmes moteurs, le même train d'atterrissage et possède sensiblement les mêmes dimensions, toute comparaison avec le CL-84 fait sursauter Ken Dommet de Canadair, agent au marketing du CL-84 de 1966 à 1974: «Le CL-84 tirait son principal avantage dans l'application de l'aile pivotante noyée dans le souffle des



Bell Helicopters

Le CL-84 de Canadair et son concurrent américain, le XV-15 de Bell Helicopters.

hélices. Dès le départ, un vent relatif d'environ 160 kilomètres à l'heure enveloppait les ailes du CL-84, libérant ainsi les pales du poids supplémentaire de la portance, tout en bénéficiant d'une accélération instantanée. Le XV-15, quant à lui, ne fait que basculer ses rotors en bout d'ailes. Pour un même poids au décollage, le CL-84 ne roulait que 25 mètres contre 300 mètres pour le XV-15. De plus, en raison du facteur de charge sur ses pales, le XV-15 ne pourra dépasser le cap des 650 kilomètres à l'heure car la traînée des rotors nécessiterait une puissance prohibitive.»

Lorsque survint l'abandon de l'appareil hybride, une version améliorée capable d'atteindre 830 kilomètres à l'heure ainsi qu'un avion de transport ADAC (Avion à décollage et atterrissage court), le CL-246, d'une capacité de 50 et 75 passagers, étaient à l'étude. Mais au lieu de faire confiance à notre produit, on le met de côté, sans tenir compte de son

originalité ou de ses qualités exceptionnelles, pour faire place à la technologie de nos voisins du Sud.

Dix ans après l'arrêt de mort du CL-84, on remet sur un plateau d'argent 514 millions de dollars à Bell Helicopters. Pourquoi au juste? Pour fabriquer un hélicoptère «canadien»... à 40 pour cent. Il faudra attendre 1988 avant de voir ce pourcentage passer à 75 pour cent avec l'addition de moteurs fabriqués par Pratt & Whitney de Longueuil, et 1989 avant qu'une véritable innovation technologique n'apparaisse avec le modèle à cellule entièrement fabriqué en matériaux composites.

Ces trois appareils, les modèles 400, 400A et 440, tous des biturbines légers, sont destinés à un marché étroit et encombré. Mais, Bell est à l'hélicoptère ce que GM est à l'auto: 27 000 hélicoptères construits, plus que tous les autres fabricants occidentaux réunis. Et puis après tout, n'était-il par normal qu'un constructeur d'hélicoptères s'établisse au Canada, le deuxième plus important utilisateur d'hélicoptères civils après les États-Unis?

À la suite de l'annonce de l'arrivée de Bell à Mirabel, en octobre 1983, des observateurs affirmaient que l'Ontario avait eu son F-18 et le Québec, ses hélicoptères. Deux mois plus tard, on apprend que des hélicoptères de la firme allemande MBB (Messerschmitt-Bölkow-Blohm) seront construits sous licence par la Fleet Industries d'Ontario. De ces ateliers sortiront les turbines légers BO-105 CBS, un matériel éprouvé et populaire qui fera la vie dure sur le marché international au futur... Bell 400.

Mais revenons aux convertibles. Une étude de la NASA estime que le marché civil pourrait absorber de 2 500 à 3 000 appareils dérivés du V-22 Osprey (ex-JVX), l'héritier du XV-15. Bell Helicopters prévoit déjà une version capable de transporter une quarantaine de passagers sur 100 kilomètres.

À l'époque le meilleur dans sa catégorie, le CL-84 émergea d'une technologie des années 50. Bénéficiant d'une avionique moderne et des nouveaux procédés de construction, ses successeurs auraient sans doute placé Canadair en tête dans ce secteur de pointe. Mais on ne réécrit pas l'histoire!

si le modèle de demain s'inspire du LHX, le moins que l'on puisse dire, c'est que l'image de l'hélicoptère classique aura pris un sacré coup de vieux.

Les compétiteurs — Bell Textron/Boeing Vertol; Hugues et Sikorsky — présentent des concepts aussi originaux que différents. Le tandem Bell-Boeing propose un appareil convertible, c'est-à-dire capable de décoller verticalement comme un hélicoptère, puis de se déplacer horizontalement comme un avion. L'un des points forts de cette formule consiste en un rendement accru: par exemple, à une vitesse de croisière de 450 kilomètres à l'heure, sa consommation kilométrique est au moins deux fois plus faible que celle d'un hélicoptère classique qui est, de surcroît, deux fois plus lent.



Le modèle SEMA-X de Sikorsky. Son rotor de queue avec fenestron permettrait de fortes accélérations et décélérations.

Cette technologie sera-t-elle trop complexe pour un éventuel marché civil? Le concept du convertible laisse certains observateurs perplexes quant à ses chances de percée commerciale. Il est intéressant de noter que dès 1956, la société Canadair étudiait des projets d'aéronefs convertibles qui se concrétisèrent avec le CL-84 (voir encadré «Précurseur sans successeur, le CL-84»). Le programme a été abandonné en 1974...

Si on ne choisit pas le modèle de Bell-Boeing pour le LHX, tout n'est pas perdu pour ce duo car il a été désigné pour mener l'étude préliminaire d'un appareil convertible (V-22 Osprey) pour la marine et les fusilliers marins américains, un

programme évalué à 25 milliards de dollars et qui porterait sur 600 exemplaires.

Les autres candidats, Hugues et Sikorsky, se veulent plus orthodoxes; le rotor principal continue d'assumer la plus grande partie de la sustentation. Ici, il convient d'ouvrir une parenthèse technique. Les pales du rotor produisent et contrôlent la portance. En vol stationnaire, la vitesse du rotor combinée au pas de ses pales poussent un flux d'air vers le bas, équilibrant proportionnellement le poids de l'hélicoptère. Mais dès que celui-ci doit se déplacer, il y a dissymétrie entre les pales avançantes et reculantes. Lorsque l'hélicoptère atteint une vitesse, disons de 400 kilomètres à l'heure, les extrémités des pales tournent à plus de 800 kilomètres à l'heure, approchant ainsi la vitesse du son. Cela exige des pales un effort insupportable.

Pour contourner ce problème, la Société Hugues Helicopters propose de dégager le rotor principal de sa fonction sustentatrice au fur et à mesure que la vitesse de l'hélicoptère augmente. Une petite voilure fixe, inefficace à basse vitesse, mais se comportant comme une aile d'avion dès que la vitesse devient importante, prend le relais.

De son côté, la société Sikorsky, le plus ancien constructeur d'hélicoptères aux États-Unis, reconnue pour la rapidité de ses appareils, présente son ABC (*Advanced Blade Concept*), dont le prototype XH-59A a établi un record de vitesse (487 kilomètres à l'heure pour un aéronef non équipé de voilure fixe. L'ABC annule les effets associés au phénomène de la dissymétrie de la portance en utilisant deux rotors coaxiaux contrarotatifs, c'est-à-dire tournant en sens inverse. De ce fait, la répartition des portances est parfaitement équilibrée sur les deux rotors. Outre sa vitesse

nettement supérieure à celle d'un hélicoptère classique, sa grande simplicité de construction est un atout précieux.

