

Québec

Les anti-Nobel

Volume 32, numéro 2
octobre 1993, 3,45\$

Science

La cause des
bidonvilles

Les premiers
neurones
électroniques

La guerre
aux *bugs*

Pour ou contre la chasse?

Ne tirez pas
sur le chasseur

101-01977 QTE 102
BUREAU DEPOSE NATIONAL G
1700 ST DENIS LEGAL
MONTREAL H2X 3K6
QUEBEC



Économisez 1 000 000 \$



Conseil national de recherches Canada

**sur l'aménagement
d'installations de R et D
de pointe.**

Calcul arbitraire de ce qu'il en
coûterait s'il fallait reproduire
les installations existantes.
Le présent coupon n'a pas de
valeur monétaire. Le CNRC est
le principal organisme de
R et D du Canada.



Faut-il promouvoir nos capacités de R et D en nous limitant strictement à l'aspect économique?

L'IDÉE A DU MÉRITE. D'autant plus que le Conseil national de recherches du Canada dispose d'installations incomparables. Vous doter des mêmes moyens impliquerait un investissement prohibitif. Cependant, la plus grande contribution du CNRC à votre entreprise pourrait être de lui apporter ses connaissances et sa vision.

Nous comptons dans nos rangs quelques-uns des plus grands cerveaux du monde. Ils œuvrent à l'avant-garde des secteurs-clés de la croissance économique comme la biotechnologie, les matériaux de pointe et la technologie de production.

Nous tissons des liens étroits entre les entreprises et les industries de tout le Canada dans le but d'élaborer et de transférer des

technologies innovatrices. En utilisant nos ressources – et bien sûr nos installations – votre budget en recherche et développement bénéficiera d'un effet de levier. Par ailleurs, vous réduirez vos risques et vos coûts et vous serez mieux équipé pour affronter la concurrence internationale.

Si vous croyez qu'il est difficile d'avoir accès à un réseau scientifique et technique national, détrompez-vous.

Il vous suffit d'appeler le (613) 990-9546 ou de communiquer avec nous par télécopieur au (613) 952-4569 pour explorer les possibilités qui s'offrent à vous.

CNRC-NRC

Canada



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

La santé-sécurité des travailleurs, un objet de science

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers et des risques professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

L'IRSST effectue, commande et subventionne des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.



IRSST

Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec



Qualité partielle

Laissez-moi vous raconter une histoire. Il était une fois un technicien qui travaillait à l'entretien des moteurs des navettes spatiales. Un jour, il y coince sa pince. Malgré ses efforts, il ne réussit pas à la déloger. Problème.

Récupérer l'outil causerait un retard sur l'horaire de travail. Le grand patron piquerait assurément une colère, et notre homme aurait une très mauvaise note à son dossier. Prudent, il décide de laisser sa pince en place. Sans en avertir personne.

La navette a donc décollé avec l'outil en son sein. Par chance, il n'y a pas eu d'accident. On a découvert la pince en avril dernier, lors des préparatifs d'un deuxième vol. La NASA a ainsi constaté que ses techniciens avaient peur de rapporter leurs erreurs. Fin de l'histoire.

Vous avez sûrement déjà entendu parler de qualité totale. Si oui, vous êtes probablement allergique à ce concept somnifère, à ce ramassis de bla-bla-bla pour entrepreneurs boy-scouts. Parler de qualité totale est en effet une très bonne façon de perdre son auditoire. Continuez à lire, même si je vais effectivement vous en parler.

Dans les années 70, les gestionnaires amassaient des profits pour leurs actionnaires en produisant de plus en plus vite, à des coûts de plus en plus bas. La qualité laissait parfois à désirer. Les marchés sont ensuite devenus mondiaux, la recette n'a plus fonctionné. Les capitalistes occidentaux ont donc réclamé une déréglementation des marchés, ils ont essayé la diversification tous azimuts, ils se sont rabattus sur la rationalisation.

Aujourd'hui, la nouvelle solution s'appelle « qualité totale ». Plusieurs y voient une révolution, une nouvelle façon de faire des affaires. Dorénavant, à chaque étape de la production, le travail devra être bien fait dès la première fois. L'entreprise devra aussi vérifier si le travail est effectivement bien fait. La qualité totale, c'est une prévention systématique des erreurs.

La déréglementation, la diversification et la rationalisation étaient de bonnes idées. Mais elles ont souvent été appliquées aveuglément, comme des recettes, sans d'abord les adapter à chacune des entreprises, des organisations. Ces idées sont finalement devenues des modes. La qualité totale subira peut-être le même sort.

Les promoteurs de la qualité totale ont en effet la foi des pèlerins. Leurs idées sont généreuses, leurs solutions sont universelles, ils ont découvert la panacée. Mais la recette n'est pas miraculeuse. Les obstacles à la qualité totale sont nombreux. Parmi toutes les entreprises, toutes les organisations de la planète, la NASA est probablement celle qui investit le plus dans la qualité totale. Mais avec ses techniciens, elle a oublié un détail : le facteur humain.

Étienne Denis

Pour en savoir plus sur la qualité totale, lisez l'excellent article d'Anne-Marie Simard en page 48.

Chroniques

6
Courrier

60
Histoires de science
La science nazie
Comment la science allemande a été pervertie sous le gouvernement nazi.

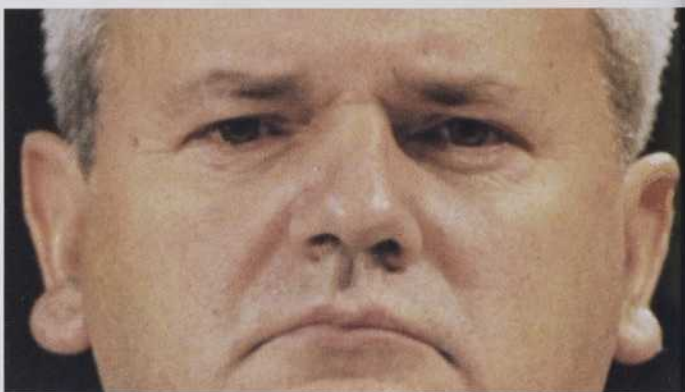


63
Livres

64
La dimension cachée
La formule qui rend millionnaire
L'exponentielle, ou comment calculer ses intérêts à la banque.

66
Opinion
La terre joyeuse
Et si ceux qui clament « Sauvons notre planète » se trompaient de cible ?

Actualités



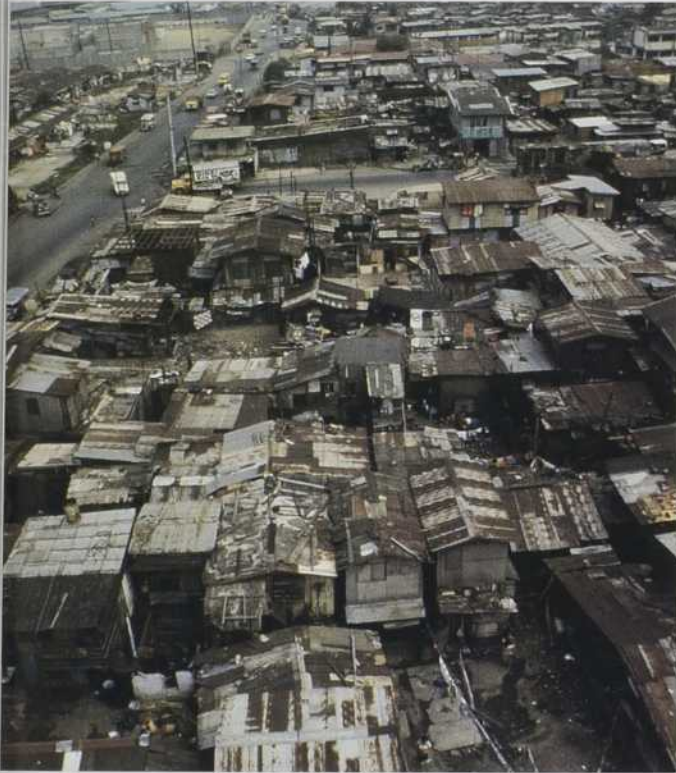
7
Les anti-Nobel
Pour « récompenser » les pires bourdes de l'année, des prix mal connus : les anti-Nobel.

10
Un onusien iconoclaste
Le Sommet de Rio n'a pas eu les retombées espérées.

12
Un laser tiré de la science-fiction
Le T^e de l'INRS à Varennes est un laser qui défie le sens commun.

Brèves
par Pedro Rodrigue

- De la publicité dans l'espace ?
- Un nouveau système d'alarme pour automobiles
- Des vagues gravitationnelles détectables de la Terre



14

Bidonvilles

Les monstres urbains

Notre monde se transforme peu à peu en un immense réseau de mégapoles. Mais pourquoi, dans les pays pauvres, autant de gens quittent-ils les campagnes pour s'établir dans les bidonvilles ?

À voir en page 23

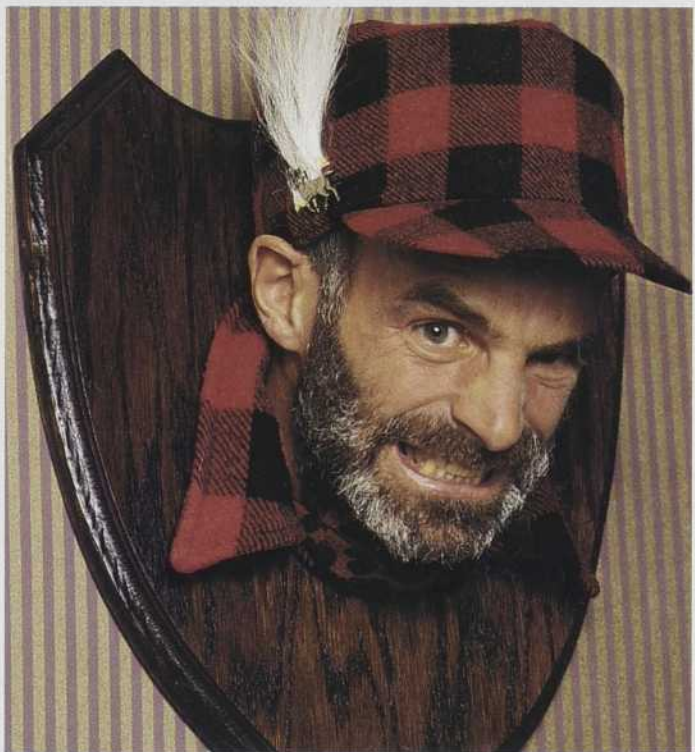
Un supplément de 24 pages sur le cerveau.

18

Débat

Le chasseur, l'~~ennemi~~ *ami* des bêtes

Pour ou contre la chasse ? Avant de condamner les chasseurs, examinons les faits. Les chasseurs sont peut-être des alliés pour les animaux sauvages.



Dossier informatique



48 Entreprises La guerre aux bugs

Notre monde est contrôlé par des ordinateurs. Mais leurs programmes cachent souvent des erreurs. Quelles en sont les conséquences ? Comment certaines entreprises s'attaquent-elles à ce problème ? Bienvenue dans un monde où la qualité n'est pas toujours totale !

54 Intelligence artificielle Les premiers neurones électroniques

Avec les nouveaux réseaux de neurones, les informaticiens sont maintenant capables de concevoir des ordinateurs qui apprennent. Percée révolutionnaire ou mode passagère ?

Robert Remis accuse

Dans un récent article (*Québec Science*, juin 1993) intitulé « Tuberculose : Le spectre de la mise en quarantaine » portant sur la problématique de prévenir la transmission chez une personne atteinte de tuberculose qui ne suit pas le traitement, Madame Fréchet a soulevé des questions aussi importantes qu'intéressantes. Malheureusement, elle n'a pas assez approfondi le problème et nous sommes restés sur notre faim. De plus, j'estime qu'elle a cité hors contexte mes commentaires lors d'une entrevue que je lui accordais. Elle les a interprétés de façon à faire contraste et elle a déformé les positions des personnes interviewées. Cette approche manque de rigueur et suggère une approche manichéenne qui laisse de côté les subtilités que la nature complexe de la problématique exige.

Je pense que toute personne raisonnable et au courant de la situation serait d'accord sur les points suivants. Premièrement, la vaste majorité des personnes atteintes de tuberculose veulent suivre un traitement efficace pour la simple raison

qu'un traitement adéquat est la meilleure garantie pour leur santé et leur convalescence. À ma connaissance, depuis les 10 dernières années, pour seulement un ou deux cas sur les quelque 2 000 cas déclarés dans la région du Montréal métropolitain, des moyens légaux ont dû être pris. Deuxièmement, en dépit de ce qui est écrit dans l'article, je crois personnellement que tous les moyens incitatifs devraient être utilisés pour aider les personnes atteintes de tuberculose à avoir un traitement adéquat. Ces mesures peuvent inclure les programmes de support, le traitement à domicile, l'éducation, l'aide à un revenu et toute autre mesure pouvant améliorer la qualité de vie du patient et, en même temps, l'aider à poser un geste qui est dans son propre intérêt et celui de la société. Tout cela devrait se faire dans un délai raisonnable afin d'éviter toute transmission aux autres personnes.

Le problème n'est pas là. Malgré toutes les mesures positives et de support mises en place, il restera toujours une faible proportion d'individus qui, pour diverses raisons, continueront de mettre en

danger leur propre santé et celle des autres. Dans le domaine de la psychiatrie, nous n'hésitons pas à traiter en cure fermée les personnes qui sont à risque pour eux-mêmes et pour la société, mesure qui ne semble pas être mise en doute à l'heure actuelle. J'ai de la difficulté à comprendre pourquoi une personne atteinte d'une maladie potentiellement mortelle et contagieuse et qui n'arrive pas à se prendre en main ne devrait pas être traitée de la même façon. Cette mesure extrême s'appliquerait, évidemment, dans le respect des droits légaux de la personne en question.

En conclusion, nous savons que la situation où une personne atteinte de tuberculose refuse de prendre ses médicaments est rarissime. La question reste toujours à savoir : que devons-nous faire quand tous les moyens positifs de support échouent ? Question que, malheureusement, Madame Fréchet ne nous aide pas à clarifier dans son article.

**Robert S. Remis,
md, mph, frcp(c)**

Vous dites que notre journaliste Lyne Fréchet vous a cité

hors contexte, a déformé ses interviews et a manqué de rigueur. Dans notre profession, il s'agit de fautes graves. Après un long examen, votre accusation me semble sans fondement. Son article dit que les moyens incitatifs sont généralement suffisants. Nous n'avons pas prétendu que vous vous y opposiez; le texte explique simplement que vous proposez des mesures plus sévères quand les moyens incitatifs s'avèrent inefficaces. C'est exactement le point de vue que vous expliquez dans votre lettre. Lyne Fréchet cite cependant d'autres personnes qui ne le partagent pas, puis laisse ses lecteurs former leur propre opinion.

**Étienne Denis,
rédacteur en chef**

Donnez-nous vos commentaires !

Vous aimez, détestez, contestez un article de Québec Science ? Vous avez des commentaires et des suggestions sur le magazine ? Faites-nous le savoir. Écrivez-nous à l'adresse suivante, ou envoyez-nous une télécopie au (514) 843-4897.

Québec Science

425, rue De La Gauchetière Est
Montréal, Québec
H2L 2M7

Québec Science



Publié par
La Revue Québec Science
425, rue De La Gauchetière Est,
Montréal, Québec,
H2L 2M7

ADMINISTRATION

Directeur général : Michel Gauquelin
Adjointe administrative : Joan Lacasse

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Étienne Denis

Comité de rédaction : Patrick Beaudin, Jean-Marc Fleury, Félix Maltais, Isabelle Montpetit, Gilles Parent, Sarah Perreault, Anne-Marie Simard, Pierre Sormany, René Vézina, Yanick Villedieu

Collaborateurs : Michel A. Bouchard, Raymond Lemieux, Isabelle Montpetit, Gilles Parent, Raynald Pepin, Danielle Quaillet, Pedro Rodrigue, Beranrd Samson, Anne-Marie Simard

Photo de la page couverture : Laurent Leblanc

Illustrateurs : Caroline Mériola, Pierre-Paul Pariseau, Yayo

PRODUCTION

Direction artistique : Normand Bastien
Séparation de couleurs, pelliculage électronique
et impression : Interweb

COMMERCIALISATION

Publicité : Jean Thibault
Abonnements : Nicole Bédard
Distribution en kiosques : Messageries Dynamiques

ABONNEMENTS

Tarifs	
Au Canada (taxes incluses) :	
1 an (10 numéros)	34,67 \$
2 ans (20 numéros)	59,86 \$
3 ans (30 numéros)	83,20 \$
À l'unité	3,99 \$
Groupe	
(10 ex./même adresse)	31,20 \$

À l'étranger :

1 an (10 numéros)	43 \$
2 ans (20 numéros)	75 \$
3 ans (30 numéros)	105 \$
À l'unité	4,50 \$

Pour abonnement et changement d'adresse QUÉBEC SCIENCE

C.P. 250, Sillery, Québec, G1T 2R1

Pour la France, faites votre chèque à l'ordre de :
DAWSON FRANCE, B.P. 57, 91871, Palaiseau, Cedex, France

ABONNEMENTS ET CHANGEMENTS D'ADRESSES

Téléphone : (418) 657-4391

PUBLICITÉ

Téléphone : (514) 227-8414
Télécopieur : (514) 227-8995

RÉDACTION

Téléphone : (514) 843-6888
Télécopieur : (514) 843-4897

Québec Science reçoit l'aide financière du gouvernement du Québec (Programme de soutien aux revues de culture scientifique et technique)

Membre de :
The Audit Bureau
CPPA



Québec Science est produit gratuitement sur cassette par l'Audiothèque, pour les personnes handicapées de l'imprimé.
Téléphone : (418) 648-2627

Actualités

Humour

Les anti-Nobel

Quand les scientifiques versent dans la satire...

par Pedro Rodrigue

Nous saurons dans quelques jours à qui ont été décernés cette année les prix Nobel, ces Oscars réservés à la grandeur d'âme et au génie humain. Qui recevra le prix Nobel de la paix ? Ne pariez pas trop sur les chances du président serbe Slobodan Milosevic, l'architecte de la « solution finale » en Bosnie, ni sur celles du général somalien Mohammed Farrah Aidid. Et en sciences ? Pour quelques vedettes, il faut compter tellement d'oubliés... et de chercheurs qui auraient tout intérêt à ne pas trop faire parler d'eux. Pourtant, ceux-là aussi ont droit à leur minute de gloire, car ils sont les candidats parfaits pour un anti-Nobel.