Le rotor de queue, qui sert à contrer l'effet de couple qui tend à faire tourner le fuselage à l'inverse du rotor principal, n'échappera pas aux transformations. Sur les appareils ABC et les convertibles, les rotors contrarotatifs éliminent *de facto* son utilisation.

Sur l'hélicoptère de Hugues, on a remplacé le rotor anti-couple par un procédé surnommé NOTAR (*No-Tail-Rotor*). Le principe consiste à remplacer l'effet du rotor arrière par celui d'une circulation d'air basse pression autour d'une poutre de queue creuse et cylindrique de la même manière qu'autour d'un profil d'aile, provoquant ainsi une force anti-couple.

Cependant, le rotor anti-couple équipera encore longtemps les hélicoptères bien qu'il soit la principale source de danger et de bruit, de perte sur le plan aérodynamique et qu'il exige beaucoup d'entretien. Mais on a commencé à lui imposer un carcan, une espèce de cerceau appelé fenestron (les hélicoptères fabriqués à Mirabel en seront dotés). Celui-ci rend visible ce rotor que la grande vitesse de rotation fait disparaître.

VERS L'HÉLICOPTÈRE UNIVERSEL

L'hélicoptère de demain émergera donc d'une pléiade de programmes technologiques de pointe. Atteindra-t-il finalement une véritable maturité? Les battements caractéristiques de ses pales se feront encore entendre, mais les passagers profiteront d'une randonnée confortable, presque sans vibrations. Le pilote aura une machine performante, rapide, économique. Les conditions météorologiques ne le cloueront plus indûment au sol. Pour l'opérateur, l'économie se fera également sentir au plan de l'entretien (vive les composites!) et le coût des assurances diminueront proportionnellement en fonction de l'amélioration de la sécurité. □

LE LONG VOYAGE DE RAMSÈS II

**Momifié voilà plus de 3 000 ans,
le célèbre pharaon
se porte mieux que jamais
grâce à la technologie moderne**

LOUISE DESAUTELS

Les amateurs d'histoires macabres sont déçus: à l'exposition *Ramsès II et son temps* qui se déroule actuellement à Montréal, nulle trace de la momie du célèbre pharaon! Et pour cause... Sa Majesté, âgée de quelque 3 000 ans, supporterait mal le voyage entre son Égypte natale et notre pays au climat humide.

Seule injure jamais faite à son tempérament casanier: en 1976, on a imposé à Ramsès II un séjour de quelques mois en France. Une équipe de spécialistes lui a alors fait subir une cure de rajeunissement, lui que des parasites menaçaient, après tant d'années de bonne forme. Examen médical aux allures d'autopsie, l'opération a permis non seulement de diagnostiquer ses petits bobos modernes mais aussi de voir sous les bandelettes les vestiges de ce corps humain vieux de plusieurs siècles et pourtant encore pourvu de chair, de peau, de cheveux, d'ongles.

Les informations alors recueillies tardent aujourd'hui à être rendues

publiques, probablement à cause du statut du patient: Ramsès II est un important symbole en Égypte... diplomatie oblige! Mais depuis dix ans, de nombreuses autres momies ont subi le même sort aux États-Unis, en Grande-Bretagne, en Amérique du Sud ainsi qu'à l'Academy of Medicine de Toronto. Toutes les ressources de l'investigation médicale y sont mises à contribution, depuis le simple rayon X jusqu'à la scannographie, en passant par le prélèvement de tissus pour leur culture en laboratoire. Constitution physique, conditions de vie, cause de la mort et même parfois lien de parenté avec d'autres momies, la somme des renseignements tirés nous offre une image toujours plus juste de l'Égypte des pharaons et des techniques de momification.

Grâce à cette nouvelle discipline nommée paléopathologie, on a, par exemple, établi qu'un Égyptien atteignait rarement l'âge de 35 ans, que l'artériosclérose constituait une ma-

ladie courante alors qu'on n'a décelé aucun cancer. Théodore A. Reyman, un pathologiste américain, rapportait dans la revue *La Recherche*, l'an dernier, sa tentative d'identifier divers métaux lourds dans les corps momifiés. Dans les poumons de l'un d'eux «de la silice s'était déposée, provoquant une silicose similaire à celle qui atteint les mineurs» mais en général, «la concentration en métaux lourds dans l'organisme est bien inférieure aux taux que l'on rencontre chez l'homme moderne.»





Sygma / C. Roubet



Musée de l'Homme / CL. J. Oster

D'autre part, en dépouillant la momie de ses bandelettes, on a pu mesurer toute l'étendue de la science que les embaumeurs avaient acquise au fil des siècles, par une longue suite de tentatives et d'erreurs. Leur éternelle ennemie: la décomposition du corps.

L'AU-DELÀ EN PREMIÈRE CLASSE...

Lorsque la mort frappe un organisme vivant, aussitôt s'amorce le processus

de sa putréfaction: les bactéries et les champignons, que plus aucun mécanisme de défense immunitaire ne combat, y prolifèrent. La momification cherche donc à empêcher l'emprise des micro-organismes en transformant le cadavre alléchant en milieu hostile. Pour ce faire, les embaumeurs égyptiens avaient recours à deux techniques qui rappellent nos principes de conservation alimentaire: la déshydratation du corps et son isolation de l'oxygène.

Grâce aux techniques modernes, Ramsès II a échappé à une «deuxième mort» que lui imposaient inexorablement les parasites.

Tel que décrit par Hérodote, l'historien grec du 5^e siècle avant Jésus-Christ, et confirmé par les travaux des égyptologues modernes, il existait en Égypte trois catégories de momification. La première était réservée aux fortunés (famille régnante, prêtres, hauts fonctionnaires)

et exigeait plus de deux mois de soins. Les viscères — sauf le cœur — étaient retirés, de même que le cerveau. Les cavités seront un peu plus tard comblées avec des herbes, des tampons imbibés de résine, de la sciure de bois. On nettoyait ensuite le corps avec des produits parfumés tels que la myrrhe, certainement toxiques pour les bactéries. Puis venait l'étape cruciale du «salage» (le sel employé est le natron) combiné au séchage par chaleur sèche. La peau était par la suite huilée et recouverte d'innombrables couches de bandelettes enduites de résine. La peau n'était alors pratiquement plus en contact avec l'oxygène porteur de micro-organismes et essentiel au développement de la plupart de ceux qui pourraient déjà s'y trouver. Les organes précédemment retirés sont soumis au même traitement avant d'aller rejoindre le corps.

Toutes ces étapes faisaient partie d'un rituel. Si notre esprit ne retient pour efficaces que ces moyens techniques, ils n'en constituent pas moins qu'une partie des recours. Manière de toucher au défunt, de le vêtir, de le maquiller, phrases destinées à le prémunir contre les pilleurs de tombe, chaque mouvement et chaque parole des embaumeurs visaient la conservation du corps qui leur avait été confié.

... OU EN SECONDE

Pour la «seconde classe», le procédé est simplifié et les produits employés, moins exotiques. Par exemple, la résine est parfois remplacée par du bitume, la myrrhe par du cumin. Enfin, pour les plus pauvres, on omet l'étape de l'éviscération; on sèche le corps en le baignant dans le sel, puis on pose les bandelettes. Entreposées dans des endroits secs, un grand nombre de ces momies ont tout de même résisté à la putréfaction.

Beaucoup d'animaux — oiseaux et chats — ont aussi bénéficié de cette véritable science de la conservation. On a retrouvé à Saqqarah un cimetière dont les interminables galeries souterraines comptent près de deux millions d'ibis, un grand échassier vénéré des Égyptiens.

Mais pourquoi vouloir à tout prix préserver ces corps inanimés? «Les Égyptiens avaient une approche très matérialiste de l'Au-delà, explique Michel Guay, égyptologue de l'UQAM. Pour eux, c'était la continuation, en mieux, de leur vie terrestre.» Ils avaient donc besoin de leur corps. Et d'une maison, de nourriture, de leur famille, etc. La présence physique de tous ces éléments autour de la momie était un moyen simple de garantir également leur présence dans l'Au-delà.

Pour éviter une deuxième mort que causerait la destruction du corps ou de ce dont il a besoin, on procédait aussi par ce que M. Guay nomme «la magie du mot et de l'image», c'est-à-dire une reconstitution de la vie terrestre par des textes, dessins et sculptures. Dans les tombes, on a trouvé en abondance ces descriptions de repas, ces statuettes à l'effigie des serviteurs côtoyant d'immenses murales ou statues représentant le mort... autant de documents inestimables aux yeux des historiens qui cherchent à reconstituer et à interpréter l'époque pharaonique, 2 000 ans après sa fin.

merçant new-yorkais vendait une telle poudre aux fins de sorcellerie pour 40\$ le 30 grammes...!

LA VIE SOUS LE RÈGNE DES PHARAONS

Pas de Ramsès II momifié à voir cet été à l'île Notre-Dame? Pas surprenant lorsqu'on sait que les quelques centaines de momies qui restent sont presque toutes à l'abri de l'humidité et des bactéries dans des chambres spécialement aménagées. Somme toute, l'exposition montréalaise n'y perd pas grand-chose: elle montre des objets moins fragiles mais tout aussi représentatifs de cette époque considérée comme l'apogée de la civilisation égyptienne. Selon M. Guay, «Ramsès II et son temps» offre une vision de l'Égypte un peu moins exotique que ce que l'on en connaît habituellement, soit les intrigantes pyramides et les dorures de Toutânkhamon. Un fil plombé et une équerre pour rappeler que les artisans des temples grandioses ne travaillaient pas sans instruments, un papyrus avec des scènes d'animaux, un buste de Ramsès, le couvercle de son



Musée de l'Homme / CL. J. Oster

Des champignons *Deadalea biennis* Fries, prélevés sur la momie. Pour l'en débarrasser, on a eu recours aux rayons gamma produits par du cobalt 60.

Toutefois, au cours des siècles, les momies ont connu de bien curieuses utilisations. «Au 11e et au 12e siècle, rapporte M. Guay, tout bon apothicaire européen avait son flacon de poudre de momie!» Le commerce de cette panacée était alors florissant et a entraîné la disparition de milliers de momies. Encore en 1979, un com-

sarcophage... en tout quelque 80 artefacts prêtés par le Musée du Caire et qui n'ont jamais foulé le sol de notre continent. Quoi qu'en dise M. Guay, l'exposition reste assez exotique lorsqu'on pense que ces objets côtoyaient, il y a quelques années à peine, leur propriétaire momifié dans son tombeau. □

L'EXCEPTIONNEL FJORD DU SAGUENAY



Mario Gagnon / UQAR

Le fjord du Saguenay, comme tous les fjords à travers le monde, a la particularité d'être une vallée glaciaire en forme de U surcreusée à l'embouchure, ce qui donne un cours d'eau à la fois très long, très profond et relativement étroit, comportant un seuil à son entrée. En fait, le fjord du Saguenay, le seul de cette envergure dans l'Est du Canada, s'étend sur une longueur de 100 kilomètres avec une profondeur de 275 mètres et une largeur variant entre un et quatre kilomètres.

Voilà pour le coup d'œil d'ensemble! Mais ses ressemblances avec les autres fjords s'arrêtent à peu près là. En effet, il s'en distingue nettement tant au plan physique que biologique. Alors que dans tous les autres fjords, le renouvellement des eaux est une question d'années, il est, dans le fjord du Saguenay, tellement rapide qu'un cycle de marées suffit. «C'est le seul fjord au monde qui comporte une telle particularité, à

ma connaissance», signale Mohammed El-Sabh, du département d'océanographie de l'Université du Québec à Rimouski. Un très fort débit d'eau douce de l'ordre de 1 500 mètres cubes par seconde, combiné à de forts courants amont aval et à de fortes marées accéléreraient le processus de renouvellement, empêchant les eaux de stagner.

Une autre particularité physique du fjord consiste en sa très forte sédimentation. Ainsi, plusieurs centimètres de sédiments s'y déposent chaque année. Ce processus est dû en particulier à la composition du sol, de l'argile sensible. Le fjord est donc très sensible à l'érosion. Tout le monde se rappelle la catastrophe de Saint-Jean-Vianney qui a versé d'un seul coup 140 000 mètres cubes de sol argileux dans le Saguenay. Et Saint-Jean-Vianney n'était pas une première. Les catastrophes de ce genre ne sont pas rares lorsqu'on remonte le cours de l'histoire, comme l'ont mis

en lumière les chercheurs de l'Institut d'océanographie de Bedford, en Nouvelle-Écosse.

Nos connaissances sur l'océanographie du fjord sont encore bien générales, précise M. El-Sabh, car on ne s'intéresse à comprendre ce qui s'y passe que depuis une quinzaine d'années environ. Il nous faut maintenant chercher à connaître plus en détail la dynamique du fjord, par exemple le rôle des marées dans le processus de stratification des eaux ou la relation entre les variations du vent sur les variations de courant.

Largement conditionné par ses particularités physiques et chimiques, le milieu biologique confirme la singularité du fjord du Saguenay. On sait que le «brassage» constant du milieu donne des eaux très bien oxygénées, ce qui favorise grandement la productivité aquatique du fjord. Autre particularité, les eaux du Saguenay se divisent en une nappe superficielle, chaude et peu salée, et

en une épaisse nappe profonde, froide et très salée, qui hébergent conséquemment deux faunes, l'une boréale dans la nappe superficielle et une faune arctique dans la nappe profonde. «Le fjord du Saguenay est en quelque sorte une enclave arctique dans une zone boréale», explique Raynald Côté, du département des sciences fondamentales de l'Université du Québec à Chicoutimi.

Des chercheurs de Chicoutimi ont par ailleurs observé, au cours d'études récentes, que la production primaire, c'est-à-dire la production de micro-organismes ou de micro-algues comme les diatomées, était faible dans le fjord. «Ce phénomène peut s'expliquer en partie par l'énorme quantité d'eau douce qui entre dans le fjord», note Raynald Côté. Par contre, la production de phytoplancton et de zooplancton, qui est à la base de la nourriture des poissons et crustacés, est satisfaisante.