Des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology, le fameux MIT, à l'humour particulièrement développé, décernent au mois d'octobre divers prix « Ig Nobel » à certains de leurs confrères qui se sont distingués dans l'année pour des motifs pas très nobles. D'où le nom du prix, qui se prononce « ignoble » en anglais, et forme un joyeux calembour avec le nom de l'auguste décoration suédoise. Décoration qui, soit dit en passant, a été instituée par l'industriel Alfred Nobel avant sa mort, en 1896, histoire de se faire pardonner d'avoir inventé la dynamite. Ces anti-Nobel sont officiellement décernés chaque année par le

Journal of Irreproducible Results, véritable Croc du monde scientifique, de concert avec le Musée des découvertes qui ne peuvent ou ne doivent pas être reproduites, logé au très sérieux MIT.

Qui aura cette année l'embarras de se rendre à Boston chercher son anti-Nobel ? Le comité de sélection, qui est demeuré toute l'année à l'affût de la moindre bourde, reste muet comme une tombe. Certains observateurs irrévérencieux expliquent ce silence en affirmant que le comité, avant de se prononcer, veut être bien certain qu'il n'a pas choisi un candidat qui serait également honoré, la même année, par l'Académie de Stockholm. Quoi qu'il en soit, le passé étant garant de l'avenir, on ne risque pas de s'ennuyer cette année à la remise des prix.

L'an dernier, en effet, l'anti-Nobel de chimie a été décerné à la chimiste alimentaire Ivette Bassa, de la société General Foods, pour son invention du *Jell-O* bleu. Bons princes, les dirigeants de l'entreprise ont renchéri en envoyant la lauréate, accompagnée de toute son équipe de recherche, assister à la cérémonie dans le jet privé de General Foods. Le cortège était d'ailleurs vêtu de blouses de laboratoire que l'on avait, pour la circonstance, teintes... en bleu ! De plus, après la remi-

se du prix, il y avait du champagne pour tout le monde et, bien sûr, du *Jell-O* bleu.

L'anti-Nobel de la paix avait été attribué au chef de police de Los Angeles, Daryl Gates, pour souligner l'excellence (!) de son travail au cours des émeutes raciales qui ont secoué cette ville l'an dernier. L'anti-Nobel de biologie est allé, pour sa part, au spécialiste de la fertilité Cecil Jacobson, qui a eu des ennuis avec la justice pour avoir utilisé son propre sperme, au lieu de celui de donneurs anonymes, pour faire l'insémination artificielle de ses patientes. Le comité lui a même décerné un « Poignet

Le président serbe Slobodan Milosevic est un candidat parfait pour l'anti-Nobel de la paix.

d'or » pour l'habileté de ses manipulations... génétiques.

C'est un scientifique russe, le professeur Yuri Strouchkov, de l'Institut des composés organiques de Moscou, qui a reçu l'anti-Nobel de la littérature. Ce Soljenitsyne des laboratoires a signé et publié entre 1981 et 1990 pas moins de 948 publications scientifiques, c'est-à-dire une à tous les 3,9 jours. Mais le plus suave des anti-Nobel est sans doute celui de l'archéologie, qui est allé récompenser le civisme et les louables efforts d'une troupe de scouts de France, dont les membres, dans un grand élan d'amour de la nature, avaient courageusement effacé des « graffiti » sur les parois de la grotte de Mayrières... graffiti qui étaient en réalité des peintures préhistoriques ! ●

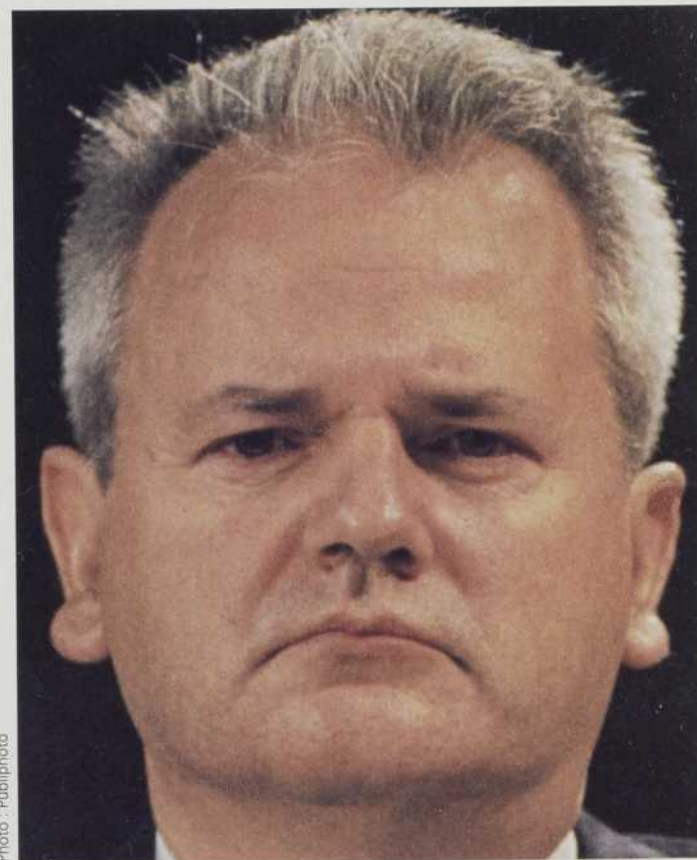


Photo : Publiphoto



La pollution extra-terrestre

La Lune se lève. Une grosse Lune d'été bien dodue. Quel romantisme ! Mais qu'arrive-t-il ? La Lune est rectangulaire et affiche une publicité ! Le fantôme suprême des annonceurs a bien failli devenir le cauchemar des astronomes et des amoureux de la nature lorsque la société Space Marketing de Georgie a annoncé, en avril dernier, qu'elle se proposait de mettre en orbite autour de la Terre deux panneaux-réclames gonflables d'un kilomètre sur deux. Ayant déjà à son actif d'avoir collé sur une fusée de la NASA l'affi-

che d'un film d'Arnold Schwarzenegger — belle réalisation ! —, cette brillante entreprise de publicité fonçait maintenant la tête la première vers une pollution en règle de l'espace lorsque des congressistes américains, inquiets du spectacle qui risquait dès 1996 d'affliger des milliards de spectateurs involontaires, ont proposé de voter une loi interdisant à toute fusée américaine de mettre en orbite une pareille horreur. Space Marketing va-t-elle se tourner du côté des Russes, des Français ou des Chinois ?

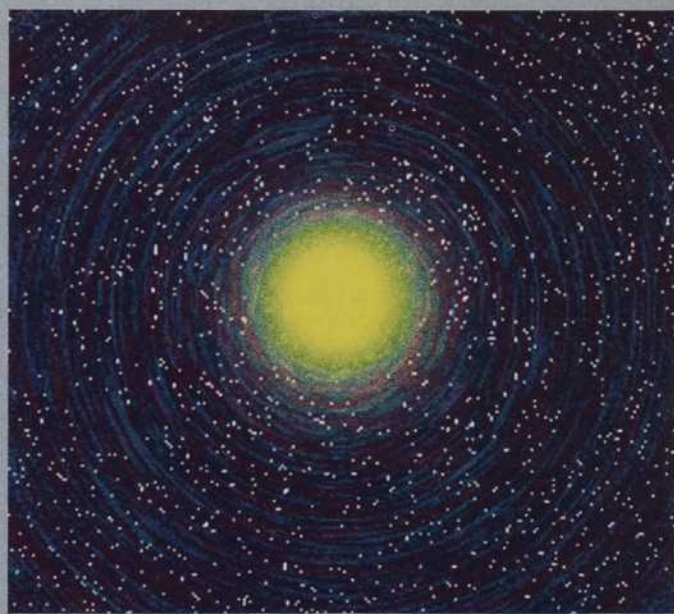
Astronomie nouvelle vague

Imaginez le biologiste qui, en observant la forme des vagues en Gaspésie, pense pouvoir décrire les ébats amoureux de baleines qui nagent dans l'océan Indien. C'est un peu ce que certains astrophysiciens veulent faire. Sauf que pour eux les vagues sont gravitationnelles, et les baleines sont des étoiles à neutrons ou des trous noirs perdus à l'autre bout de l'Univers.

Des corps célestes de cette importance entrent parfois en collision. Ils tournoient d'abord l'un autour de l'autre, puis ils fusionnent. Selon la théorie générale de la relativité, ils déforment alors la géométrie de l'espace-temps, ce qui pourrait donner naissance à des ondes gravitationnelles capables de se propager jusqu'à nous. Ça, c'est la théorie. En pratique, des détecteurs gravitationnels seront construits aux États-Unis, en Italie et en Australie. Le Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory (LIGO) américain comportera des installations, situées en Louisiane et dans l'État de Washington, qui fonctionneront de concert. Le détecteur franco-italien, le VIRGO sera construit près de Pise, alors que le projet australien sera réalisé à l'ouest de ce pays.

Des équipes de chercheurs de Caltech et de l'Université Northwestern d'Illinois affirment qu'on pourrait non seulement détecter les ondes gravitationnelles, mais aussi déduire certaines caractéristiques des corps célestes qui leur auraient donné naissance. De plus, une analyse poussée de ces signaux améliorerait la précision de certains paramètres d'importance capitale en cosmologie, comme le rythme de croissance de l'Univers, ou sa densité véritable.

Les ondes gravitationnelles qui atteindront la Terre et seront captées — si elles existent ! — par les détecteurs seront sans doute extrêmement faibles par rapport à des bruits de fond aussi prosai-



ques que le passage d'un train. Les chercheurs devront donc trouver le moyen de reconnaître, à l'analyse de ces ondes, la « signature » du phénomène qui les a créées. Selon l'astrophysicien Kip Thorne, de Caltech, les sources les plus probables de ces perturbations seront les étoiles doubles constituées d'un trou noir et d'une étoile à neutrons en orbite l'une autour de l'autre (voir *Québec Science*, décembre 1992-janvier 1993). Et le moment le plus spectaculaire sera sans doute celui des trois dernières minutes où un trou noir finira d'avaloir une étoile à neutrons ayant des dizaines de fois la masse du Soleil.

Le magazine



Québec

Science

L'information intelligente

Pour connaître et comprendre notre monde en mutation, *Québec Science* est l'outil privilégié. Il guette tout ce qui est nouveau dans les domaines de la science et de la technologie.

À chaque numéro, *Québec Science* offre des reportages sur l'actualité, des dossiers fouillés, des illustrations détaillées, des photos étonnantes... et vos chroniques préférées.

Québec Science fait vivre l'aventure scientifique, ses succès, ses échecs, dans notre quotidien comme dans les laboratoires.

Québec Science vous permet d'être à jour dans les domaines les plus actuels : énergie, santé, environnement, innovations technologiques, nature, espace, biotechnologies, transports, recherche fondamentale au Québec et dans le monde...

Québec Science est le magazine qui présente les faits et les met en perspective, avec les nuances nécessaires, pour aider à comprendre les grands enjeux de notre société.

Québec
Science

c'est **le savoir
l'actualité
la science au quotidien**

Économisez jusqu'à 30% en vous abonnant ou en vous réabonnant et recevez un cadeau

reliure pour un abonnement de deux ans

2 reliures pour un abonnement de trois ans



cette offre expire le 31 décembre 1993

OUI

je m'abonne

je me réabonne

à Québec Science.

1 an (10 nos) 34,67 \$ TTC

2 ans (20 nos) 59,86 \$ TTC

3 ans (30 nos) 83,20 \$ TTC

(Étranger,
voir les tarifs en page 4)

Détachez et expédiez à
QUEBEC SCIENCE.
C.P. 250, Sillery,
Québec G1T 2R1
Tél.: (418) 657-3551
poste 2854
Télec.: (418) 657-2096

numéro
enregistrement
à la TPS :
1-335-97427
numéro
enregistrement
à la TVQ :
013609086TQ0001

Je vous demande donc de me faire parvenir *

une reliure pour mon abonnement de deux ans

deux reliures pour mon abonnement de trois ans

* Allouez 4 semaines pour l'expédition

Nom

Prénom

Adresse

app.

Ville

Province

Code postal

Sexe

M

F

Profession:

Tél.:

Chèque Mandat-poste Visa MasterCard

Chèque ou mandat-poste à l'ordre de Québec Science

N° de carte

Date d'expiration

Signature

Développement durable

Un onusien iconoclaste

La route du Sommet de Rio était pavée de bonnes intentions. Mais les retombées tardent à venir.

par Raymond Lemieux

« Je m'accuse d'escroquerie ! » Francesco Di Castri n'a pourtant rien d'un aigrefin ou d'un filou. Président de l'Union internationale des sciences biologiques, coordonnateur des programmes environnementaux à l'UNESCO, il a été intimement lié au Sommet de la Terre tenu à Rio l'an dernier. Cette méga-conférence pour l'environnement, chapeautée

par les Nations unies, a réuni la plupart des leaders de la planète. Un sommet dont les retombées paraissent aujourd'hui bien minces, aux yeux du biologiste. Il le regrette.

Selon lui, c'est le manque de mémoire institutionnelle des Nations unies qui est en cause. Il fait son mea-culpa, car il est lui-même un homme de l'appareil onusien. Il déplore qu'on

ne cherche pas à comprendre quels sont les obstacles à la réalisation des volontés exprimées à Rio, d'autant plus qu'un très grand nombre de recommandations adoptées au Sommet avaient été formulées dans d'autres conférences de l'ONU.

Le Sommet de la Terre avait conduit à la conclusion de traités sur la biodiversité et sur les changements climatiques, à une déclaration et à un programme d'action appelé Agenda 21. « Beaucoup de magie là-dedans », déplore Francesco Di Castri, qui était invité à donner le point de vue d'un biologiste lors du colloque « Échos de Rio » organisé pendant le congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (Acfas), en mai dernier à Rimouski. « On ne s'entend même pas sur la définition à donner à biodiversité, changement climatique ou

développement durable, dit-il. Juste pour développement durable, j'ai inventorié 250 définitions ! »

Conservation et économie

Conservation et développement économique sont indissociables et les retombées du Sommet de Rio devraient donc s'inscrire dans le cadre de stratégies de développement, selon le biologiste. Il décoche encore quelques flèches, cette fois vers les tenants de la conservation à tout crin : « À cause de l'intervention de l'homme, toute la planète est en voie de se transformer en un immense écosystème de transition. Les royaumes biogéographiques sont brisés et l'introduction d'espèces exotiques au comportement agressif devient la règle. » Pourtant, on étudie trop peu le rôle des


QUAND LA

SCIENCE

SE FAIT

CULTURE

Montréal
10 au 13 avril
1994



Au cœur du débat et des enjeux contemporains pour penser le développement de la culture scientifique et technologique

POUR INFORMATION: Lise Lenden
CIRST Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, succursale A, Montréal (Québec), Canada, H3C 3P8
Tel.: (514) 987 6975 • Téléc.: (514) 987 3693



Francesco Di Castri considère que les stratégies de conservation doivent être liées au développement économique.

humains dans l'évolution des écosystèmes. Les biologistes consacrent en effet plus d'efforts à approfondir leur connaissance des espaces les moins touchés.

Pour Francesco Di Castri, l'écologie doit poser les bases scientifiques pour l'exploitation des ressources renouvelables, et non pas seulement pour leur conservation. « À ce titre, le système des parcs nationaux est à revoir », dit-il. Ces parcs sont habituellement situés dans des régions fragiles, menacées d'extinction. Or, les mécanismes de conservation devraient aussi permettre

de suivre l'évolution des écosystèmes normaux. « Sinon, c'est une préservation figée, comme on en fait dans les jardins zoologiques et botaniques », poursuit-il. Dans l'hypothèse de changements climatiques, les plantes et les animaux ainsi « conservés » dans un parc seraient isolés, sans possibilité de migrer vers de nouveaux écosystèmes.

Dernier argument contre les parcs : pour les populations locales, il est inacceptable de créer des espaces protégés sur leur territoire sans que cela soit lié au développement. « Les stratégies de conservation sont souvent trop strictes et deviennent des sources de frustrations lorsqu'elles s'opposent à la survie économique des populations. » ●

Aux grands maux les grands remèdes

À Los Angeles, quand on est automobiliste, pas besoin d'émeutes pour se faire tabasser. L'année dernière, on y a dénombré pas moins de 4 671 *carjackings*. Cela signifie que près de 13 fois par jour (remarquez le chiffre chanceux !) un ou plusieurs voyous extirpent de son véhicule un pauvre automobiliste arrêté à un feu rouge. Les délinquants lui volent sa bagnole et tout ce qu'elle contient. Verrouiller les portières et remonter les vitres ne sert d'ailleurs pas à grand-chose, à moins d'avoir des fenêtres pare-balles !

Mais tout espoir n'est pas perdu, car une entreprise de Virginie vient de mettre sur le marché un gadget appelé Lasso, qui entre en fonction dès qu'on ouvre une portière alors que le moteur est en marche. À moins que le propriétaire ne le désamorce immédiatement en appuyant simultanément sur deux interrupteurs dissimulés dans le tableau de bord, l'engin entreprend de dissuader l'intrus. D'abord par des menaces : une voix synthétique, du genre de celle qui profère « n'oubliez pas vos phares », mais en plus autoritaire et tonitruant, intime au voleur, en anglais et en espagnol, de se garer, d'éteindre le moteur et de sortir du véhicule. Si le Lasso n'obtient pas de résultat, il fait retentir dans l'habitacle et à l'extérieur de la voiture une puissante sirène, puis coupe tout bonnement l'allumage. Cela reste moins efficace que le système de James Bond, l'espion le plus célèbre du grand écran. Son auto est impossible à voler : quand on casse une vitre, elle explose.

Invitation à tous les Ingénieurs, Scientifiques, Médecins, Environnementalistes de toutes disciplines !

L'Association Internationale du Canada de Design Adapté aux Environnements Extrêmes (IDEEA) vous invite à sa conférence IDEEA Deux et à son Salon Professionnel sous le thème "Croissance et environnement: Le défi des environnements extrêmes" dans une perspective de développement durable.

IDEEA Deux vise à présenter des technologies et des stratégies favorisant à la fois la protection de l'environnement et la croissance d'autres secteurs, en réunissant des experts du secteur privé, du gouvernement, des communautés internationales.

IDEEA Deux a été planifiée de manière à mettre l'accent sur l'importance et les avantages de l'approche internationale et pluridisciplinaire dans la résolution de problèmes qui se posent dans les environnements extrêmes.

Exemples de sujets qui seront abordés à IDEEA Deux

Construction dans l'espace, Mars et la Lune
Microgravité Tremblements de terre Énergie
Système de gestions des déchets
Facteurs humains Écologie marine
... et plusieurs autres.

Importante délégation Russe et Ukrainienne seront à IDEEA Deux pour discuter la question du sarcophage sur le site de Chernobyl.

Pour de plus amples informations veuillez appeler:

Secrétariat de IDEEA Deux
Le centre d'études et de recherches nordiques
Université McGill
Pavillon Burnside, bureau 720
805, rue Sherbrooke Ouest
Montréal (Québec) H3A 2K6



Tél: (514) 398-6051
Fax: (514) 398-8364
E-mail: NORTH@mgm.lan.mcgill.ca

Le T3 de l'INRS

Un laser de science-fiction

Il utilise 100 fois la puissance électrique que produit Hydro-Québec. C'est presque assez pour déclencher une fusion nucléaire. En banlieue de Montréal, des chercheurs s'amuse avec un laser qui frôle la science-fiction.

par Pedro Rodrigue

La prochaine fois que vous allumerez l'ampoule de 100 watts du vestibule, songez à l'incroyable appareil d'éclairage que des chercheurs du laboratoire Énergie et Matériaux de l'INRS, à Varennes, allumeront en décembre. Il s'agit d'un laser dont la puissance

atteint trois térawatts, soit trois mille... milliards de watts. C'est le laser le plus puissant au Canada.

Construit en 1990 par l'équipe du chercheur Yves Beaudoin, ce laser était doté à l'origine d'une puissance d'un térawatt et demi. L'an dernier, une

heureuse subvention a permis à l'INRS d'agrandir ses installations, si bien qu'Yves Beaudoin peut maintenant déménager son laser dans un local plus spacieux et beaucoup mieux aménagé. Et quant à se relancer dans le bricolage — pourquoi pas ! —, il en a profité pour doubler la puissance de l'engin, surnommé affectueusement T3 (lire T cube) par les chercheurs du laboratoire.

Les caractéristiques de ce laser constituent d'ailleurs un fascinant paradoxe. Sa puissance de crête est presque suffisante pour déclencher une réaction de fusion nucléaire comme il ne s'en produit qu'au cœur du Soleil, et, pourtant, vous seriez incapable de vous en servir pour allumer une cigarette. Il tient à l'aise dans une salle grande comme la moitié d'un gymnase et, pourtant, il dissipe 100 fois plus de puissance qu'Hydro-Québec n'est capable d'en produire avec tous ses barrages.

Mais alors, où le branche-t-on, ce laser ? Eh bien, croyez-le ou non, dans une prise de courant presque ordinaire. La clef de cette énigme réside dans le rapport qu'il y a entre énergie et puissance. L'énergie, qui s'exprime en joules, en calories ou en kilowattheures, représente ce qu'on appelle en physique une quantité de travail : il faut tant d'énergie pour faire monter un ascenseur, déplacer une locomotive ou chauffer une maison. La puissance, par contre, mesure la rapidité avec laquelle un dispositif peut fournir ou consommer de l'énergie. Les 100 watts d'une ampoule sont sa puissance. L'énergie qu'elle consomme dépend de la période de temps pendant laquelle elle reste allumée : 100 watts X 1 heure = 100 wattheures. Hydro-Québec nous facture d'ailleurs notre consommation d'électricité selon le nombre de kilowattheures que nous consommons.



Le laser T3 de Varennes émet des impulsions extrêmement puissantes mais très brèves.

Une pastille de lumière

Bien que sa puissance soit vertigineuse, trois térawatts, le T3 ne dissipe qu'une modeste quantité d'énergie, car les tirs de lumière qu'il lance sont extrêmement brefs. Chaque tir dissipe une énergie d'à peine un joule et demi, soit à peu près ce que consomme votre baladeur en un peu moins de deux secondes !

Pas très impressionnant ? À première vue, sans doute, mais ne négligez pas le fait qu'un tir ou, si vous préférez, une impulsion de ce laser dure un peu moins de 500 femtosecondes : la moitié d'un milliardième de milliardième de seconde. La brièveté de cet éclair, qui explique d'ailleurs l'immense disproportion entre la puissance et l'énergie fournies par l'appareil, permet aussi de comprendre la nature même de la lumière qui est alors émise.

On a l'habitude de parler d'un « rayon » laser mais, dans ce cas-ci, il serait plus exact de parler d'une mince « pastille » de lumière. En effet, même s'ils voyagent à 300 000 kilomètres par seconde, les premiers photons d'un tir n'auront parcouru qu'une dis-

18^e CONGRÈS DE L'ASSOCIATION DES BIOLOGISTES DU QUÉBEC

BIOLOGISTE

PROFESSION, FORMATION, PERSPECTIVES

12 et 13 novembre 1993
 Université du Québec à Montréal
 Information : (514) 279-7115

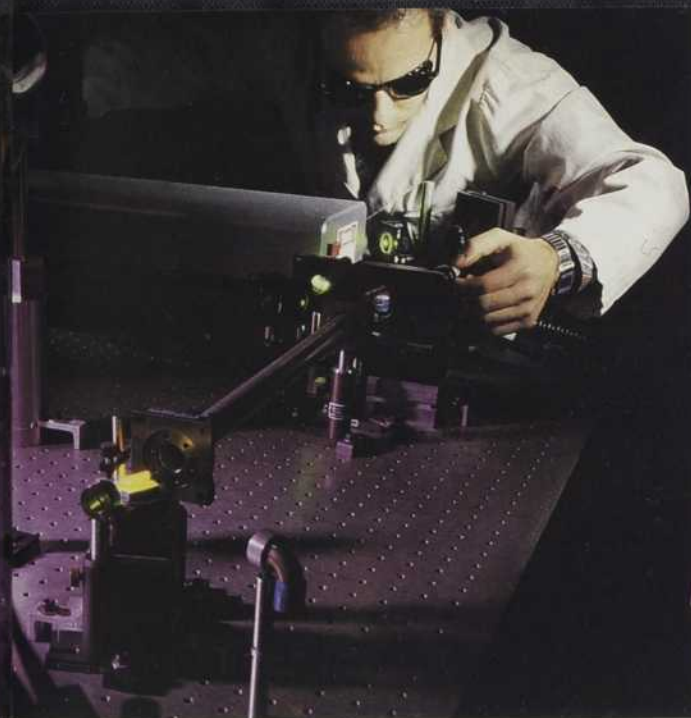


Photo: INRS

tance de 0,15 mm (à peu près l'épaisseur de la page que vous êtes en train de lire) lorsque le laser s'éteindra. La lumière émise par un tir du laser se présentera donc sous la forme d'un disque d'environ un centimètre de diamètre et de l'épaisseur d'un cheveu. De plus, comme le laser émet dans l'infrarouge, cette lumière n'est pas visible à l'œil nu.

À quoi sert un tel laser ? L'idée de construire un appareil aussi puissant a pris naissance au cours des années 70, alors que l'on cherchait un moyen d'amorcer une réaction contrôlée de fusion nucléaire

en précipitant l'un sur l'autre des noyaux d'hydrogène à l'aide d'une « onde de choc » lumineuse. Vers la fin des années 80, plusieurs « super lasers » étaient déjà en fonction. Aux États-Unis, l'Université de Rochester possède le laser Omega, d'une puissance de 12 térawatts et les laboratoires nationaux de Livermore et de Los Alamos sont équipés chacun d'un appareil d'une vingtaine de térawatts, baptisés respectivement Novette et Antares. Toutefois, le plus puissant laser au monde, d'une puissance de 55 térawatts, se trouve en France, au laboratoire de Limeil. (À

titre de comparaison, la totalité du territoire français reçoit à midi 100 fois moins d'énergie du soleil !)

Produire des rayons X

Désespérant d'arriver un jour à obtenir une fusion nucléaire soutenue au moyen d'un laser, les scientifiques utilisent aujourd'hui ces appareils pour étudier certains états de la matière. Ceux qui possèdent des lasers de plus de dix térawatts cherchent à mettre au point un laser à rayons X qui sera capable d'obtenir des représentations holographiques d'une cellule et d'en étudier les processus biochimiques en temps réels. Quant aux laboratoires qui possèdent des super lasers plus modestes, ils arrivent à produire des rayons X de forte puissance en chauffant un plasma au moyen de leur appareil.

C'est d'ailleurs à cette fin que les chercheurs de l'INRS utilisent le laser de Varennes. En tirant sur un bloc de cuivre dans une enceinte sous vide, l'appareil transmet à la cible une intensité lumineuse qui atteint 1018 W (un milliard de milliards de watts) par centimètre carré, et lui arrache un

nuage d'ions qui forment alors un plasma chaud extrêmement dense (de l'ordre de 1023 électrons par centimètre cube). Ce plasma a une durée de vie très brève. Il se refroidit rapidement, et ses électrons, en « retombant » à leur place, émettent alors des rayons X de forte intensité. On utilise ce type de rayons, entre autres choses dans certains procédés de microlithographie (voir Québec Science, juin 1993).

Le laser de l'INRS pourra au cours des ans devenir encore plus puissant. « Ce qui nous bloque pour l'instant, explique Yves Beaudoin, c'est tout simplement la fragilité du réseau holographique qui nous sert à concentrer l'impulsion du laser après l'avoir amplifiée. Ce réseau, qui est gravé sur une plaque de verre, ne supporterait pas la chaleur dégagée par une plus forte puissance. » Mais moyennant quelques modifications somme toute assez mineures, les chercheurs du laboratoire de Varennes estiment que leur laser pourrait éventuellement être poussé jusqu'à une puissance de 27 térawatts, ce qui en ferait — on peut rêver ! — le troisième plus puissant au monde. ●

LOGICIELS ÉDUCATIFS

BOTANIQUE

L'herbier Marie-Victorin

Explorez le monde végétal à l'aide de l'encyclopédie interactive. Apprenez à construire votre propre herbier! Découvrez l'histoire de la botanique grâce à la ligne du temps. Saviez-vous que Champlain cultivait des plantes médicinales? Grâce à l'hypertexte, vous n'avez qu'à cliquer sur «Champlain» et le glossaire s'ouvre immédiatement! Des heures d'exploration et de découvertes vous attendent dans cet univers multimédia!

Configuration requise
Macintosh LC (avec VRAM); mémoire vive de 4 Mo; lecteur CD-ROM; système 7.0 ou plus.



Prix innovation technologique '93

Produits disponibles chez MICRO-BOUTIQUE



Détaillant autorisé APPLE

MATHÉMATIQUES

Marguerite

Apprenez ou révisez vos tables de multiplication de façon dynamique et interactive avec un jeu où la vitesse et la stratégie sont nécessaires.

Configuration requise
IBM PC ou compatible; mémoire vive de 640 k; carte graphique.



CHIMIE

À la découverte de la matière

À la découverte de la matière offre un environnement dynamique et interactif pour explorer les concepts et les lois régissant la matière. Cet ensemble pédagogique comprend 3 logiciels: Les éléments chimiques; Les composés chimiques et Les réactions chimiques.

Configuration requise
Macintosh; mémoire vive de 1 Mo.



Québec

Ce logiciel a été produit avec le soutien et la collaboration de ministère de l'Éducation du Québec

De plus, nous distribuons au-delà de 150 titres de logiciels éducatifs dans toutes les matières académiques, du préscolaire à l'université. Demandez notre catalogue

Veillez me faire parvenir votre catalogue GRATUIT!

Nom: _____
 Adresse: _____
 Ville: _____ Province: _____
 Code postal: _____ Ordinateur: PC Mac



3155 Hochelaga,
Montréal, Québec,
H1W 1G4
Tel: (514) 528-8791
Fax: (514) 526-9192

Les monstres urbains

Pourquoi, dans les pays pauvres, les gens quittent-ils la campagne pour s'établir dans les bidonvilles ?

par Gilles Parent

Mexico, São Paulo, Calcutta, Jakarta. Elles poussent comme des champignons, elles font penser à des ruches ou à des fourmilières. Elles croissent d'une manière désordonnée, chaotique, au beau milieu de pays en développement. Ce sont les mégapoles du Sud, ces super-agglomérations de plusieurs millions d'habitants. L'insalubrité, la promiscuité, la pollution, le chômage nous les rendent répugnantes. Elles sont pourtant attirantes pour les paysans des pays pauvres. En ville, ils arrivent malgré tout à mieux se nourrir qu'à la campagne. Ces villes nous forcent à voir la planète à travers une nouvelle grille, celle du débordement urbain.

En 1970, 37 % des Terriens étaient des urbains. Cette proportion passera à 60 % en 2025. L'Amérique latine va encore plus vite : 77 % d'urbains au tournant du siècle. Au même moment, on comptera 23 mégapoles de plus de 10 millions d'habitants, presque toutes situées dans des pays en développement. La population mondiale des bidonvilles : 200 millions en 1970, 450 millions aujourd'hui. Si la tendance se maintient, ces populations urbaines du tiers monde doubleront encore d'ici 10 ou 15 ans.

Du jamais vu dans l'histoire. Carthage, Rome, Babylone comptaient rarement plus d'un million d'habitants. Ces villes ont toujours été soumises à des cycles de vie comprenant une progression, une stabilisation et finalement un déclin. Épidémies, famines, effondrements économiques, invasions et conquêtes provoquaient la chute des villes. Les mégapoles modernes ne sont pas à l'abri d'une phase de déclin. Au contraire. « Mais en éliminant certaines maladies comme le choléra, le typhus, le paludisme, et en adoptant des mesures sanitaires, nous avons aboli certains fléaux qui décimaient



Photo : ACIDI / David Barbour

les populations », explique Georges Robert, urbaniste et représentant du Québec au congrès Métropolis qui se tient à Montréal du 21 au 24 septembre 1993. Conséquence : les mégapoles du Sud se gonflent jusqu'à compter plusieurs millions d'habitants.

« Au début de la colonisation de l'Afrique, ce continent était pratiquement vide avec à peine 100 à 120 millions d'habitants », rappelle-t-il. Aujourd'hui, de 620 à 630 millions de personnes foulent le sol du continent.

La fin de la campagne

Pourquoi des villes relativement paisibles, aux allures européennes, comme Lima, Buenos Aires ou São Paulo, se sont-elles transformées à partir des années 60 en véritables monstres urbains ? La réponse ne se trouve pas du côté de leur centre-ville bruyant, poussiéreux et pollué, mais à la campagne. « Les mégapoles se sont formées en partie parce que les paysannes se sont effondrées, le système de produc-

tion traditionnel et artisanal ayant été disqualifié », pense Philippe Haeringer, chef de recherches à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération. Il explique : « La mécanisation et l'industrialisation de l'agriculture se sont traduites par l'abondance et la disponibilité de plusieurs denrées alimentaires de base comme le riz et le blé. »

Voilà qui a fait chuter les prix, trop pour que le petit paysan aux méthodes traditionnelles puisse tirer un revenu décent de son labeur, pas assez pour lui permettre malgré tout de se procurer ces denrées et de nourrir sa famille convenablement. Ajoutons à cela la difficulté de conserver certains aliments, de les transporter sur des routes cahoteuses et on comprend mieux comment la paysannerie des pays en développement ne parvient pas à survivre.

« Tandis qu'une ville classique entretenait des liens étroits avec son environnement rural, une mégapole se développe indépendamment de la campagne qui l'entoure. Elle tend à constituer un univers à elle seule », ajoute Philippe Haeringer. Bien sûr, les citoyens doivent se nourrir, mais ils se procurent des denrées de quelques gros producteurs. L'agriculture s'est mécanisée, elle est devenue une industrie qui n'embauche plus assez de paysans pour assurer la vitalité des campagnes. « Autrefois, les villes innervaient les campagnes et y puisaient leurs forces. En France comme ailleurs, les villes les plus prospères étaient situées au cœur des campagnes les plus riches. Dans les régions reculées, ou aux terres ingrates, ne croissaient que des villes modestes. » Aujourd'hui, au milieu d'un Arizona aride, Phoenix et Tucson connaissent les taux de croissance les plus élevés d'Amérique.



Famille indonésienne. De 75 000 à 150 000 personnes s'entassent sur un seul kilomètre carré dans les quartiers pauvres des villes du tiers monde. À Montréal, sur la même superficie, ils sont à peine 6 000 personnes.