L'impact de la pollution n'est pas négligeable sur la productivité aquatique du fjord, comme l'ont démontré, ces dernières années, plusieurs études. Le problème, c'est que les eaux douces de l'amont (lac Saint-Jean) traversent une région fortement industrialisée, où l'on trouve alumineries et papeteries. De ce fait, elles reçoivent de grandes quantités d'eaux usées qui sont chargées de substances toxiques, comme des ions métalliques, ou de la matière ligneuse dissoute contenant également des substances toxiques. Ces polluants affectent notamment l'activité photosynthétique du phytoplancton et, de façon générale, la productivité.

Le fjord est pollué: voilà le constat tragique fait par plusieurs chercheurs qui s'intéressent au fjord. On y signale la présence de plusieurs métaux plus ou moins toxiques, cadmium, zinc, plomb. Et que dire du mercure! La mise en marché de la crevette du Saguenay est interdite depuis 1971 à cause de teneurs anormalement élevées de mercure dans la partie comestible. Depuis la fermeture de l'usine polluante, en 1976,

on a observé une importante baisse de la concentration en mercure, mais les crevettes présentaient encore, en 1983, des teneurs en mercure supérieures à la normale. Il semble donc que ce soit l'habitat de la crevette qui soit contaminé. Les sédiments du fjord contenaient encore en 1983 des concentrations de mercure dix fois supérieures au niveau naturel. Il faut donc laisser à la sédimentation le temps de faire son œuvre...

On retrouve également des hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA) en grande quantité dans le fjord. Une étude sur les sédiments montre qu'il pénètre quatre à cinq fois plus de HPA par année dans le fjord qu'ailleurs. En fait, de 1930 (date de l'entrée en fonction de l'aluminerie d'Arvida) à 1976, le taux de HPA a monté en flèche. Jusqu'en 1976, l'Alcan rejetait directement dans le fjord les eaux de lavage des cuves. Or, c'est précisément dans ces cuves qu'on retrouve des taux de HPA particulièrement élevés. L'entreprise a évalué entre 100 et 200 tonnes la quantité de HPA rejetée par année, selon cette méthode. On en retrouve en fait à peine un pour cent dans les sédiments, le reste étant possiblement retenu par le sol.

Depuis 1976, l'Alcan rejette ses HPA dans l'air. Louis Martel, de l'UQAC, souligne que pour la période de 1978 à 1982, les concentrations dans les sédiments du fjord restaient encore plus importantes qu'ailleurs. «Il se pourrait bien qu'une bonne partie de ces HPA soit sortie du fjord et se retrouve maintenant dans le Saint-Laurent», suggère-t-il. On observait, en 1983, une concentration 4,5 fois plus élevée en HPA dans l'air d'Arvida que dans le centre-ville de Paris...

En somme, le fjord du Saguenay, un milieu exceptionnel sur plusieurs plans, semble condamné à supporter une bonne partie de la rançon de l'industrialisation de cette région et ainsi à voir son écosystème durement mis à l'épreuve.

Ginette Beaulieu

LE STÉRILET CAUSERAIT L'INFERTILITÉ

(D'après *New England Journal of Medicine*)

Les jeunes femmes qui n'ont jamais eu d'enfants et qui désirent en avoir plus tard ne devraient pas utiliser le stérilet comme méthode contraceptive. C'est du moins ce que suggèrent deux études rendues publiques dernièrement aux États-Unis. L'infertilité serait causée par une infection pelvienne qui obstrue les trompes de Fallope empêchant ainsi l'ovule d'atteindre l'utérus. C'est la première fois que des études américaines relient directement ce dispositif intra-utérin avec l'infertilité malgré que des études précédentes aient suggéré une relation causale. Les études ont démontré que les différents types de dispositifs intra-utérins augmentent de deux à sept fois les risques d'infertilité. (G. D.)

DANGER: HÔPITAL

(D'après *Science Digest*) Dans les hôpitaux américains, cinq pour cent des patients attrapent une infection qu'ils n'avaient pas avant leur admission. Ces maladies ont pour effet de



doubler le temps de séjour à l'hôpital et, selon certaines estimations, causeraient la mort de 50 000 Américains par année, soit la sixième cause de mortalité aux États-Unis. La plupart de ces infections apparaissent dans les centres hospitaliers universitaires et municipaux qui doivent traiter les cas de maladies les plus graves. (G. D.)

S.O.S. CHERCHEURS

Gordon MacNabb s'inquiète de l'avenir immédiat de la recherche et du développement dans certains secteurs au Canada. Le président du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie, un organisme chargé d'accorder des subventions de recherche aux professeurs et des bourses aux étudiants de maîtrise et de doctorat, rendait publics récemment les résultats d'une étude sur les besoins en main-d'œuvre spécialisée en vue d'accroître la recherche et le développement d'ici les cinq prochaines années.

Selon le rapport, les efforts du gouvernement fédéral visant à stimuler la relance économique grâce à la R & D dans le domaine des sciences naturelles et du génie seront freinés par une pénurie de spécialistes. D'une part, nos universités n'augmenteront fort probablement pas le nombre de diplômés d'études supérieures d'une manière suffisante. Et, d'autre part, il est presque impossible de songer à importer des compétences dans les domaines en forte demande comme l'informatique et la biotechnologie puisqu'il y a déjà pénurie mondiale de spécialistes.

Une solution envisagée? Augmenter la productivité des chercheurs actuels en favorisant, entre autres, des carrières à long terme. Toutefois, de souligner M. MacNabb, si le Canada veut demeurer compétitif au niveau international au cours de la prochaine décennie, il devra posséder un bassin suffisant de chercheurs et, par conséquent, il aura à augmenter son engagement à long terme envers la recherche et envers la formation de chercheurs dans nos universités.

Un avis qui tombe au moment où le ministre fédéral de la Science Tom Siddon reconnaît qu'il aura du mal à augmenter de façon significative ses budgets, contrairement aux promesses électorales de son parti.

(É.-L. B.)

L'outil de gestion de la PME

En plus de vous offrir des calculatrices de marque réputée **HEWLETT-PACKARD, COOPOLY** vous ouvre maintenant les portes de l'informatique personnelle.



Hewlett-Packard 150.



ThinkJet



LaserJet

Nous avons la gamme complète des produits Hewlett-Packard. Imprimantes, telles que la **LaserJet**, **ThinkJet**, tables traçantes de haute qualité et des logiciels pour vous aider dans l'administration de votre entreprise.

Contactez-nous ou venez nous voir!

coopoly
COOPÉRATIVE ÉTUDIANTE DE POLYTECHNIQUE

5000 ouest, rue Jean-Talon
Suite 120
Montréal
H4P 1W9 Tél.: (514) 340-4433



ORDINATEURS
PERSONNEL

CONCESSIONNAIRE

HERBICIDE DISCRIMINATOIRE

(D'après Science News) Une équipe de la compagnie Calgene vient de réussir l'introduction d'un gène bactérien dans des plants de tabac qui permettent à ceux-ci de mieux résister aux effets d'un herbicide courant, le glyphosate.