La mégapole croyait pouvoir se passer de la campagne. Elle a réussi. Les paysans, constatant que la ville n'allait plus à eux, ont été bien tenté d'aller à la ville. Les communications modernes ont accentué le phénomène en agissant comme un puissant catalyseur : au fin fond de la brousse, la télé présente l'image d'une vie urbaine trépidante. Les voies de communication rendent les déplacements de populations plus faciles. Voilà comment un paysan décide de quitter sa terre natale.

La naissance d'un monstre

Les paysans arrivent d'abord seuls, sans leur famille. Ils connaissent généralement quelqu'un déjà établi en ville. Ils s'installent souvent sur des terrains vagues, sans propriétaire connu, où ils se construisent des abris de fortune en carton ou en tôle, éventuellement en brique. En périphérie de Mexico, Chalco est ainsi passée de 17 000 habitants à plus d'un million en 20 ans. Une

autre banlieue, Ilatepec, est passée de 300 000 à 2 millions d'habitants en 10 ans.

Les arrivants deviennent vendeurs itinérants ou encore, avec la complicité d'un parent, d'un ami, ils réussissent à se trouver du travail dans le domaine du bâtiment, où nombreux sont les emplois qui n'exigent pas de formation poussée. Mal payés, ces emplois permettent au moins d'acheter de la nourriture. Et puis, comme tout bouge continuellement en ville, l'espoir y est permis. Plus tard, la famille viendra les rejoindre. Les parents misent alors sur la génération suivante, qui aura fréquenté l'école publique plus longtemps, puis obtenu des emplois mieux rémunérés.

Les travailleurs disponibles ne trouveront

pas tous un emploi. Mais, dans le cas de Mexico par exemple, la croissance de la mégapole est tout de même assez forte, gonflée artificiellement. « Le gouvernement a tendance à corriger les problèmes de chômage en embauchant plus de gens, même si cela n'est pas toujours nécessaire. De plus, c'est à Mexico que le gouvernement du pays concentre systématiquement toutes les administrations publiques et parapubliques », explique Frédéric Lopez de Alba, responsable des dossiers environnementaux à Naucalpal de Juanrez, en périphérie de Mexico. Le résultat : le centre de la ville, le district fédéral, est passé d'un million d'habitants, en 1940, à huit millions aujourd'hui. Ce district représente 1 % du territoire mexicain, 10 % de toute la population y habite et 30 % du budget d'opération total du pays y est dépensé. Indirectement, cette croissance économique assure du travail aux *campesinos* : construction, petits commerces, etc. L'argent qu'ils gagnent stimule l'économie des différents bidonvilles.

Entraînés par la foule

La situation est semblable partout. Parfois, ça déborde. Calcutta et Bombay comptent chacune 9 millions d'habitants. La moitié d'entre eux vivent dans des bidonvilles surpeuplés ou directement sur le trottoir. En Amérique latine, on compte 20 millions d'enfants et d'adolescents qui vivent dans la rue. Au Caire, des enfants d'âge préscolaire cherchent sur les bouses des bovins des grains de maïs non digérés. Les enfants de la rue ne connaissent souvent ni leur âge exact ni leur nom de famille. Toujours au Caire, les sans-abri trouvent refuge dans la Cité des morts, où ils habitent mausolées et chapelles funéraires. Dharavi, un quartier du nord-ouest de Bombay, compte 700 000 habitants : le plus gros bidonville d'Asie. Environ 175 000 familles s'y disputent les 115 000 huttes et les 160 points d'eau. Il n'y a qu'une toilette pour 825 habitants.

Souvent, la collecte d'ordures n'existe pas. Les égouts à ciel ouvert sont courants. L'approvisionnement en eau potable est déficient. À travers le monde, l'eau contaminée contribue au décès de 30 000 à 50 000 personnes, surtout des enfants... chaque jour.

« Comment offrir des services à des populations qui ne paient pas de taxes ? et comment taxer s'il n'y a pas de cadastres ? » se demande Frédéric Lopez de Alba. D'ici à ce que soit complétée une lente et difficile réforme de la fiscalité municipale, les campagnards continueront à s'établir en masse dans les quartiers défavorisés, d'où ils par-

tiront travailler chaque matin dans un vieux bus cahotant, au mieux en métro, en rêvant du jour où ils pourront peut-être se payer une voiture.

Et voilà qu'apparaît une nouvelle équation : transports plus industries vétustes égalent pollution.

Plaies ouvertes

À Mexico, respirer constitue un risque pour la santé. En 1985, en plein cœur de la mégapole, une volée d'oiseaux s'écrasent brutalement dans le parc Chapultepec. Les pauvres volatiles ont tout simplement été asphyxiés par le smog ! Avec trois millions d'autos et 35 000 installations industrielles, le taux d'ozone au sol dépasse parfois de quatre fois la norme californienne. En une seule année, de 1990 à 1991, ce polluant a augmenté de 22 %. Le parc automobile augmente, lui, de 7 % par an. Car les gens rejettent souvent le transport en commun, de peur d'y être victimes d'agressions ou de vols. En principe, ils ne peuvent utiliser leur voiture qu'un jour sur deux, selon le numéro de leur plaque. « Mais ils s'achètent souvent une deuxième voiture pour déjouer le système », se plaint Frederico Lopez de Alba. « Il n'y a pas beaucoup d'espoir à l'horizon », dit-il.

La pollution est omniprésente. Certains matins, les enfants de Mexico ne sont pas envoyés à l'école pour cause de pollution excessive. Dans la région métropolitaine de São Paulo, 8 000 tonnes de polluants atmosphériques s'abattent sur la ville chaque jour. Manille fait encore mieux avec 10 000 tonnes. À Istanbul, où la population est passée de 1 à 7 millions d'habitants en 20 ans, les gens des quartiers pauvres sont 10 fois plus exposés au cancer du poumon que les autres habitants de la ville. Selon Uwe Brinckmann, un épidémiologiste de l'Université Harvard, au moins 50 % des habitants de villes des pays industrialisés souffrent chaque année d'un problème de peau, alors que ce pourcentage était de 2 en 1950. Il s'agit selon lui d'une indication que les polluants ont sérieusement affecté notre système immunitaire. Imaginons ce à quoi la situation pourra ressembler dans les mégapoles des pays en voie de développement.

Fuir ou affronter ?

Comment se dégager de cette ornière ?
Comment éviter un effondrement de la mé-

gapole, ou encore pire, la perpétuation de cet ensemble de fléaux, triste représentation de ce monde qu'on dit moderne ? « Il faut absolument réussir à contrôler la démographie, mettre fin à l'exode rural et réduire les disparités entre riches et pauvres », croit Georges Robert. Une première voie, donc, qui consiste à stopper la tendance actuelle et à renverser la vapeur. Pour d'autres, la chose est tout simplement impossible. « Il est illusoire de penser que les campagnes se reconstitueront », affirme plutôt Philippe Haeringer. Quant au contrôle de la natalité, il est vrai que lorsque la population s'enrichit, les couples ont moins d'enfants, mais on ne peut provoquer ce phénomène volontairement, sauf si on accepte un régime totalitaire, ajoute le géographe. « Il faut accepter la mégapole et



Photo : ACIDI / Ellen Toimie

Enfants péruviens au travail. Sur notre planète, en 1990, une personne sur dix vivait dans une ville. La proportion atteindra bientôt une personne sur deux.

prendre ses problèmes à bras le corps », dit-il. Une deuxième voie, donc, qui cherche plutôt à gérer le phénomène.

Un élément qui rallie tout le monde, cependant, c'est la nécessité de ne plus recourir au pouvoir central comme source de toutes les solutions, et de miser sur la participation volontaire et directe des citoyens. À Lima, au début des années 70, le gouvernement péruvien a octroyé à un groupe de gens des terres en zone inculte et désertique. Selon un document de l'ACDI, l'Agence canadienne de développement international, le groupe a d'abord pris le temps de se doter d'une structure démocratique d'autogestion et de planifier la disposition des rues. Puis, ils se sont attelés à la tâche.

Dix ans plus tard, le résultat est impressionnant : 80 % des terrains dotés de service d'aqueduc, d'égouts, d'électricité; 34 écoles, 150 maternelles, 9 cliniques médicales, 40 kilomètres de rues et de routes ont été construits par les nouveaux citoyens. On a aussi planté 500 000 arbres et prévu la création d'un parc industriel.

Au début des années 80, toujours à Lima, quelques femmes du district de Comas ont décidé de s'unir pour lutter contre la hausse du coût des aliments. Elles ont convenu d'acheter des denrées en commun tout en partageant leurs installations et leurs ustensiles de cuisine. C'est ainsi que sont nées les *comedor popular*. Le mouvement a connu une progression fulgurante. Aujourd'hui, plus de 2000 cuisines communautaires bourdonnent d'activité. Certaines servent plusieurs centaines de repas par jour.

Une autre avenue intéressante : la fragmentation. À Jakarta, les quartiers populaires s'appellent des *kampungs*, c'est-à-dire des villages. À l'intérieur de ceux-ci, pour chaque groupe de 30 à 40 maisons, il y a un chef dont la maison est clairement repérable. La communauté respecte certains mots d'ordre. Par exemple, tout habitant est identifié, et il est interdit d'inviter quelqu'un à passer la nuit chez soi sans en avertir le chef du voisinage. La nuit, les habitants du *kampung* se relaient pour assurer la sécurité aux entrées du quartier. « Si la fragmentation des mégapoles est

parfois incitée pour imposer un contrôle social, elle répond aussi à un besoin fondamental de l'homme. Perdus dans une mégapole infinie et peu différenciée, les habitants ont besoin de pouvoir s'identifier à un fragment d'espace de vie dont les limites physiques et sociales leur sont perceptibles », résume Philippe Haeringer.

Mégapole de rêve ?

La ville de Curitiba, au sud du Brésil, est citée un peu partout comme le modèle à suivre, entre autres choses pour son système de transport en commun. Les grandes artères de la ville ont des voies réservées aux autobus. Les conducteurs peuvent même contrôler les feux de circulation par télécommande. Leurs véhicules sont de couleurs différentes selon qu'il s'agit d'un express, d'un intermédiaire ou d'un autobus qui arrête à chaque station. D'immen-

ses aribus circulaires permettent aux passagers de payer avant l'embarquement. Même si le nombre d'automobiles par habitant y est le plus élevé de tout le Brésil, les bouchons de circulation sont presque inexistantes.

Cette municipalité a aussi mis sur pied différents programmes de recyclage : 22 000 familles pauvres troquent des déchets triés contre de la nourriture ou des billets de transport en commun. La création d'espaces verts, la plantation d'arbres, les programmes d'éducation à l'environnement vont également dans ce sens.

Bien sûr, Curitiba, avec seulement un million et demi d'habitants, a la tâche plus facile que les grosses mégapoles. N'empêche que sa population a presque triplé depuis une génération, et que les autorités ont su faire face à cette hausse. Voilà qui démontre que même si les solidarités de voisinage demeurent un facteur important de survie dans les grandes villes, les gouvernements municipaux ou nationaux ont quand même un rôle important à jouer.

« Autant le phénomène qui donne naissance aux mégapoles semble le même partout, autant les solutions à leurs problèmes sont différentes et varient considérablement d'un endroit à l'autre, commente Philippe Haeringer. Les mentalités sont différentes, le climat est différent, les savoir-faire sont différents. »

Le maire de Mexico a déjà sérieusement



Photo : ACDI / David Barbour

Lieu de résidence en Égypte. À la fin de notre décennie, les quatre plus grandes villes du monde seront : Tokyo (28,0 millions d'habitants), São Paulo (22,6 millions), Bombay (18,1 millions), et Shanghai (17,4 millions).

suggéré l'installation d'une centaine de ventilateurs géants pour évacuer la pollution au-dessus de sa ville. Une proposition jugée farfelue... Même s'il ne faut pas trop compter sur la technologie pour sortir les mégapoles du pétrin, certaines inventions pourraient alléger le fardeau de leurs habitants. Par exemple, des toilettes modu-

lares fonctionnant sans eau réduiraient la propagation des maladies infectieuses, tout en limitant la nécessité de construire de coûteuses infrastructures.

Mais avant même que la technologie des pays du Nord vienne en aide aux habitants des pays du Sud, il faut miser sur la communication. Un groupe de New York, Mega Cities Project, a formé un réseau d'information reliant les 15 plus grandes villes du monde. On s'échange des renseignements, des vidéos sur la lutte contre la pauvreté, sur l'amélioration de la salubrité, bref sur tout ce qui peut améliorer la qualité de la vie en ville. Le congrès Métropolis de Montréal constitue également une voie intéressante en ce sens.

Quant à l'aide financière directe des pays du Nord, elle se fait grandement attendre.

« Nous refusons la mégapole intellectuelle, pourtant la solution ne viendra pas de ce reniement, mais de la capacité des humains à s'adapter à cette nouvelle réalité », insiste Philippe Haeringer. Jusqu'au milieu des années 80, les quatre grandes banques de développement avaient consacré 39 milliards de dollars à des projets tels que l'aménagement de routes, de ports, de chemins de fer, mais seulement 1,1 milliard à des projets de transport urbain. Rien n'a changé depuis. Même si la majorité des citoyens des pays en développement seront bientôt des habitants des villes, à peine 10 % du budget des agences d'aide internationale va à des projets urbains. ●

Les mégapoles du Nord

Les villes des pays riches se transforment-elles en mégapoles ? Quand le taux de natalité est l'un des plus bas au monde, comme autour de Montréal, la réponse est non. Mais si on considère que le lien classique ville - campagne est perturbé un peu partout sur notre planète, on peut conclure que la tendance est mondiale.

Il y a des exceptions. La plus importante : la Chine, où le gouvernement contient l'exode rural et impose une politique de contrôle des naissances. C'est d'ailleurs un des seuls endroits au monde où de telles politiques donnent des résultats.

En général, la mégapole du Nord s'en tire mieux que celle du Sud. Selon Philippe Haeringer, nos villes ont su profiter d'une tradition urbaine et d'avancées technologiques qui ont enrichi leurs habitants et fait chuter la démographie. Les mégapoles du Sud n'ont pu bénéficier d'une industrialisation durable, alors que les paysannes du territoire environnant étaient néanmoins éliminées, ou sont en voie de l'être.

Mais les mégapoles du Nord se dégradent. « On voit apparaître à Montréal de nouvelles zones de pauvreté », constate l'urbaniste Georges Robert. Dans certains quartiers de Washington, la mortalité infantile est aussi élevée que dans les pays pauvres. Miami, Los Angeles, New York prennent souvent des allures de mégapoles du Sud.

Une particularité des mégapoles du Nord : elles forment de plus en plus des réseaux et sont reliées entre elles par des voies rapides. En France, la Société nationale des chemins de fer installe des lignes de TGV et ferme les petites lignes. Si la mégapole se dégonfle, ce sera au profit de petites villes qui feront partie du réseau « mégapolitain ». « Celles-ci sont également coupées de leurs populations rurales », dit Philippe Haeringer.

Partout, c'est comme si les mêmes mots d'ordre étaient répétés sans cesse : spécialisation, concentration, optimisation. La mondialisation des marchés des produits agricoles accentue une division de plus en plus nette entre la vie à la mégapole et la vie rurale, de plus en plus fragile. Les médias nous montrent des images de paysans français en colère : même dans les pays du Nord, les petits producteurs agricoles sont au désarroi. Ils ne se résignent pas à devenir des « gardiens du paysage ».

Ne tirez pas sur le chasseur

Pour ou contre la chasse ? Après le progrès technologique et la dégradation de l'environnement, doit-on continuer à tuer des animaux sauvages pour le plaisir ? Devrait-on au contraire préserver les populations ? Et si la chasse permettait justement de les préserver...

par **Bernard Samson, qui est — il faut le dire — lui-même chasseur**

C'est une guerre de religion, les positions sont irréconciliables. D'un côté, les chasseurs; de l'autre, les défenseurs des « droits » des animaux. En France, il y a six ans, un membre du Rassemblement des opposants à la chasse a abattu... un chasseur !

Les chasseurs : le cliché les décrit comme des hommes un peu rustres, campagnards, souvent cruels, sacrant et buvant

sans retenue, un peu comme s'ils étaient des résidus d'un 19^e siècle qu'on voudrait bien oublier.

Complètement à l'autre extrême, il y a les militants pour la défense des droits des animaux, les « vrais » amis des bêtes, les radicaux. Ne les confondez pas avec les militants pour la protection de l'environnement. Nous parlons ici de gens qui s'opposent à la chasse, à la pêche, à la trappe, aux animaleries, aux zoos, aux laboratoires qui utilisent des cobayes, aux insectariums... Plusieurs d'entre eux n'hésitent pas à se convertir au végétarisme pour

ne plus faire souffrir. Ils militent pour que leurs valeurs dominent au 21^e siècle.

Deux Québécois sur 100 sont extrémistes à ce point. Ce sont surtout des Montréalais, ou plus exactement des Montréalaises. Leur opposition est de mieux en mieux structurée. Aux États-Unis, 400 organisations luttent pour le bien-être des animaux. « Chaque année, ces associations amassent 250 millions de dollars de plus que l'année précédente », soutient Georges Lapointe, de l'International Association of Fish and Wildlife Agencies, de Washington. « Depuis trois ans, les groupuscules qui revendiquent le bien-être des animaux se sont multipliés », dit André Pelletier, président de la Fédération de la faune du Québec. La Fédération représente 340 associations (« groupuscules » ?) de pêcheurs, de chasseurs ou de gestionnaires de territoires fauniques.

Entre les extrêmes, la majorité des gens sont un peu pour ou un peu contre la chasse. Mais la tendance favorise les « un peu contre » : en 1980, sur 100 Québécois, 18 étaient contre à la chasse, mais pas au point d'être militants; 8 ans plus tard, ils étaient déjà 26.