Jusqu'ici, l'emploi de cet herbicide était délicat puisqu'il pouvait

causer de sérieux dommages aux plants de tabac. Le procédé serait commercialisable immédiatement pour le tabac tandis que la compagnie a déjà réussi l'introduction du gène en laboratoire chez des plants de soya et de tomates. Les chercheurs travaillent présentement sur le maïs.

(G. D.)

Vous l'avez peut-être aperçue dans les journaux. Elle s'appelle Lindsay Eberhardt. L'an dernier, à l'âge de deux ans, cette fillette de Toronto a tourné des commerciaux télévisés, assise sur les genoux du Lieutenant-gouverneur de l'Ontario, John Aird, et sur ceux du capitaine des Maple Leaf, Rick Vaive. Une enfant précoce? Au contraire. Lindsay souffre d'atrésie des voies biliaires, une maladie du foie rare et dégénérative, qui atteint un enfant sur 25 000. Sans la greffe du foie, comme celle qu'a récemment subie la fillette après une pénible attente d'un an, c'est la mort à coup sûr.

On connaît encore mal les causes de cette étrange maladie. Certains modèles expérimentaux — comme celui développé par l'immunologiste Gary Levy de l'hôpital Sunnybrook de Toronto — suggèrent que l'atrésie surviendrait peu de temps après la naissance. Les voies biliaires seraient attaquées par un virus. On croit aussi qu'une déficience du système immunitaire pourrait être impliquée dans la maladie.

En revanche, on sait qu'en raison du blocage des voies biliaires, la bile n'est pas acheminée jusqu'aux intestins, mais plutôt refoulée vers le foie où elle s'accumule. Le durcissement du foie est progressif. Il s'accompagne de saignements internes et de ce teint jaune verdâtre, caractéristique des enfants souffrant de cette maladie.

Le foie est un organe tellement complexe qu'on n'a pas encore réussi sa mise au point artificielle. À lui seul, il accomplit plusieurs tâches vitales à notre survie: il purifie le sang des substances étrangères, aide à combattre l'infection, contrôle la coagulation sanguine, régularise le taux de cholestérol et produit des protéines. Si cette «usine chimique» fonctionne mal, la greffe du foie est évidemment la solution. Mais la rareté des dons d'organes en général jointe aux caprices de ce type de transplantation entraînent des délais fatals. En fait, l'atrésie des voies

LE MARATHON DE LINDSAY



Canada Wide

bilaires est généralement mortelle avant l'âge de deux ans et 25 pour cent des enfants meurent en attente de la greffe. À la Fondation canadienne des maladies du foie, on estime que 125 enfants souffrent d'atrésie des voies biliaires. Il en meurt une quarantaine chaque année.

«Contrairement à la greffe du rein, explique le docteur Levy, la taille du foie est ici très importante. On ne peut transplanter un foie adulte pesant 1 500 grammes chez un enfant de deux ans!» La conservation de l'organe pose aussi des maux de tête aux scientifiques: si le rein reste en bon état près de 72 heures après avoir été prélevé, le foie, en revanche, ne se conserve guère plus de... six heures.

Les parents de Lindsay en savent quelque chose. Pendant un an et demi, Jim, 22 ans, et Christine Eberhardt, 20 ans, ont vécu littéralement

suspendus au «beep» d'un récepteur portatif qu'ils traînaient sur eux, jour et nuit. À la maison, leur valise est restée bouclée, prête à les suivre en tout temps. Le récepteur a sonné à deux reprises... pour leur annoncer chaque fois qu'un organe était disponible pour la transplantation, mais incompatible avec le groupe sanguin de leur fillette.

Lorsque l'atrésie des voies biliaires est diagnostiquée, les médecins peuvent tenter une opération nommée le «kasai». En 1958, le chirurgien japonais Moriro Kasai mit au point cette technique qui implique le drainage de la bile du foie et le raccord des voies biliaires obstruées à une partie de l'intestin. Cette chirurgie, qui réussit chez 25 pour cent des enfants, avait échoué dans le cas de Lindsay Eberhardt, alors âgée de six mois. La greffe du foie devient alors l'ultime recours, lorsque tout le reste a échoué.

La greffe en soi relève de l'acrobatie chirurgicale: une petite équipe de médecins effectue la transplantation d'un rein ou d'un cœur en moins de six heures; le foie, en plus d'être coincé sous la cage thoracique, se compose d'un réseau incroyable d'artères et de veines qu'il faut patiemment sectionner et raccorder ensuite au nouvel organe. Dans pareil cas, une équipe de 60 médecins, infirmières et techniciens n'est pas de trop. Pour Lindsay Eberhardt, l'opération-marathon a duré 12 heures et demie.

Dès son arrivée en salle d'opération, les médecins ont mis en fonction une trouvaille récente: une pompe qui, par pontage, dévie la circulation sanguine et permet en quelque sorte «d'isoler» le foie malade pour le retirer. Sans cette pompe, l'épanchement sanguin important risquerait de causer des dégâts irréparables aux reins et aux intestins. Puis, les spécialistes sont passés à l'étape cruciale de la greffe du foie chez un bébé: raccorder au nouvel organe des veinules et artères quasi microscopiques, un travail de moine.

En cours de greffe, l'équipe médicale a mis hors circuit le système immunitaire de Lindsay par injection de cyclosporine. Il le fallait. La cyclosporine, découverte par hasard dans les années 70, bloque le système immunitaire afin d'éviter que l'organisme ne repère et ne rejette le nouveau foie. Son usage a haussé le taux de survie à 75 pour cent après un an, et permet aussi de réduire la dose habituelle de prednisone, un médicament associé à des effets secondaires néfastes.

Récemment, un groupe de parents ontariens dont les enfants souffrent de maladies du foie ont fondé CHILD. Le regroupement a attiré l'attention sur l'atrésie des voies biliaires, qui fait l'objet de peu de recherches en raison du faible nombre de cas cliniques. À preuve, l'Hôpital pour enfants malades de Toronto, qui dessert 2,5 millions d'habitants dans la Ville Reine, ne compte que sept patients. Certains reçoivent une sen-

tence de mort automatique. «Les médecins ont diagnostiqué que ma fille avait le foie d'un ivrogne de 90 ans!» explique la mère d'une fillette de six mois. L'atrésie ne recueille tout au plus que 45 000\$ sur le budget d'un demi-million de dollars de la fondation, dont la part du lion va à la cirrhose du foie.

Or, c'est justement cette association étroite entre les maladies du foie et l'alcool que les parents d'enfants souffrant d'atrésie veulent briser avec «CHILD». «À plusieurs reprises, raconte Christine Eberhardt, les gens m'ont abordée sur la rue en disant: Vous devez être une mère bien ingrate pour avoir bu ainsi pendant votre grossesse!»

En raison de leur complexité, les greffes du foie chez les enfants n'ont pas lieu au Canada. Lindsay Eberhardt figurait sur la liste d'attente des hôpitaux de Memphis, Minneapolis, Boston et Pittsburg. C'est finalement à Boston qu'elle reçut un nouvel organe. Mais cette situation, coûteuse et traumatisante pour le patient et sa famille, est en train de changer...