Le mouvement a commencé au cours des années 60. L'homme réalisait les torts qu'il avait causés à la nature. Il apprenait qu'il venait d'ajouter le DDT à la chaîne alimentaire, que la moitié des espèces animales disparues depuis deux millénaires avaient été exterminées par les deux dernières générations. Il découvrait l'écologie. « Aujourd'hui, les gens ne peuvent plus se baigner dans nos cours d'eau, ils ne peuvent



Le « Call » de l'original.

Photo : MLCF / Pierre Pouliot



Le cerf de Virginie, notre chevreuil.

plus se laisser bronzer sans risquer d'attraper un cancer de la peau », remarque Jean Cinq-Mars, directeur du Service canadien de la faune pour le Québec.

Réaction : des gens réclament entre autres choses qu'on cesse de tuer les animaux sauvages. Ils considèrent que la niche écologique de l'homme a changé avec l'accroissement de la population et le progrès technologique. « Les amis des bêtes prétendent que ces changements exigent une modification fondamentale de nos attitudes envers la faune et la vie en général », écrit le journaliste Alan Herscovici dans son livre *Second Nature : The Animal-Rights Controversy*.

L'argument est repris par Marcel Duquet-

« Les chasseurs ne récoltent que les surplus.

Nous ne permettrions jamais que l'on chasse ou que l'on pêche une espèce menacée », dit Luc Poirier, du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche.

te, militant et ex-inspecteur en chef de la Société pour la prévention de la cruauté envers les animaux, la SPCA. « La nature étant de plus en plus malmenée par l'Homme, la chasse est de plus en plus inacceptable », dit-il. Sur la couverture de son livre *Feu sur la chasse*, une phrase de Jean-Jacques Rousseau : « La chasse endureit le cœur aussi bien que le corps : elle accoutu-

me au sang, à la cruauté. » Selon Marcel Duquette, tuer pour le plaisir est inacceptable. Pierre Routhier, psychanalyste à Sillery et ami inconditionnel des bêtes, élabore ce point de vue : « Nous sommes tous des animaux; et les autres animaux aussi sont intelligents. Ils ressentent les mêmes émotions que nous. Ils connaissent la crainte, l'angoisse, la détresse. Eux aussi, ils aspi-

rent à la vie. » C'est ce qu'on appelle de l'anthropomorphisme : attribuer aux animaux des caractéristiques humaines.

Plusieurs militants pour les droits des animaux disent avoir été choqués par des images de chasse à la télévision, explique Pierre Bouchard. Agent d'information au ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, le MLCP, il a cherché à mieux comprendre les raisons qui les motivent. « Certains mentionnent Bambi, le faon séparé de sa mère par des chasseurs. Ils considèrent que les chasseurs sont de mauvais tireurs, qu'ils ne respectent ni l'environnement ni la propriété privée, qu'ils gaspillent des bêtes. » Les chasseurs sont-ils vraiment des monstres ?

Parmi les 437 000 chasseurs québécois, il y a bien sûr des moutons noirs qui s'amuse à tirer sur les pancartes interdisant la chasse, qui ne rapportent pas leurs déchets. Le MLCP fait d'ailleurs beaucoup d'efforts pour les éduquer. Les chasseurs



Photo : MLCP / Pierre Bernier

qui manquent de savoir-vivre forment une minorité, mais ils sont laissés libres dans la nature, une arme à la main : cette minorité devient alors très visible.

N'empêche que les préjugés ont la vie dure. Règle générale, les grandes organisations vouées à la protection de l'environnement ne prennent pas position contre la chasse. Mais Anne de Guise, la directrice de Greenpeace Québec, se demande par exemple si les espèces chassées sont menacées, si les chasseurs de gros gibiers prennent seulement la tête en abandonnant le reste de la carcasse à la pourriture.

« C'est tout le contraire ! », lui répond André Gagnon, agent de conservation de la faune dans la région de Québec depuis 27 ans. Il n'a jamais trouvé une seule carcasse de cerf de Virginie (notre chevreuil) ou d'original abandonnée pendant la saison de la chasse, dit-il, mais il lui est arrivé de trouver des têtes. Pour les gros gibiers, les règlements réduisent tellement les chances

des chasseurs (bon an mal an, environ 9 sur 10 reviennent bredouilles), que lorsqu'ils ont du succès, ils ramènent la bête.

Mais tard l'automne et en hiver, quand la chasse est interdite, André Gagnon trouve à l'occasion des carcasses. Ceux qui tuent des bêtes pendant cette période sont donc des braconniers, des gens qui ne respectent ni la loi ni l'environnement. Plusieurs militants anti-chasse confondent d'ailleurs chasseurs et braconniers, a remarqué Pierre Bouchard.

« Le comportement des chasseurs a bien changé au cours des vingt dernières années, rappelle André Gagnon. Aujourd'hui, la très grande majorité des chasseurs respectent les règlements à la lettre et sont très conscients des problèmes environnementaux. »

Les chasseurs déciment-ils des espèces menacées ? Les populations de chevreuils, d'origaux et de caribous sont recensées tous les cinq ans, explique le biologiste Michel Crête. « Toutes les espèces de sauvagine sont inventoriées chaque année », ajou-

million de dollars à la Fondation de la faune du Québec. « Un ou deux dollars sont prélevés sur chaque permis, explique André Boucher, directeur des communications de la Fondation. Depuis 1988, nous avons investi 8,8 millions de dollars dans la protection et la mise en valeur d'habitats fauniques, l'acquisition de connaissances, la sensibilisation du public. »

« Les chasseurs, les saumoniers et les sauvagiers sont des protecteurs de la faune », dit André-A. Bellemare, chroniqueur de chasse et de pêche au quotidien *Le Soleil*. Il souligne que les pêcheurs et les chasseurs furent les premiers écologistes. Il évoque le Club de Cap Tourmente, créé au début du siècle par des chasseurs qui voulaient protéger les oies blanches de l'extermination. (Elles étaient 2 500 en 1900, elles sont 450 000 aujourd'hui.) Il signale Canards Illimités, fondé par des chasseurs américains, en 1937. Le groupe a depuis amassé plus de 500 millions de dollars pour recréer des marais qui servent à la nidification de la sauvagine.

Tous les biologistes interrogés au cours de ce reportage affirment que la chasse et le trappage sont les meilleurs moyens de gérer les populations animales.

te Austin Reed, un biologiste qui poursuit des recherches sur les oiseaux migrateurs pour le Service canadien de la faune. « Les chasseurs ne récoltent que les surplus. Nous ne permettrions jamais que l'on chasse ou que l'on pêche une espèce menacée », dit Luc Poirier, le directeur des communications du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche.

Il donne l'exemple du touladi, la truite grise. Après avoir décelé une légère baisse des stocks, le ministère a imposé un nouveau règlement : depuis le printemps dernier, les pêcheurs doivent rejeter à l'eau tous les meilleurs géniteurs, les spécimens de 30 à 50 cm. Autre exemple, la chasse au chevreuil est ouverte pendant cinq semaines dans la région de Sherbrooke, où cette espèce est très abondante. En Gaspésie par contre, où l'hiver rend la vie très difficile à cet animal, la chasse au chevreuil est maintenant interdite.

Les chasseurs sont les premiers à sortir leur portefeuille pour la sauvegarde des animaux. Chaque année, les trappeurs, les pêcheurs et les chasseurs versent 1,6

Les « anti » rétorquent cependant que les chasseurs donnent dans la conservation des chevreuils, des origaux et des canards uniquement pour en tuer un plus grand nombre.

Les chasseurs disent pourtant aimer la nature et les animaux. « J'étais adolescent quand j'ai commencé à chasser, raconte l'un d'eux. Pendant quatre ans, j'y suis allé tous les week-ends sans jamais rien tuer. Mon premier canard est tombé dans le fleuve ; c'est à la nage que je l'ai récupéré ! »

« C'est le seul moment de l'année où ces gens-là peuvent mettre leurs bottes lacées et vivre leurs propres épopées, dit Pierre Perreault dans son film *La bête lumineuse*. Le reste du temps ils sont chauffeurs de taxi, ils vont voir les Expos, ils vivent les exploits des autres. La chasse, c'est leur lieu d'exploits. Ils deviennent les personnages de leurs propres poèmes. »

Pierre Perreault est lui aussi un chasseur. « J'aime être en communication avec la nature autrement qu'en tant que *bird-watcher* ou amateur de petite fleur, dit-il. Ma présence comme prédateur est aussi



La tête d'un orignal attachée sur le toit d'une voiture a quelque chose de répugnant. Pourtant, la loi obligeait les chasseurs à garder visibles les carcasses de leurs prises. On voulait ainsi décourager le braconnage. Depuis cette année, les chasseurs ne sont plus obligés d'exposer leurs prises.

naturelle et biologique que celle de n'importe quel autre prédateur. » Au sujet des extrémistes anti-chasse, il dit : « Mais qu'est-ce que les carottes leur ont fait pour qu'ils en mangent ? »

Et si les militants anti-chasse finissaient pas gagner leur bataille ? Les conséquences économiques ne sont pas à négliger. À titre d'exemple, en 1992, les Américains ont dépensé 37,5 milliards de dollars pour la chasse et la pêche.

Mais les conséquences seraient surtout écologiques. Selon plusieurs biologistes, ôter à l'Homme son rôle de prédateur dans le processus naturel serait une grave erreur. À vrai dire, tous les biologistes interrogés au cours de ce reportage affirment que la chasse et le trappage sont les meilleurs moyens de gérer les populations animales. En maints endroits, le chasseur ou le trappeur reste le seul prédateur. Souvent, en effet, les prédateurs naturels, tels

que le loup, le cougar et le lynx, ont été repoussés par la civilisation, voire exterminés, sur de vastes territoires au début du siècle.

« Si l'on interdisait la chasse, les populations de certaines espèces atteindraient des niveaux intolérables et l'on devrait payer des gens pour les abattre », dit Michel Crête, biologiste du MLCP. C'est ce qui arrive au parc national de Pointe Pelee, en Ontario. Les chevreuils menacent



Photo : MLCF / Fred Klus

la raison d'être du parc : la préservation de plantes rares qu'on ne trouve nulle part ailleurs au pays. Puisque la chasse est interdite dans nos parcs nationaux, les biologistes se tourneront dès l'an prochain vers un nouveau programme expérimental. « Au lieu d'abattre des cerfs périodiquement, nous stériliserons les biches avec des fusils à fléchettes », explique le responsable, Dan Reive. Cette solution, qui n'est pas parfaite, ne peut être appliquée que sur de petites superficies où les cerfs évoluent en vase clos.

Elle est donc impensable en Estrie, où les cerfs de Virginie pullulent. Il y avait à peine 5 900 chevreuils en 1973. Vingt ans plus tard — et malgré la chasse ! —, ils sont maintenant 70 000. « L'habitat naturel, la forêt, est surutilisé par le chevreuil », dit Réal Carbonneau, le chef du Service de conservation de la faune de l'Estrie. Pour se nourrir, les cervidés sont forcés de se rabattre dans les vergers. Ils se régalaient des ramilles des pommiers, effectuant du même coup la taille des arbres au grand désespoir des pomiculteurs. Ils fréquentent aussi les vignobles, les fraisières, les plantations de sapins, de cèdres... L'an dernier, dans cette seule région, les chevreuils ont été impliqués dans 1 500 accidents routiers.

Dans le Nord québécois, la population du troupeau de caribous de la rivière Georges a culminé à 700 000 têtes, en 1987. Mais elle décline depuis, parce que l'habitat d'été, situé le long de la rivière, ne suffit pas à nourrir la horde. « Ces fluctuations naturelles sont normales, dit le biologiste Michel Crête. Mais, compte tenu de

la capacité de support de l'habitat, nous croyons qu'en stabilisant le troupeau à 350 000 têtes nous pourrions prélever 40 000 caribous annuellement et du même coup optimiser la santé des bêtes. »

Ce n'est pas la chasse qui décime les populations d'animaux. Si le caribou est en sérieuse difficulté en Gaspésie, il ne faut pas blâmer les chasseurs (la chasse au caribou y est bien sûr interdite). Neuf jeunes caribous sur dix tombent sous les griffes des coyotes et des ours. Autre exemple :

Anticosti. En mars 1989, une seule tempête de neige tuait 40 000 des 125 000 chevreuils. Deux ans plus tard, la population était revenue à un niveau normal, malgré la chasse, dit Réal Carbonneau.

La vraie menace vient de la détérioration des habitats. Agriculture intensive sur de vastes territoires, multiplication des routes, remblayage des marais... Les chasseurs sont souvent les premiers à s'y opposer.

D'où le paradoxe. En exigeant qu'on abolisse la chasse, la pêche et le piégeage, les protecteurs des droits des animaux constituent peut-être une menace pour la faune. Les pressions des groupes autochtones, des trappeurs, des chasseurs et des autres utilisateurs de la faune protègent les habitats naturels contre les ravages des vrais ennemis des animaux sauvages : les constructeurs de barrages hydro-électriques, les compagnies minières et les entrepreneurs. ●

Que pensez-vous de la chasse ?

Et que pensez-vous de cet article ? Écrivez-nous pour nous faire part de vos commentaires. Adressez votre lettre à :

Québec Science
425, rue De La Gauchetière Est
Montréal (Québec) H2L 2M7

Bataille médiatique

À l'aquarium Sealand of the Pacific, de Victoria, en Colombie-Britannique, une tentative de libération d'un jeune épaulard par un groupe de défense des droits des animaux a provoqué la mort du baleineau. Des groupes d'action directe tel que l'Animal Liberation Front ont revendiqué des attaques en Europe et en Amérique du Nord contre des magasins de fourrures, des laboratoires de recherche, des fermes d'élevage... Ces groupes tentent des coups d'éclat pour attirer l'attention des journalistes. La guerre pour les « droits » des animaux est d'abord médiatique.

Le quotidien *Le Soleil* a reçu une pétition demandant l'abolition de la chronique de chasse et de pêche d'André-A. Bellemare. Selon le journaliste, plusieurs signataires provenaient du groupe Pro-Anima, de Neuilly-sur-Seine, en France. « Je crois qu'ils n'ont pas apprécié mes attaques contre les campagnes anti-chasse de l'actrice Brigitte Bardot », dit-il.

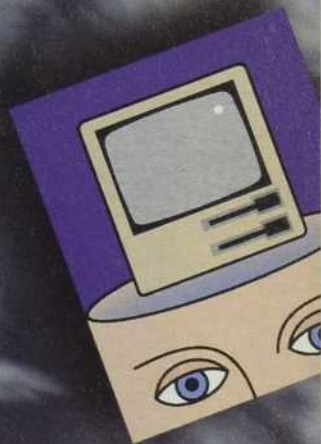
La plus épique des batailles livrées par les amis des bêtes est sans contredit la campagne pour l'abolition de la chasse aux phoques à Terre-Neuve et aux Iles-de-la-Madeleine. Brigitte Bardot, Greenpeace, l'International Fund for Animal Welfare et des armées de journalistes se sont retrouvés sur les banquettes pour filmer et photographier le « massacre ». Le sang giclaait sur la fourrure blanche...

Indignation du public, particulièrement en Europe. Des classes entières d'enfants écrivait à la Communauté économique européenne. L'importation de peaux de blanchons est interdite sur le Vieux Continent.

« Les victimes de la campagne contre la chasse aux phoques n'étaient pas de grandes corporations, des pollueurs ou des développeurs, dit le journaliste Alan Herscovici, mais des gens qui vivent près de la nature : des pêcheurs indépendants de Terre-Neuve et des Inuit de l'Arctique pour qui cette activité constituait la principale source de revenus pour le financement de leur chasse de subsistance. »

Les quotas canadiens alloués depuis 1972 aux chasseurs de phoques permettaient à la population de phoques de s'accroître.

Le Cerveau



**QUINZAINÉ
DES SCIENCES**

14 AU 31 OCTOBRE 1993



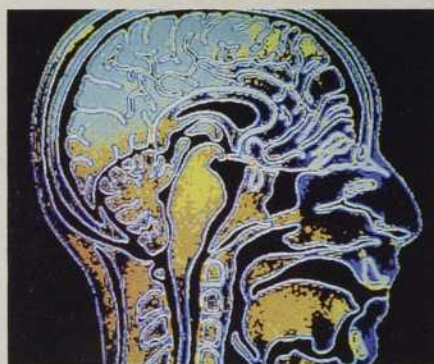
Société pour la
promotion de
la science et de
la technologie

UN CONTINENT À EXPLORER

Le cerveau humain n'est plus tout à fait une « boîte noire », comme on disait il n'y a pas si longtemps. Après des décennies de travail patient où l'on a décrit la machine, ses pièces et ses pannes, on commence à comprendre comment elle fonctionne, se développe, s'organise et, hélas, s'use.

De quelques poignées qu'ils étaient autrefois, les explorateurs de ce continent dont nous avons tous un exemplaire dans la tête sont devenus des milliers. Plus nombreux que leurs prédécesseurs, ils sont surtout beaucoup mieux outillés. La biologie moléculaire et l'imagerie médicale, pour ne citer que ces deux techniques, ouvrent la voie à ce qu'on appelle déjà, en ce début de Décennie du cerveau, « la révolution des neurosciences ».

C'est cette aventure qu'évoque le Cahier thématique de la Quinzaine des sciences 1993. Joignez-vous à ce voyage merveilleux. Nous mettons le cap sur une nouvelle frontière.



© WIP/Photo

3 UN ORGANE NOMMÉ « CERVEAU »

PAR YANICK VILLEDIEU

La machine la plus compliquée et la plus performante du monde, c'est notre cerveau. Présentation de 1 400 grammes de matière gris-rose.

7 LANGAGE : LE « OÙ » ET LE « COMMENT »

PAR ANDRÉ ROCH LECOURE

Il y a plus d'un siècle qu'on a localisé, sur l'hémisphère gauche, les « aires du langage ». Nécessaires. Mais pas suffisantes.

12 PORTRAITS ÉCLAIRS

Maryse Lassonde :

La plasticité du cerveau

Jacques Montplaisir :

L'œil ouvert sur le sommeil

Vincent Castellucci :

La mémoire au neurone près

13 Vincent Raymond : Débusquer le gène de la schizophrénie

Isabelle Peretz :

Le cerveau musicien

17 Yves Lamarre : L'homme du mouvement

20 Michel Bojanowski : Le magicien du scalpel

21 Mircea Steriade : Quand le cerveau se coupe du monde

23 Jean Gotman : La « neuro-informatique »

15 VIE ET MORT DES NEURONES

PAR ANNE-MARIE SIMARD

Si nous vivions assez vieux, finirions-nous tous avec le Parkinson ou l'Alzheimer? Vertige.

19 LA NOUVELLE MÉDECINE DU CERVEAU

PAR RICHARD FORTIN

Le coffre à outils des médecins du cerveau est de moins en moins vide. Et même de plus en plus fourni. Un inventaire.

23 QUELQUES LECTURES SUR LE CERVEAU

Le Cerveau

La publication de ce cahier thématique sur le cerveau a été rendue possible grâce à la collaboration du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science.



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

Responsables du projet :

André Lemelin et Patrick Beaudin

Rédaction :

Richard Fortin
André Roch Lecours
Anne Lecours
Anne-Marie Simard
Yanick Villedieu

Édition et mise en pages :

Les Communications Science-Impact

Révision linguistique

Solange Deschênes

Conception graphique :

Norman Dupuis

Illustrations et page couverture :

Stéphane Paquet

Photographies des scientifiques :

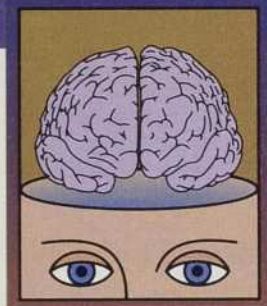
Ève-Lucie Bourque
Paul Laliberté, p. 21

Photogravure :

Compélec

Impression :

Imprimerie Canada



PAR YANICK VILLEDIEU

Un organe nommé « cerveau »

La machine la plus compliquée et la plus performante du monde est molle, vaguement gris-rose, affreusement ridée et divisée en deux moitiés pas tout à fait semblables.

Produite à des milliards d'exemplaires tous différents les uns des autres, elle pèse en moyenne 1 400 grammes, l'équivalent de deux pains tranchés. Mais quels pains ! Cette machine, entre autres talents, perçoit, ressent, commande, analyse, se souvient, apprend, aime, imagine, crée, se répare et se modifie elle-même. Et cherche depuis toujours à se comprendre. C'est le cerveau humain.

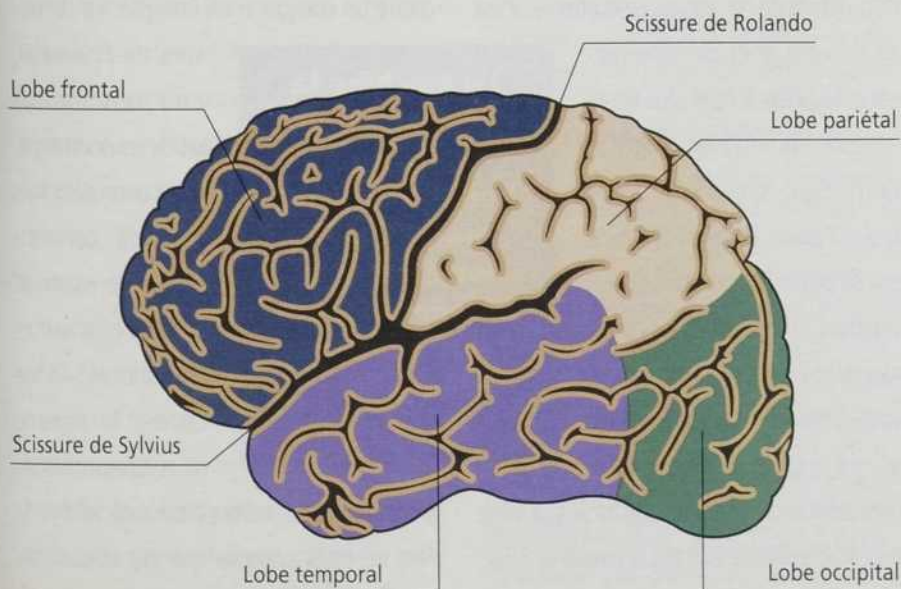
Une des merveilles du cerveau s'appelle « neurone », cellule à la fois extraordinaire et banale (*croquis, page 4*). Comme toutes les autres cellules de l'organisme, le neurone a un noyau contenant son bagage génétique. Il a un « milieu intérieur » dans lequel baigne une foule de bidules spécialisés en respiration, production d'énergie, fabrication de protéines, gestion de messages. Comme dans n'importe quelle cellule encore, le tout est recouvert d'une double épaisseur de graisse, la membrane, qui favorise ou bloque le va-et-vient biochimique entre l'intérieur et l'extérieur.

La banalité s'arrête là. Le neurone est une merveille qui a le bras long. De son « corps cellulaire » jaillit un long prolongement appelé « axone », avec lequel il s'adonne à l'un de ses petits jeux préférés :

titiller d'autres neurones. Il a aussi une imposante chevelure de « dendrites » pour son autre passe-temps : se faire titiller par ses semblables.

Le point de contact entre deux neurones est une usine électrochimique appelée « synapse » (*croquis, page 4*). Un seul neurone peut avoir des milliers, voire des dizaines ou des centaines de milliers de ces « points de titillement » avec d'autres neurones. Inextricable ! Ou carrément inimaginable : les 3 000 neurones d'un petit noyau du tronc cérébral, le *locus caeruleus*, sont en contact avec au moins 30 milliards de leurs confrères. Frénétique !

La crème du cerveau, c'est le cortex – littéralement, son « écorce » – une couche de quelques millimètres d'épaisseur qui l'enveloppe complètement (*croquis, page 6*). Comme une peau trop grande fait des plis et replis, le cortex a une surface telle que, pour entrer dans la boîte crânienne, il doit se plier et se replier sur lui-même. Il pénètre parfois presque jusqu'au centre du cerveau. Il couvre aussi toute la



Cerveau humain vu de côté (hémisphère gauche). Chaque hémisphère est divisé en lobes. Deux sillons très profonds, les scissures de Rolando et de Sylvius, délimitent certains de ces lobes. De nombreux sillons moins profonds parcourent la surface du cerveau et délimitent des circonvolutions. Plusieurs régions de la surface du cerveau sont spécialisées dans les tâches de perception (vision, audition, sensibilité corporelle) ou d'exécution (motricité). D'autres se consacrent surtout à faire des associations ou de la coordination.

**Bibliothèque
et Archives
nationales**

Québec 

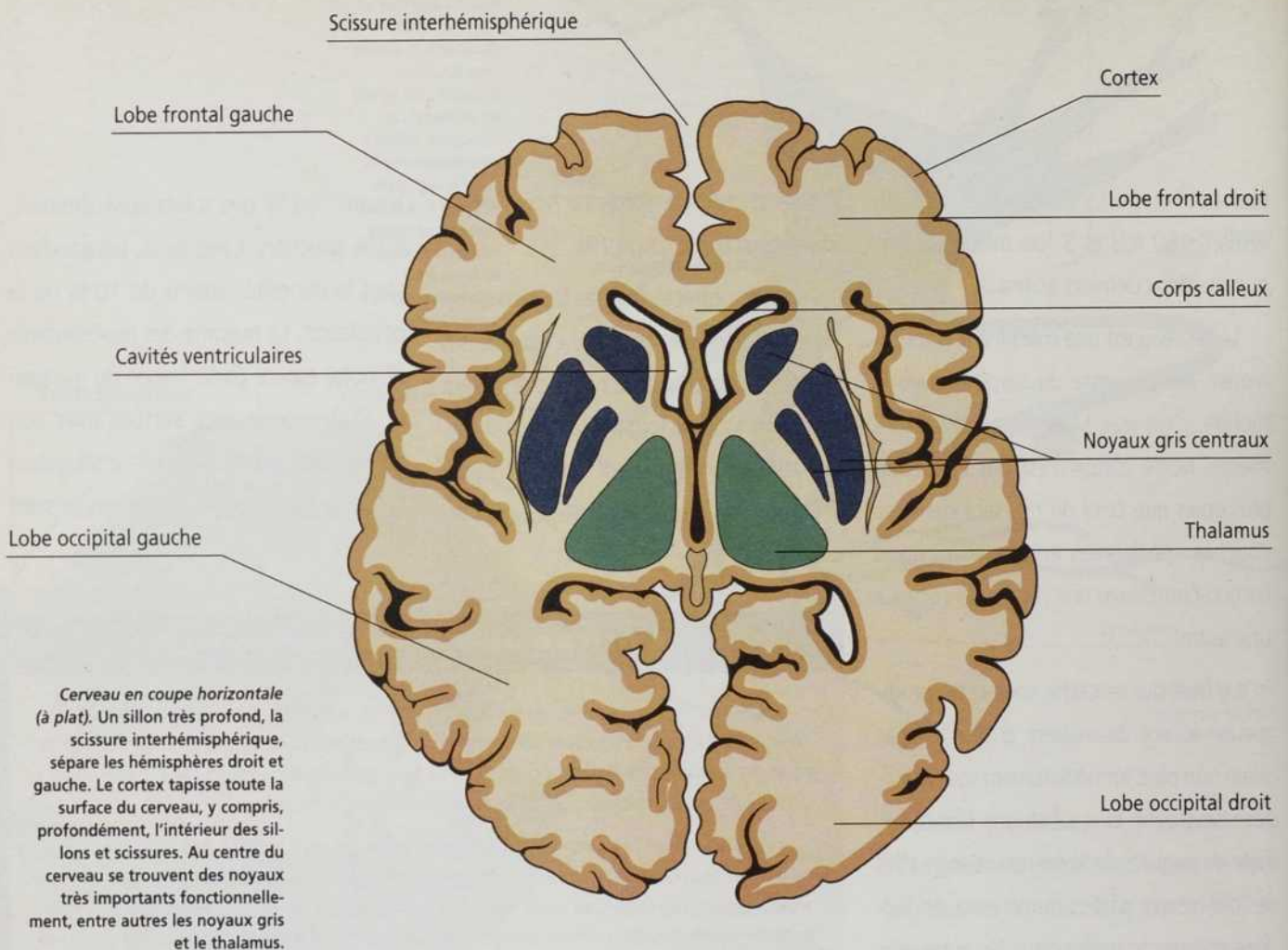
Québec science

**Page(s) manquante(s)
ou non-numérisée(s)**

Veillez vous informer auprès du personnel de BAnQ
en utilisant le formulaire de référence à distance, qui se trouve en
ligne :

https://www.banq.qc.ca/formulaires/formulaire_reference/index.html

ou par téléphone **1-800-363-9028**



FASCINANT !

Quand il vient au monde, le bébé humain a déjà – et depuis plusieurs mois – tous ses neurones dans la tête ! Ce prodigieux bagage d'une centaine de milliards de cellules, il se l'est fait en quelques semaines. Il faut dire que l'embryon ne chôme pas : à certains moments de la grossesse, il fabrique 250 000 neurones à la minute. Il faut dire aussi qu'il fait bien de se constituer des réserves : après la naissance, aucun nouveau neurone ne sera plus jamais fabriqué.

Pourtant, le cerveau n'est pas « fini » à la naissance. Il ne pèse que 300 grammes chez le nouveau-né, contre 1400 chez l'adulte. Pendant des années, les neurones vont prendre du poil de la bête. Leurs axones vont croître et s'envelopper d'une gaine isolante de

myéline. Les dendrites vont se multiplier. Les synapses bourgeonner. Des cellules autres que les neurones, qui jouent un rôle de structure, vont se multiplier elles aussi. Cette croissance durera près de 15 ans.

Deux jumeaux identiques ont-ils des cerveaux identiques ? Certainement pas. Même si les grandes lignes du plan de développement du cerveau sont sous contrôle génétique (ce qui garantit l'unité de l'espèce), le hasard des expériences et du « vécu » de chaque individu façonne la machine qu'il a entre les oreilles.

Quelques synapses par ci, quelques circuits par là... chaque cerveau est unique. Comme est unique chaque arbre de la forêt.

les choses dans leur globalité avec son hémisphère droit. Deux hémisphères valent donc mieux qu'un, même pour des fonctions aussi « latéralisées » en apparence que le langage !

Un ordinateur, le cerveau ? Difficile à soutenir. Ses performances sont tout simplement étourdissantes. Avec ses 100 milliards de neurones et ses dizaines de milliers de milliards de synapses, il dépasse encore de loin la capacité de mémoire des monstres de l'informatique. Les superordinateurs calculent l'écoulement du vent sur une aile d'avion et le temps qu'il fera après-demain. Mais savent-ils la beauté du cri de l'engoulevent dans une soirée tiède de printemps ?

Notre cerveau, oui. ■



PAR ANDRÉ ROCH LECOURS*

L'intérêt de l'être humain pour son langage ne date pas d'hier. À maints égards, les chercheurs d'aujourd'hui reprennent et poursuivent les réflexions de leurs prédécesseurs, médecins et philosophes surtout. Si les Égyptiens savaient qu'une lésion cérébrale peut causer une perte de la parole, les Européens du XVIII^e siècle, quatre millénaires plus tard, concevaient le cerveau comme un organe homogène ayant pour unique fonction de distribuer au reste du corps l'« énergie vitale », canalisée par les nerfs. C'était l'époque de la doctrine vitaliste.

Langage : Le « où » et le « comment »

Franz Joseph Gall, né en Allemagne en 1758, fut le premier à vraiment contrer le dogme. Les enseignements qu'il fit à Vienne, où il avait reçu son diplôme de médecine, eurent un effet tel qu'il trouva plus prudent de déguerpir pour Paris. Il s'opposait à la notion d'un cerveau homogène « siège de l'âme » – ce qui lui avait valu d'être excommunié. Il professait plutôt que les comportements humains étaient liés à l'exercice d'une trentaine de facultés morales et intellectuelles, par exemple le courage, l'amour parental, le sens de la propriété, l'humour, la sagesse, et aussi la mémoire verbale.

Selon Gall, chacune de ces facultés relevait d'un « organe » différent du cerveau, dont la taille déterminait l'efficacité.

La mémoire du langage était par exemple située au-dessus des orbites, ce qui donnait des yeux exorbités aux personnes les plus douées en ce domaine. Gall se croyait capable, en palpant les bosses du crâne, de déterminer le profil intellectuel et moral de chaque individu : la phrénologie, ou étude du caractère à partir de la forme du crâne, était née.

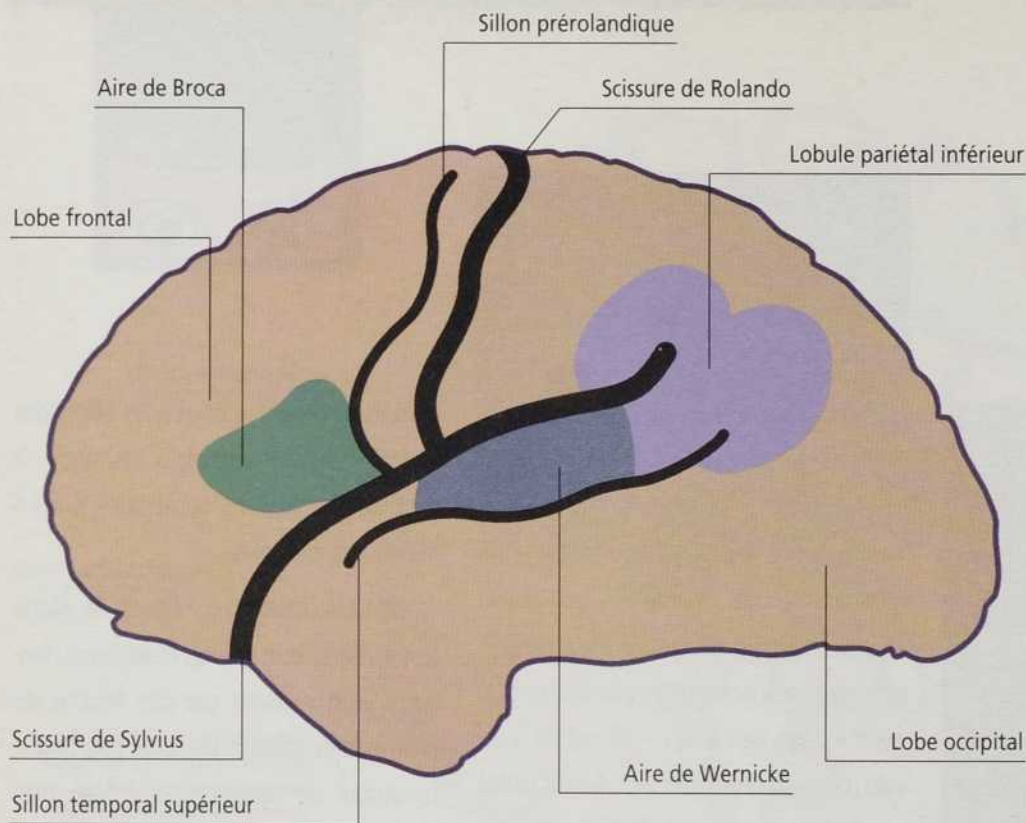
Pour ou contre la spécialisation fonctionnelle des différentes régions du manteau cérébral ? Les idées de Gall divisèrent longtemps le monde médical. Plus tard, ses partisans oublièrent les bosses du crâne ;

mais ils se mirent à décrire les effets des maladies du langage et, à l'autopsie, à localiser les lésions cérébrales qui en étaient responsables.