Au Québec, les hôpitaux Saint-Luc et Sainte-Justine sont sur le point de mettre en place un projet conjoint de greffe du foie pour enfants, tandis que l'Hôpital de Montréal pour enfants pourrait effectuer des greffes dès cet été, s'il obtient l'accord du MAS. À l'Hôpital pour enfants malades de Toronto, on travaille depuis deux ans sur un projet de greffe du foie, qui pourrait opérer six enfants la première année. Enfin, à Halifax, l'unité devrait être en place en juin.

Après avoir connu la disette, les unités de transplantation de foie pour enfants ont pris le pari de rattraper le temps perdu. Et le marathon pour la vie entrepris par Lindsay Eberhardt a peut-être quelque chose à y voir... «La greffe du foie reste un enjeu de vie ou de mort qui passionne l'opinion publique», fait valoir Douglas Kincaid, de la Fondation canadienne des maladies du foie.

Claude Forand

L'OBÉSITÉ: UNE MALADIE

(D'après Science) Une Commission organisée par les *National Institutes of Health* pour faire le point sur les implications d'un excès de poids sur la santé en est venue à la conclusion que l'obésité représentait un danger réel. Les obèses seraient plus enclins à souffrir de maladies comme l'hypertension, le diabète, les maladies cardiaques, le cancer, pour n'en nommer que quelques-unes. La Commission a fait cette constatation sur la foi d'une pléthore de rapports souvent contradictoires. Par exemple, les spécialistes ne s'entendent toujours pas sur le poids idéal et les relations



Jean-Guy Lebel

entre l'obésité, et les maladies coronariennes ne sont pas évidentes. Cependant, la Commission a souligné que certains sous-groupes d'obèses pourraient être plus exposés à des complications. Par exemple, ceux qui ont tendance à accumuler leur graisse au niveau de l'abdomen plutôt que sur les hanches; les cellules graisseuses auraient un comportement différent selon l'endroit où elles se trouvent.

(G. D.)

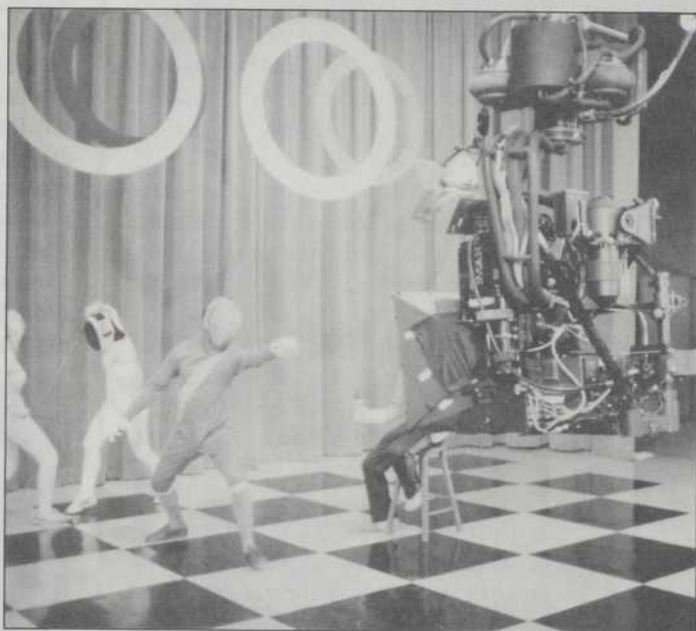
En entrant dans le grand studio de l'Office national du film, ce matin-là, j'étais presque ému. J'allais assister au tournage du premier film Imax en trois dimensions jamais réalisé. Le producteur et réalisateur Colin Low, quoique fort sollicité par une importante équipe de spécialistes, allait tout de même prendre le temps de me révéler les secrets de cette impressionnante nouveauté.

Colin Low était déjà un cinéaste chevronné quand furent tentés les premiers essais de cette technique, à l'ONF, il y a 15 ans. Depuis, une cinquantaine de cinémas Imax et Omnimax (écran Imax hémisphérique) sont apparus un peu partout dans le monde. Vu le grand déploiement des installations requises pour la projection en système Imax, le format a été utilisé surtout par les musées et les planétariums, ainsi que dans les expositions universelles. Le film actuellement en tournage à l'ONF, qui raconte le développement des transports et des communications au pays, est destiné à l'Expo 86 de Vancouver. Il sera alors présenté sur un immense écran de 15 mètres sur 22 mètres installé dans un théâtre attenant au pavillon du Canada.

Essentiellement, la technologie canadienne Imax permet la projection sur un écran de très grandes dimensions, sans perte de qualité, parce qu'elle utilise une grande surface de film. Les proportions gigantesques, les niveaux de stabilité et de définition de l'image Imax en font déjà une attraction. Mais en ajoutant à ces caractéristiques la troisième dimension, l'équipe de l'ONF est en train de préparer aux visiteurs d'Expo 86 un événement cinématographique encore sans égal dans le monde entier.

Le format Imax fut initialement mis au point par Roman Kroitor, d'abord à l'emploi de l'ONF puis associé à la firme Imax Systems Corporation.

IMAX: CINÉMA AU MAXIMUM



Le bloc-caméra pour le relief Imax permet de créer des effets tridimensionnels incomparables.

L'appareil de prise de vues de la Imax Corporation, contrairement aux caméras conventionnelles, est construit de façon à imprimer les images sur la pellicule selon une orientation horizontale, comme dans un appareil de photographie 35 mm. De surcroît, le système utilise de la pellicule 70 mm. On se retrouve donc avec une surface d'image trois fois plus grande qu'en film 70 mm normal et dix fois plus grande qu'en 35 mm.

Quant au projecteur de Kroitor, il se distingue par un dispositif très ingénieux, où les griffes d'entraînement de la pellicule sont remplacées par la formation intermittente d'une boucle, qui autorise la grande vitesse de défilement nécessaire à la projection des 24 images par seconde. En effet, à cause de la longueur de chaque image, on doit faire dérouler environ 180 cm de film Imax par

seconde, comparativement à quelque 30 cm par seconde dans le format le plus courant projeté en salle. De plus, l'entraînement en souplesse propre à Imax assure à un film une espérance de vie de 3 000 projections au lieu de 300. Enfin, l'image obtenue sur écran grâce à ce système de déroulement horizontal est d'une stabilité incomparable.

On sait que le cinéma à trois dimensions, aussi appelé cinéma stéréoscopique, peut être comparé à la stéréophonie (voir « Cinéscience » sur le cinéma 3D, *Québec Science*, juillet 83). Aussi, Colin Low aime bien se servir de la comparaison pour expliquer ce qui ne va pas habituellement avec le cinéma en relief. Pour lui, les projections tridimensionnelles auxquelles on nous a habitués font penser à quelqu'un qui essaierait de recréer la stéréophonie avec deux vieux gramophones. Par contre,

la qualité Imax constituerait la haute-fidélité requise pour recréer une illusion de perspective valable.

Après des recherches expérimentales menées par l'ONF et Imax Systems Corporation, l'Office et Istec Limited de Toronto ont construit le bloc-caméra pour le relief Imax. En tout, cinq mois de travail. L'appareil comprend deux caméras Imax couplées à l'aide d'un miroir semi-réfléchissant. La structure est motorisée, munie de télécommandes et d'un viseur vidéo. Pour garantir la parfaite stabilité du système, le tout est monté sur un gyroscope et isolé par des coussins à air comprimé. Un véritable monstre. Lors d'un tournage au lac Meach, dans le parc de la Gatineau, il a fallu l'installer sur un ponton lui-même soutenu par quatre canots de cinq mètres!

Cet été, l'équipe parcourra le Canada. Le montage du film aura lieu au cours de l'hiver et, en mars prochain, c'est 20 minutes de pur émerveillement qui seront livrées à Expo 86.

INSERT...

Le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) offre en distribution une de ses productions récentes sur des paysans d'Amérique latine et sur leurs rapports difficiles avec les nouvelles technologies. Le film PAS À PAS décrit la situation critique des *Campesinos*: des Indiens, Métis ou descendants d'esclaves africains dont les cultures variées ne peuvent concurrencer la monoculture à grande échelle.

Le film de 29 minutes a été tourné au Chili, en Colombie, en Équateur, au Paraguay et au Pérou. Des copies en 16 mm et en divers signaux et formats vidéo peuvent être empruntées ou achetées, à la Division des communications du CRDI, à Ottawa.

GRENOUILLES CONGELÉES

Ah! si nous étions aussi bien faits que les batraciens! Nous aurions de bien meilleurs moyens de lutter contre le froid. Kenneth et Janet Storey, de l'université Carleton à Ottawa, viennent en effet de découvrir que quatre espèces de grenouilles avaient la capacité de se congeler lorsque la température environnante devenait vraiment trop basse à leur goût. Ce sont les seuls vertébrés à pouvoir faire cela; les autres meurent lorsque la glace envahit leurs cellules. À part les organes internes, dont la communication avec les autres tissus est coupée, les grenouilles deviennent «gelées raides», le corps dur comme de la glace et les yeux opaques.

Si les chercheurs de l'université Carleton arrivent à nous donner le «truc» des grenouilles, nous prendrons peut-être bientôt des congés de congélation...

LE CASQUE PENSANT

Si vous trouvez quelquefois que votre cerveau ne fonctionne pas vite, vous pouvez peut-être essayer la nouvelle trouvaille du chercheur californien Peter Hancock. Il a mis au point un casque qui augmente graduellement la température du crâne de 1 °C. Cela améliore nettement la performance mentale, affirme-t-il, après avoir soumis 50 personnes d'âges différents à une série de tests, avec ou sans casque chauffant. Passez vos commandes pour l'hiver prochain!



PAS DES 100 WATTS!

Le cerveau humain, avec ses dix milliards de cellules nerveuses, peut enregistrer jusqu'à 86 millions de bits d'information par jour! Malgré cela, si l'on convertissait en énergie le métabolisme du cerveau, on obtiendrait à peu près l'équivalent d'une ampoule de 20 watts. Pas très brillant! Par contre, un couple qui se livre à une activité sexuelle intense pendant dix minutes dégage une énergie de trois kilowatts, qui suffirait à faire marcher tout l'équipement ménager de la maison, y compris les lumières, l'appareil stéréo et le réfrigérateur, pendant ces dix minutes...

P.S. — Ces données n'ont pas été vérifiées par l'auteur; elles sont tirées de l'almanach du corps (*The Body Almanach*), que vient de publier Neil McNeer.

ACACIAS ET FOURMIS, QUEL CONCERT!

Sur un des hauts plateaux du nord de la Tanzanie, les fourmis sont non seulement musiciennes, mais elles fabriquent en plus leur instrument de musique. Ces fourmis ont colonisé des milliers d'acacias nains épineux. Elles déposent à la base des épines un acide qui provoque une excroissance en forme de boule creuse, percée d'un trou. Les arbustes en sont couverts. Quand le vent souffle sur le plateau, ces boules jouent le rôle de caisses de résonance, et les acacias se mettent à chanter, ce qui leur a valu le nom d'«épines siffleuses». Quand ça siffle trop fort, les fourmis, qui élisent domicile dans ces excroissances, se bouchent les oreilles.

DIRECT AU CIEL

Voulez-vous tourner pendant 63 millions d'années autour de la Terre, à plus de 3 000 kilomètres d'altitude? Ce sera peut-être possible lorsque vous serez mort et que la compagnie Space Services Inc., de Houston, aura obtenu son permis. Cette entreprise privée se prépare à lancer le premier service funéraire de l'espace, en envoyant sur orbite une capsule spatiale qui contiendra les cendres des disparus. Mais il faudra auparavant être incinéré selon une nouvelle méthode mise au point par les initiateurs du projet. Le coût des funérailles? De 2 500 \$ à 3 500 \$. En prime, la capsule sera dotée d'un revêtement spécial très réfléchissant qui permettra de la voir de la Terre. Mais où mettra-t-on les chrysanthèmes?

UN VOLCAN AU SALON

Les jours où la vie vous semble terne, où vous manquez d'activité, pourquoi ne pas vous offrir une petite éruption volcanique dans votre salon? Le géologue Kenneth Wohletz et le spécialiste des explosifs Robert McQueen pourront vous dire comment vous y prendre. Ils provoquent tous les jours, dans leur laboratoire de Los Alamos, des éruptions semblables à celles du mont Saint Helen et du Kilauea. Mais ce n'est pas pour se distraire. Les données qu'ils recueillent au cours de leurs expériences serviront à déterminer les sites qui conviennent le mieux aux explorations d'énergie géothermique.



MOIS PROCHAIN

DIRIGEABLES

Les ballons dirigeables: ils sont de retour, à la faveur de la crise énergétique. Un dossier de Richard Beaudet.

JARDINS ZOOLOGIQUES

Louise Desautels nous entraîne visiter les jardins zoologiques du Québec. Musées-prisons ou bien laboratoires d'une pédagogie nouvelle? Un reportage à ne pas manquer.

PSYCHIATRIE

Un psychiatre hors de l'ordinaire: chercheur, communicateur passionné, Yves Lamontagne n'a pas sa langue dans sa poche. Ginette Beaulieu l'a rencontré pour nous.

BALEINES

Richard Sears, chercheur réputé, spécialiste des cétacés, nous présente ses travaux sur les baleines à bosse fréquentant les eaux du Québec. Un texte et des photos remarquables.



VOUS DÉMÉNAGEZ?

Collez, dans l'espace disponible, l'étiquette qui se trouve sur la page couverture de votre magazine

Indiquez votre nouvelle adresse sur le coupon d'abonnement à droite

Date du changement d'adresse

Collez l'étiquette ici

ABONNEZ-VOUS!

CHEZ VOTRE LIBRAIRE PARTICIPANT
OU EN NOUS FAISANT PARVENIR CE COUPON D'ABONNEMENT

Au Canada:	☐ Abonnement régulier (1 an/12 numéros):	25 \$
	☐ Abonnement spécial (2 ans/24 numéros):	44 \$
À l'étranger:	☐ Abonnement régulier (1 an/12 numéros):	35 \$
	☐ Abonnement spécial (2 ans/24 numéros):	61 \$
En France:	☐ Abonnement régulier (1 an/12 numéros):	225 FF t.c.
	☐ Abonnement spécial (2 ans/24 numéros):	385 FF t.c.