En 1836, Marc Dax, médecin de village en Provence, écrit que les maladies du langage sont causées par des lésions de l'hémisphère gauche. En 1865, Paul Broca, fondateur de l'anthropologie française, confirme le fait et précise que le siège de la fonction du langage articulé est très précisément dans la moitié postérieure de la troisième circonvolution frontale gauche. Comme il l'a prédit quatre ans auparavant, une phrénologie des circonvolutions du cerveau va remplacer celle des bosses. Et les maladies du langage, les « alalies » d'antan, vont devenir des « aphasies ».

Parallèlement à la phrénologie de Gall, Jacques Lordat, né en 1773 et très fervent vitaliste, avait transmis à la Faculté de Montpellier des enseignements d'une toute autre nature. Plusieurs de ses cours de « physiologie » portaient sur les « actes mentaux » successifs permettant au cerveau de partager sa pensée par le truchement du langage. Selon Lordat, le premier acte mental était la circonscription de la pensée à transmettre. Le second, la division de celle-ci en idées élémentaires. Après ces actes prélangagiers, les troisième et quatrième actes permettaient de se remémorer

* André Roch Lecours dirige le Centre de recherche du centre hospitalier Côte-des-Neiges, à Montréal, et il est professeur à l'Université de Montréal. Il a rédigé son texte avec la collaboration d'Anne Lecours.



Les aires du langage. Paul Broca et Karl Wernicke, pionniers de l'étude du langage du XIXe siècle, ont donné leurs noms à deux des aires du langage ; une troisième aire occupe une partie du lobe pariétal. Elles sont situées sur l'hémisphère gauche et chacune est spécialisée dans un type de tâches langagières. Mais la fonction langage, hautement complexe, n'est pas confinée à ces trois aires « classiques ».

les sons afin d'incarner les idées, puis d'ordonner les sons suivant une convention syntaxique. Ces quatre étapes franchies, d'autres mémoires spécialisées entraient en jeu afin que se réalise la parole, la « loquèle ».

À partir de ce modèle cognitif, Lordat faisait des prédictions vérifiables par l'observation clinique. Il expliquait par exemple que le typhus pouvait spécifiquement perturber le premier de ces actes et causer une incohérence du discours. Si une

Il y a plus d'un siècle qu'on a localisé, sur l'hémisphère gauche, les « aires du langage ». Nécessaires. Mais pas suffisantes.

émotion soudaine entravait momentanément le deuxième acte, l'individu ne pouvait pas terminer ses phrases et restait bouche bée. Dans l'« alalie par amnésie verbale », maladie du troisième acte, le

drame était double ; il y avait trouble à la fois de l'expression et de la compréhension langagières – et Lordat parlait d'expérience car il avait lui-même été victime d'aphasie au moment de la « culmination de sa force vitale ». Quant aux maladies des actes ultérieurs au quatrième, elles perturbaient la mémoire des mouvements de la parole, invalidant du fait même l'expression du langage, pourtant intact intérieurement.

Dans une large mesure, Franz Joseph Gall et Jacques Lordat sont à l'origine des deux courants toujours actuels parmi les scientifiques s'intéressant aux relations cerveau-langage. Il y a les chercheurs du « où » (Gall) et ceux du « comment » (Lordat). Mais que sait-on de plus, aujourd'hui, sur cette puissante alchimie ?

C'est en établissant des corrélations entre les sites des lésions et les manifestations des maladies du langage que les médecins du tournant du siècle ont défini

la « zone du langage ». En prenant la précaution de qualifier cette conception de « classique », on enseigne encore, dans toutes les universités du monde, que cette zone est située pour l'essentiel dans l'hémisphère gauche (*croquis*). On précise aussi qu'elle est constituée de trois régions particulières du cortex. L'une, dite « aire de Broca », est exécutive ; sise dans la moitié postérieure de la troisième circonvolution frontale, elle est dépositaire des programmes d'action permettant d'agencer les mots en phrases et de commander leur articulation. Une autre, dite « aire de Wernicke », est située dans la moitié postérieure de la première circonvolution temporale, un peu au-dessus de l'oreille ; c'est là que le cerveau emmagasine la forme auditive des mots qu'il entend.

La troisième aire se trouve aux confins fonctionnels des deux autres, dans la portion du lobe pariétal située sous la partie arrière basse de la tempe ; elle régit les

appariements arbitraires conventionnellement établis entre les sons de la langue et le savoir engendré par l'expérience socio-culturelle de chacun, et peut donc élaborer un discours sensé. Ainsi, l'individu qui entend le mot « pomme » n'évoque certes pas consciemment toutes ses expériences ayant trait aux pommes (leur odeur, leur goût, leur couleur, celles qu'il préfère, le cidre, les tartes de sa grand-mère, la personne qu'il a surnommée « Pomme »). Mais ses confins pariétaux lui permettent de comprendre le sens de ce mot dans le contexte où il l'entend – ou d'en guider la production dans le sens qu'il souhaite lui donner dans sa propre parole.

Que se passe-t-il si la zone du langage est abîmée à l'âge adulte ? En cas de lésion limitée (ou à peu près) à l'aire de Broca, c'est surtout l'expression qui est entravée. La parole devient laborieuse, maladroite. La mémoire de la forme parlée des mots, surtout celle des moins familiers, est plus ou moins défectueuse ; elle est parfois tout à fait détruite. L'énoncé (s'il peut encore se faire) et sa mélodie restent sensés ; mais les mots manquent et l'articulation est habituellement affectée.

Si une lésion détruit l'aire de Wernicke, le malade ne comprend plus le langage. Sa parole reste fluide puisque son aire de Broca est intacte, mais celle-ci est privée de ses interactions avec sa contrepartie d'origine auditive. Le discours devient jargon. Les conventions d'agencement des sons et des mots sont respectées, mais le sens s'échappe : « *Tous les jours, elle venait à*

Paris pour palé dans les cossigues, parce qu'elle prenait, pour... aussi pour entrer, le... le palais... le palais normal bien entendu, le namuture, la tocteur et l'ambetière [...] pour qu'elle sache à bien s'inscrire, à bien s'incuser [...] Et c'est là que je suis morte, là, cette année. » Il arrive qu'on pense, à tort bien entendu, que le malade est devenu fou.

Si, enfin, une lésion se limite ou presque à la troisième région, les liens entre la forme des mots et leur sens sont brisés. Même si l'intégrité de ses aires de Wernicke et de Broca lui permet encore d'émettre des mots conventionnels et des phrases bien faites, le malade ne peut plus communiquer sa pensée ni comprendre celle des autres. Les mots qu'il utilise existent, ils ne sont pas inventés. La structure de ses phrases est correcte. Mais son discours est insensé : « *On s'est surtout occupé de la partie intérieure et on s'est aperçu que, partout ailleurs, ils ont mis de petits colporteurs et ils ont pu, avec [...] un manteau colporté de la meilleure poudre, [...] former de suprêmes jugements* » (opinion d'un Français à propos de la récente élection d'un président américain).

Bref, Lordat avait sans doute raison d'enseigner que la pensée n'est pas le langage et vice-versa. Dans certains cas d'aphasie, les lésions sont telles que les procédures de sélection et de combinai-

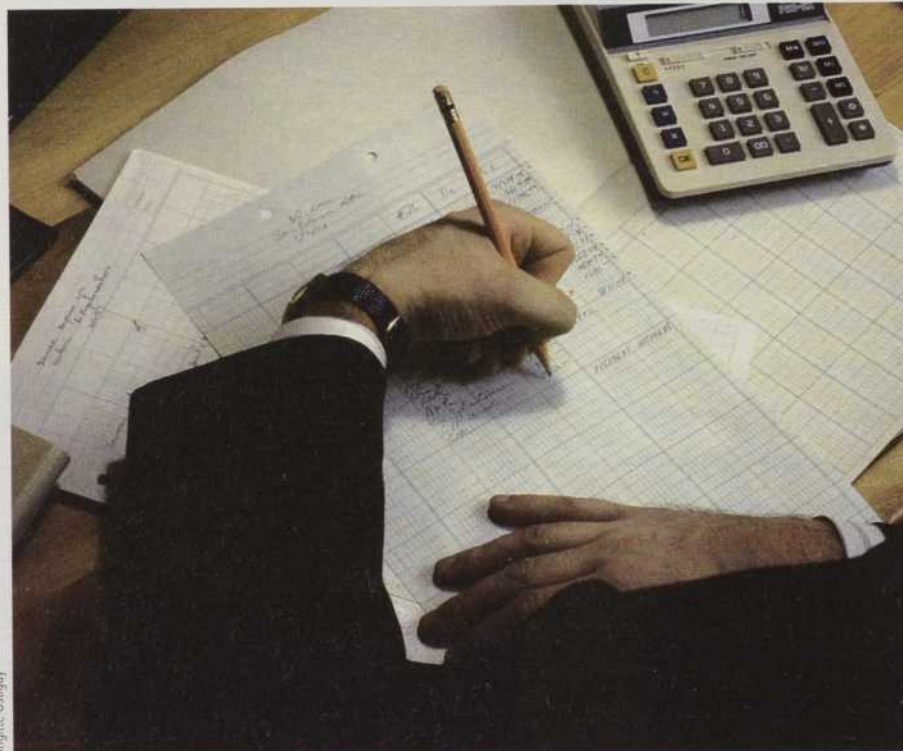
sons des sons et des mots sont anarchiques, mais la pensée intacte. C'est ainsi qu'une personne atteinte d'une aphasie de Wernicke, parlant un jargon incompréhensible, peut jouer aux échecs, et gagner. Et l'aphasique de Broca n'est ni plus ni moins « intelligent » pendant son aphasie qu'avant. Il arrive en revanche qu'on se demande si le malade a encore toute sa tête en cas de grandes lésions des confins pariétaux.

Toutes les langues ne font pas exactement appel aux mêmes habiletés de la « machine à parler » : les cerveaux jeunes, plus « souples », apprennent plus facilement les langues étrangères.



Il n'est pas inexact d'enseigner que la zone du langage est faite de l'aire de Broca, de l'aire de Wernicke, d'une portion du cortex pariétal et des prolongements de leurs cellules qui relient ces régions entre elles. L'enseignement devient cependant plus exact si l'on ajoute que d'autres structures, situées en profondeur du cerveau, participent aussi à l'esprit et au dialogue – le thalamus, par exemple, utile à l'écoute, ou les « noyaux gris », utiles à l'exécution du langage.

Reste la dimension du temps. La notion de *tabula rasa* est dépassée. Notre programme génétique prévoit le potentiel de la gauche et de la droite de notre cerveau,



Brigitte Ostiguy

Les droitiers parlent presque tous avec leur cerveau gauche. La moitié des gauchers aussi.

de sa moitié avant et de sa moitié arrière, et, dans une certaine mesure, de leurs sous-composantes respectives. Mais pour que cela s'actualise, il faut du temps, y inclus du temps après la naissance. Une lésion de l'aire de Wernicke n'aura pas les mêmes conséquences sur une personne de 4, 16, 50 ou 80 ans. La première arrêtera de parler, mais sa compréhension ne sera en général pas atteinte. La seconde n'aura pas non plus de trouble de compréhension, mais son discours sera jonché d'erreurs sur les sons (un « agent de police » deviendra aisément un « aplant de plotice »). Les deux autres auront des troubles de compréhension : la moins âgée

jargonnera dans le genre « ambetière » illustré antérieurement, alors qu'il ne restera à la plus vieille que les procédures conventionnelles régissant la liaison des sons : « Ah ! Outépé cheré redré chéri bi bi dicheré diblilton baléré di tilodon télédandré. »

En Occident, et sans doute ailleurs aussi, l'aphasie des droitiers est presque toujours le fait d'une lésion de l'hémisphère gauche. Celle des gauchers aussi, dans plus de 50 % des cas. On ne peut pour autant affirmer que cet hémisphère gouverne à lui seul le langage. De fait, il ne le gouverne que dans la mesure où sa manière particulière de traiter l'information, la manière numérique, le mène à en considérer chaque composante l'une après l'autre. Les procédures de la parole (la phonétique, la phonologie, la morphologie, la syntaxe) sont des systèmes de règles qui permettent de combiner, dans l'arbitraire, des entités sensorielles abstraites progres-

sivement plus complexes et se succédant dans le temps. De par son programme génétique et pour le modèle standard, notre « ordinateur de gauche » est prévu pour ce genre d'activité.

L'hémisphère droit, lui, est par nature globaliste, holistique. Il traite l'information dans son ensemble plutôt que séquentiellement. S'il est lésé, il en résulte parfois des comportements langagiers soulevant la perplexité. On ne parle cependant pas d'aphasie. On se demande par exemple si la mélodie du discours est adaptée au propos. Tout cela est très subtil et fait actuellement l'objet de recherches et de controverses passionnées.

Mais revenons à la dimension temps. Chacun commence sa vie en milieu aquatique, intra-utérin. Si les deux géniteurs sont à peu près bien aimés et si la mère est bien nourrie, le rôle du reste de la société est sans doute minimal à ce moment-là. Puis chacun naît. Le programme génétique commun à l'espèce doit dorénavant se façonner dans un environnement donné. Et là, les différences peuvent être grandes. À la suite d'une étude effectuée dans des sociétés où l'analphabétisme est encore fréquent, il a par exemple été montré – chez des sujets ne souffrant pas de malnutrition – que le programme génétique menant à la spécialisation du cerveau gauche pour le langage s'actualise davantage parmi ceux qui ont le privilège de la scolarisation que parmi ceux qui ne l'ont pas. Il s'agit d'un bon exemple des interactions entre le cerveau et l'environnement socio-économique.

Il y a aussi, bien sûr, les facteurs socio-culturels. Si le cerveau standard est partout le même, les informations qu'il reçoit

PAREIL, PAS PAREIL !

Le cerveau a-t-il un sexe ? La nature a-t-elle donné le même cerveau aux hommes et aux femmes ? Les différences de fonctionnement observées (car il y a de légères différences) ne sont-elles dues au contraire qu'à la culture ?

La réponse semble bien être dans la biologie aussi. Bien sûr, l'éducation et le milieu ambiant « fabriquent » des filles d'un côté, des garçons de l'autre. Mais, pour ne citer que ce facteur, l'environnement hormonal dans lequel leurs cerveaux se développent n'est pas étranger à la façon dont ils exécutent leurs tâches quotidiennes.

Mais est-il bien vrai que les hommes parlent surtout avec leur hémisphère dit « dominant » (le gauche en général), alors que les femmes utilisent davantage leurs deux hémisphères ? Ou que le cerveau masculin n'organise pas l'espace de la même façon que son collègue féminin ? Ou que les préférences sexuelles sont déterminées par des différences anatomiques entre le cerveau des unes et celui des autres ? Avant de pouvoir répondre définitivement, les chercheuses et les chercheurs devront sans doute cent fois sur le métier remettre leurs neurones...

Y. V.

varient d'une société à l'autre. Ainsi, les langues parlées peuvent procéder de principes d'organisation fort différents. Le cerveau chinois doit maîtriser des jeux de tonalité qui n'ont aucune pertinence pour le cerveau français. En revanche, ce dernier doit maîtriser des règles de préfixation et de suffixation qui n'en ont à peu près aucune pour le cerveau chinois. Il en va de même des systèmes d'écriture. Celui qu'on pratique en Chine exige du cerveau le stockage de quelques milliers de logogrammes référant directement au sens des mots. Pour apprendre à lire à voix haute, le cerveau espagnol n'a besoin pour sa part que d'un système très régulier de conversion des lettres en sons. On comprend dès lors que des lésions cérébrales comparables puissent avoir des effets différents sur les comportements langagiers d'individus de cultures différentes. Si par exemple une lésion brise spécifiquement le gadget qui permet la conversion des lettres en sons dans le cerveau, le résultat pourra être dramatique chez l'hispanisant – et n'avoir aucune expression clinique chez le Chinois.

En 1993, les chercheurs du « où » ont souvent recours aux spectaculaires techniques de l'imagerie cérébrale. Il en existe deux types principaux, l'un statique et l'autre dynamique. Dans sa forme actuellement la plus parfaite, le premier est représenté par la résonance magnétique nucléaire, technique permettant de voir l'anatomie du cerveau de façon presque aussi précise qu'à l'autopsie. Le second type est représenté par diverses techniques permettant l'observation de l'activité cérébrale (du métabolisme), par exemple au moment où le sujet, malade ou en bonne santé, effectue tel ou tel exercice cognitif.

Côté « comment », on élabore, par référence aux comportements langagiers normaux, des architectures fonctionnelles de plus en plus sophistiquées. On en confirme ou infirme les postulats par l'observation, entre autres, de divers aspects des maladies du langage. Face à un malade lisant « vert » pour « bleu », « moineau » pour « pinson », « vin » pour « bouteille », on peut postuler que l'accès à la forme visuelle des mots et l'accès à leur sens sont le fait de procédures mentales autonomes. Cette conclusion ne se fonde en aucune manière sur un savoir biologique. Il y a aussi bien sûr le « comment » physiologique mais, pour ce qui est du langage, il demeure encore à peu de choses près inaccessible.

Cette double approche du langage et de ses maladies, l'une procédant des sciences neurologiques et l'autre des sciences cognitives, peut paraître dualiste, et elle l'est dans une certaine mesure. Mais on sait que l'esprit se brise quand le cerveau est malade, et qu'il n'est plus quand le cerveau est mort. Et si l'on songe à ce qui se passera dans quelques années, décen-

nies ou siècles, quand les techniques d'imagerie cérébrale dynamique auront été perfectionnées au point de permettre de regarder la vie cérébrale dans son intimité, on peut – si l'on est de nature optimiste – prédire que les modèles des sciences cognitives guideront la recherche biologique, parce qu'ils permettront de distinguer l'important de l'inconséquent.