☐ Abonnement ☐ Réabonnement ☐ Changement d'adresse

31	NOM	60
61	PRÉNOM	80
9	NUMÉRO	RUE
29	VILLE	PROVINCE
49		68
		69
		74
		74

☐ Chèque ☐ Compte ☐ Visa ☐ Mastercard n° _____

☐ Mandat postal Date d'expiration _____

Signature _____

Faites votre chèque à l'ordre de:

QUÉBEC SCIENCE, case postale 250, Sillery, Québec G1T 2R1

Pour informations: de Québec: 657-3551, poste 2854, de l'extérieur sans frais: 1-800-463-4799

Pour la France, faites votre chèque à l'ordre de: DAWSON FRANCE, B.P. 40, 91121, Palaiseau, Cedex

Tarifs en vigueur jusqu'au 1er juin 1986

Hydro-Québec pense à votre sécurité

pensez-y vous aussi...

...en bricolant

- **Utilisation d'une échelle :** si elle entre en contact avec un conducteur, votre échelle est mise sous tension. Si vous la touchez, vous pouvez subir un choc électrique grave.
- **Élagage des arbres :** attention aux arbres qui se trouvent près des lignes électriques ! Ils sont pleins de sève et conduisent bien l'électricité. Faites appel à des spécialistes pour abattre un arbre ou couper des branches.
- **Installation d'une antenne et travaux sur une toiture ou une corniche :** en manipulant une antenne ou un outil près d'un conducteur, vous risquez de faire un faux mouvement ; souvent, c'est le choc électrique.
- **Utilisation d'outils électriques :** vérifiez si vos outils portent le sceau de l'ACNOR (CSA)... et s'ils sont en bon état !
- **Nettoyage d'une piscine :** rappelez-vous le principe eau + électricité = danger.

...au jeu

- **Cerfs-volants et avions miniatures :** dès que la ficelle entre en contact avec un conducteur, le courant peut se frayer un chemin vers le sol. La personne qui tient la ficelle risque le choc électrique.
- **Pylônes et poteaux :** accès interdit !

...dans les sports

- **Parachutes et deltaplanes :** les amateurs doivent s'assurer, avant de partir, qu'il

n'y a pas d'installations électriques sur le parcours projeté.

- **Natation et sports nautiques dans les réservoirs :** il ne faut pas trop s'approcher des barrages et des centrales. En effet, lorsque les vannes du barrage sont ouvertes, l'eau s'engouffre dans les conduites avec une force considérable. Les remous et les courants peuvent entraîner une personne comme un fétu de paille. Obéissez aux signaux avertisseurs !



- **Voile :** le mât du voilier ne doit pas accrocher les lignes électriques au passage. Toujours démâter quand on passe sous une ligne, pendant le transport ou sur l'eau.

Pour obtenir gratuitement la brochure **Prudent sur toute la ligne**, écrivez à l'adresse suivante:

Centre de diffusion (publications)
Hydro-Québec
75, boul. Dorchester ouest
14^e étage
Montréal H2Z 1A4



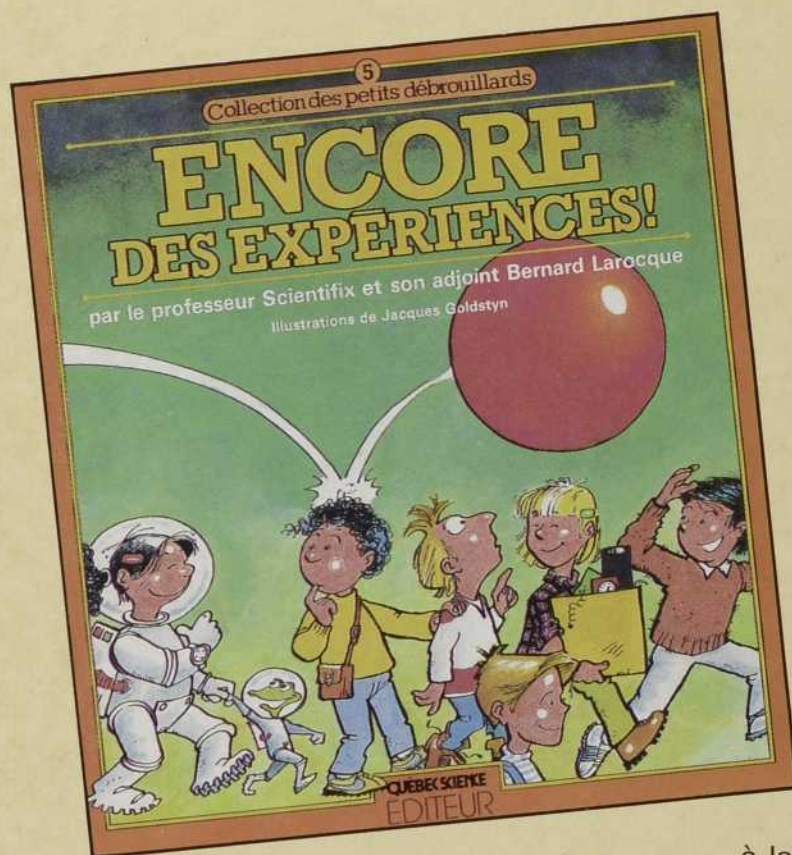
de l'énergie
et du cœur

L'électrification

*Une nouvelle parution
dans*

LA COLLECTION DES PETITS DÉBROUILLARDS

Après le succès foudroyant des autres titres de cette collection,
nous vous offrons :



Encore des expériences!
par le professeur *Scientifex*
et son adjoint Bernard Larocque
120 pages
ISBN 2-920073-35-4
12,95 \$



Ce nouveau recueil d'expériences,
à la fois instructif et amusant, s'ajoute
aux déjà célèbres PETIT DÉBROUILLARD et 66 NOUVELLES EXPÉRIENCES POUR
LES PETITS DÉBROUILLARDS, aux VOYAGES FANTASTIQUES DE GLOBULO qui
nous entraînent dans un merveilleux voyage à l'intérieur du corps humain
et à JARDINEZ AVEC LE PROFESSEUR SCIENTIFEX où les sympathiques petits personnages
créés par Jacques Goldstyn nous initient à la culture et à l'étude du monde végétal.

Le petit débrouillard
par le professeur *Scientifex*
128 pages
ISBN 2-920073-18-4
11,95 \$

**66 nouvelles expériences
pour LES PETITS
DÉBROUILLARDS**
par le professeur *Scientifex*
144 pages
ISBN 2-920073-29-X
12,95 \$

**Jardinez avec
le professeur Scientifex**
par Huguette Beauchamp-
Richards et Robert Richards
148 pages
ISBN 2-920073-24-9
12,95 \$

**Les voyages fantas-
tiques de GLOBULO**
par Jacques Beaulieu
104 pages
ISBN 2-920073-23-0
12,95 \$

Ces livres sont disponibles dans les LIBRAIRIES. Pour les régions non desservies, commander à :
Québec Science Éditeur, C.P. 250, Sillery, Québec G1T 2R1 Tél. : 657-3551, poste 2860
Joindre votre paiement en incluant 1,75\$ pour les frais d'expédition