Plutôt que de se restreindre à la notion de localisation lésionnelle, on s'intéressera sans doute davantage aux comportements résiduels et aux reprogrammations que ces lésions supposent de la part des structures cérébrales non affectées. On voudra sans doute également mieux exploiter les ressemblances et les différences entre certaines formes d'aphasie et certains discours psychotiques. Pour ces derniers, on voudra aussi observer le fonctionnement de régions cérébrales déjà identifiées comme essentielles à la production du langage. On regardera parler le cerveau dyslexique, le cerveau polyglotte, le cerveau ému...

Il reste, grâce aux dieux, du pain sur la planche !

Maryse Lassonde La plasticité du cerveau

C'EST UN GRAND MÉDIATEUR; GRÂCE À LUI, LES DEUX HÉMISPHÈRES DU CERVEAU SE « PARLENT ». LUI, C'EST LE CORPS CALLEUX, UN « CÂBLE » LONG DE SEPT CENTIMÈTRES ET ÉPAIS DE DEUX, TRAVERSÉ PAR PLUS DE 200 MILLIONS DE FIBRES NERVEUSES ET SITUÉ ENTRE LES DEUX HÉMISPHÈRES.



Sans corps calleux, la vie quotidienne serait semée d'embûches : « Vous lavez la vaisselle, explique Maryse Lassonde, chercheuse en neuropsychologie à l'Université de Montréal. Sous la mousse, votre main gauche palpe une tasse. L'information tactile se rend dans votre hémisphère droit, qui en prend connaissance. Mais, si votre corps calleux est sectionné, le message tactile ne se rendra jamais dans l'hémisphère gauche, celui du langage. » Résultat : impossible de nommer l'objet. Pourtant, certaines personnes naissent sans corps calleux et... fonctionnent normalement. L'agénésie calleuse, du nom de cette maladie, constitue encore un mystère. Mais ce mystère, Maryse Lassonde a commencé à le percer en étudiant un enfant épileptique qui venait de subir une section du corps calleux pour éviter la transmission de la décharge électrique d'un hémisphère à l'autre. « Avant 10 ou 12 ans, les structures cérébrales ne sont pas encore établies définitivement, explique-t-elle. Il est alors facile pour les circuits électriques de se réorganiser pour que l'information circule sans passer par le corps calleux. »

C'est cette plasticité qui fascine la neuropsychologue. Et pour cause : « Si nous arrivons à tirer avantage de cette souplesse, nous réussirons peut-être à rétablir en partie les fonctions cérébrales de certains patients opérés au cerveau. » Comme le font les physiothérapeutes pour un banal mal de dos !

A.M. S.



PORTRAITS

Jacques Montplaisir : L'œil ouvert sur

IL Y A DÉJÀ PLUS DE QUINZE ANS QUE LE D^R JACQUES MONTPLAISIR EN PINCE POUR MORPHÉE. MORPHÉE N'EST POURTANT PAS TRÈS BON POUR LUI PUISQUE DEPUIS QU'IL A PRIS LA DIRECTION DU CENTRE D'ÉTUDE DU SOMMEIL DE L'HÔPITAL SACRÉ-CŒUR DE MONTRÉAL, EN 1977, IL VEILLE QUAND LES AUTRES DORMENT.

Véritable chercheur dans l'âme, le D^r Montplaisir est aussi directeur de la recherche au Département de psychiatrie de l'Université de Montréal et coordonnateur scientifique du Centre Fernand-Seguin, à l'hôpital Louis-H.-Lafontaine. Il a étudié, entre autres, au California Institute of Technology et au

département de psychiatrie et de sciences comportementales de l'Université Stanford. Il collectionne médailles, prix et bourses comme d'autres les papillons.

Son Centre d'étude du sommeil jouit d'une réputation qui dépasse largement nos frontières. Les troubles du sommeil constituent un domaine fascinant et inépuisable. Qu'on en juge : le D^r Montplaisir s'intéresse entre autres à la narcolepsie (étude génétique en collaboration avec l'Université Stanford), au traitement du somnambulisme, au bruxisme (grincements de dents au cours du sommeil), au syndrome des impatiences musculaires de

Vincent Castellucci La mémoire au neurone près

L'APLYSIE EST UN GROS ESCARGOT DE MER QUI, MÊME S'IL EST TOTALEMENT DÉNUÉ DE QUALITÉS MORALES, EST UN MODÈLE POUR LE D^R VINCENT CASTELLUCCI, CHERCHEUR À L'INSTITUT DE RECHERCHES CLINIQUES DE MONTRÉAL. LUI ET SES COLLABORATEURS VOIENT UN CULTE À CE MOLUSQUE DONT LE CERVEAU FONCTIONNE SELON LES MÊMES PRINCIPES QUE LE CERVEAU HUMAIN, À UNE ÉCHELLE TRÈS RÉDUITE NATURELLEMENT.



Constitué de 10 000 neurones bien gros, robustes, manipulables, idéaux pour l'expérimentateur, le cerveau de l'aplysie peut lui aussi apprendre, sentir, oublier. Cela se traduit par des modifications électrophysiques, biochimiques et moléculaires, surtout au niveau de la membrane synaptique où s'effectue le transfert de l'information d'un neurone à un autre. Ces transformations induites par l'apprentissage sont complexes et très similaires aux changements qui affectent le neurone humain dans des conditions semblables. Le cerveau de l'aplysie est donc un modèle simple qui rend compte de phénomènes complexes.

La méthode du D^r Castellucci consiste à trouver un réflexe modifiable par l'apprentissage, à identifier les neurones qui le régissent, puis à trouver dans ce réseau de neurones les sites où ont lieu les changements physiologiques qui accompagnent l'apprentissage et la mémoire. Il reste à analyser les mécanismes de ces changements en utilisant des techniques électrophysiologiques, biochimiques, pharmacologiques et de biologie moléculaire au niveau de la cellule.

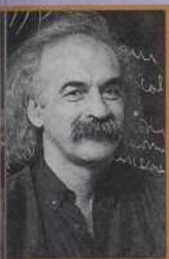
Le but de l'exercice est fascinant : comprendre la merveilleuse « plasticité » du cerveau humain, sa capacité à se remodeler sans cesse, à apprendre de la naissance à la mort.

R. F.

arts : sommeil

l'éveil... Un de ses projets de recherche les plus intéressants concerne la maladie d'Alzheimer: le ralentissement de l'électroencéphalogramme pendant le sommeil paradoxal pourrait être le marqueur le plus précoce de cette terrible maladie. Le Centre de recherche du D^r Montplaisir effectue également une étude épidémiologique de la prévalence des troubles du sommeil chez les enfants à l'école primaire.

R. F.



Vincent Raymond Débusquer le gène de la schizophrénie

AU TÉLÉPHONE, IL PARLE SANS PRENDRE SON SOUFFLE. LE D^r VINCENT RAYMOND EST SURVOLTÉ ET IL Y A DE QUOI: IL PARTICIPE À UN AMBITIEUX PROJET INTERNATIONAL QUI VA, COMME IL DIT, « RÉVOLUTIONNER LA MÉDECINE COMME LE MICROSCOPE ET L'ANTIBIOTIQUE L'ONT FAIT ». PARTOUT DANS LE MONDE, DES GROUPES DE RECHERCHE ONT ENTREPRIS UN VÉRITABLE SPRINT POUR ÉTABLIR LA SÉQUENCE DES 100 000 GÈNES HUMAINS ET, DU MÊME COUP, LOCALISER LES GÈNES DE PLUS DE 3 000 MALADIES HÉRÉDITAIRES CONNUES.

À Québec, au Centre de recherche Université Laval Robert-Giffard, ce sont les gènes responsables de la schizophrénie et de la psychose maniaco-dépressive (PMD) que tentent de débusquer le D^r Raymond et son équipe. Pour y arriver, ils étudient de grandes familles où la maladie est transmise de génération en génération. À l'aide de prélèvements sanguins, ils examinent le bagage génétique d'un individu, puis tentent d'identifier les gènes transmis chez les descendants atteints. Un travail de longue haleine...

Mais l'enthousiasme de Vincent Raymond, qui vient d'être recruté par le Centre hospitalier de l'Université Laval, ne fléchit pas: « Le projet de cartographie avance plus vite que prévu. Nous pourrions localiser puis isoler les gènes de susceptibilité de la schizophrénie et ceux de la PMD d'ici 10 à 15 ans. » Saurons-nous alors guérir ces maladies? Vincent Raymond en doute: « Nous pourrions poser des diagnostics beaucoup plus précis à l'aide de marqueurs génétiques. Nous pourrions mieux utiliser les médicaments connus. Guérir, peut-être, contrôler... probablement! La PMD n'est qu'une exagération des cycles émotionnels normaux et la schizophrénie est intimement liée à l'imagination. En tentant d'éliminer ces maladies, nous risquerions d'affecter la personnalité du patient. »

A.M. S.



Isabelle Peretz Le cerveau musicien

« LOVE LOVE ME DO... » MÊME SI C., UNE INFIRMIÈRE DE 38 ANS, A ENTENDU MILLE FOIS LA RENGAINÉ DES BEATLES, AUJOURD'HUI LE CÉLÈBRE REFRAIN NE LUI DIT PLUS RIEN. À CAUSE D'UN ACCIDENT VASCULAIRE DANS LES LOBES TEMPORAUX, ELLE A PERDU LA CAPACITÉ DE RECONNAÎTRE UNE MÉLODIE ET EN MÊME TEMPS... L'INTÉRÊT POUR LA MUSIQUE. LES CLASSIQUES DU ROCK OU DU BAROQUE NE LUI PROCURENT PLUS AUCUNE ÉMOTION. UN CAS FASCINANT POUR ISABELLE PERETZ, PROFESSEURE AU DÉPARTEMENT DE PSYCHOLOGIE DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL, QUI TENTE DE COMPRENDRE COMMENT LA MUSIQUE EST PERÇUE PAR LE CERVEAU.

C., dont ni le langage ni la mémoire n'ont été affectés, saisit encore les

variations de rythme. Et Isabelle Peretz n'en est pas vraiment étonnée: selon elle, le cerveau sépare les composantes de la musique (rythme, mélodie, tonalité...) avant de les analyser. Afin d'identifier les parties du cerveau qui déchiffrent la musique, elle soumet des sujets normaux et des « cérébro-lésés » à une batterie de tests. « Au gré de mes expérimentations, confie la chercheuse d'origine belge, j'ai été étonnée de constater le savoir des non-musiciens. Sans s'en douter, ils connaissent les règles tonales et réussissent des choses époustouflantes. »



Avons-nous tous une collection de syntaxes musicales imprimée dans la mémoire? Pour Isabelle Peretz, le mystère sera un jour éclairci: « Nous assistons à une véritable explosion en psychologie de la musique. Dans quelques années, nous aurons beaucoup plus de réponses. » Saurons-nous enfin comment et pourquoi le merengue égaye, alors que le blues rend mélancolique?

A.M. S.



S. Dall'asta/abnphoto

PAR
gic
ne
Ce
Ne
un
m
re
r
D
a

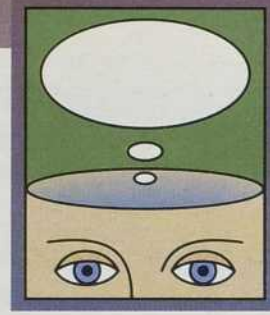
PAR ANNE-MARIE SIMARD

Vie et mort des neurones

« Balai, valise, citron, fenêtre, pigeon, carotte, rivière », articule lentement Arlette Poissant, du Centre de recherche Côte-des-Neiges, à Montréal. En face d'elle, une septuagénaire svelte et bien mise plisse les yeux et tente de répéter la séquence : « Carotte, rivière... Carotte, rivière... Mon Dieu ! J'aurais dû commencer par le début. Je les ai tous oubliés ! »

L'élégante dame a bien réussi la plupart des épreuves de ce test cognitif, mais... elle a la mémoire qui flanche. Question d'âge : comme la peau qui ride, le cerveau subit la marque inexorable du temps. Et ça commence tôt : selon les spécialistes, les performances cognitives sont sur le déclin à partir de... 30 ans. En plus des pannes de mémoire, la rapidité du raisonnement diminue, la faculté d'apprentissage s'amoin-drit et la vision en trois dimensions perd en acuité. Puis c'est la capacité d'abstraction qui commence à avoir des ratés. Les régions du cerveau qui régissent le mouvement subissent aussi l'outrage des années ; le corps se raidit et contraint son « occupant » à se déplacer avec prudence. Des changements peuvent également affecter le langage, mais cette faculté est souvent épargnée par le vieillissement. « C'est peut-être parce que nous ne cessons jamais d'utiliser la parole », dit le Dr Serge Gauthier, directeur du Centre McGill pour études sur le vieillissement.

Mais que se passe-t-il dans la boîte crânienne pour provoquer un tel déclin ? Le changement le plus frappant, c'est la réduction de la masse du cerveau. D'un poids moyen de 1,4 kilogramme, le noble organe peut perdre jusqu'à 20 % de sa masse entre 20 et 90 ans. Les photos des livres de médecine coupent le souffle : la coupe transversale d'un cerveau âgé



montre de grands trous en plein centre, comme si les ventricules où circule le liquide céphalo-rachidien s'étaient démesurément élargis. En fait, ce sont les tissus alentour qui se sont atrophiés. En périphérie, de grandes cavités séparent maintenant les circonvolutions du cortex.

Où se sont envolés les tissus manquant ? Ce sont surtout les neurones qui disparaissent, foudroyés les uns après les autres. Mais l'hécatombe, qui commence dès les premiers jours de la vie, attaque plus durement certaines régions du cerveau. Deux petites structures, la « substance noire » et le *locus caeruleus*, responsables respectivement de la spontanéité du mouvement et des cycles éveil-sommeil, sont particulièrement atteintes. Le système limbique, qui joue un rôle majeur dans l'apprentissage, la mémoire et les émotions, peut aussi devenir zone sinistrée : dans cette région, un neurone sur cinq aura disparu avant que le sujet n'atteigne 90 ans. Finissent aussi sur l'échafaud des cellules particulièrement importantes du cortex, les cellules pyramidales.

Passé au scalpel et au microscope, le cerveau âgé livre d'autres secrets : les dendrites, les « branches » des neurones qui permettent la réception de l'influx nerveux, s'atrophient. L'effet est observé surtout dans l'hippocampe et dans le cortex. Puis,



D. Vayer/Photofoto

à l'intérieur même des neurones, le cytoplasme devient parsemé de granules contenant un pigment nommé « lipofuscine ». Ces granules sont les débris du métabolisme de la cellule. Des paquets de filaments hélicoïdaux de protéines, les



Le vieillissement n'est pas la chose la mieux partagée du monde : le peintre Pablo Picasso est mort en pleine jeunesse de l'esprit et du corps, à 92 ans !

« dégénérescences neurofibrillaires », envahissent également le cytoplasme des neurones. Entre les neurones, d'indésirables masses sphériques de protéines, les « plaques séniles », apparaissent ici et là. Pour couronner le tout, certaines cellules gliales – le tissu de support des neurones – commencent à se multiplier et à croître sans raison. Résultat : elles embroussaillent les neurones et nuisent à la bonne circulation de l'influx nerveux.

La vieillesse, dit-on, est un retour en enfance. Lorsque l'enfant naît, son cerveau n'est qu'un amas désorganisé de neurones, une forêt vierge. Avec l'apprentissage, d'imposants réseaux routiers se dessinent peu à peu dans les lobes cérébraux. Mais, avec les années, les chemins deviennent cabossés et envahis par la végétation...

Ce sont les zones affectées aux tâches plus sophistiquées qui sont d'abord atteintes. L'hypothalamus, qui régularise la température du corps, « vieillit » peu. « Il est situé en plein centre du cerveau, explique le Dr Serge Gauthier, une zone hautement protégée et très résistante aux dégénérescences de l'âge. Les vaisseaux sanguins y sont présents en double et même en triple pour contrecarrer les failles. Il le faut : si cette partie du cerveau flanche, c'est la fin ! »

En observant les changements qui affectent le cerveau, les chercheurs aboutissent toujours à la même question : quelle est la cause fondamentale du vieillissement ? On pointe du doigt les radicaux libres, c'est-à-dire les déchets rejetés par la cellule lorsqu'elle respire. Ces molécules extrêmement réactives peuvent percer la membrane des neurones, qui finissent par éclater et mourir. Certaines enzymes ont pour tâche de les neutraliser, mais elles deviennent moins efficaces avec l'âge. « Le système enzymatique est comme un papier buvard ; lorsqu'il s'imbibe trop, il ne peut plus absorber les radicaux libres », dit le Dr Gauthier.

Mais n'y a-t-il pas derrière tout ça un chef d'orchestre pour diriger le dernier mouvement jusqu'à la note finale ? On pourrait le croire : on vient de démontrer qu'un « gène de la mort » prédétermine le nombre de divisions que des cellules de la peau peuvent encourir pendant une vie humaine. Une telle horloge génétique pourrait-elle agir de même sur les neurones ? « Non, répond Serge Gauthier. Les neurones ne se divisent pas ; ils meurent sans être remplacés. »

Chez les gens âgés sains d'esprit, les anomalies physiologiques restent plutôt limitées : ils n'ont perdu que de 5 % à 30 % de leurs neurones. Les autres dégénérescences montrent à peu près le même écart par rapport à la « normale ». Mais curieusement, même avec 30 % de perte, la pensée est peu affectée. Le cerveau dispose, semble-t-il, d'une grande souplesse qui lui permet de pallier les pertes en neurones. Plus mystérieux encore : il y a généralement corrélation entre les dommages et l'« équilibre », mais ce n'est pas toujours le cas. « D'autres facteurs de vieillissement nous échappent encore », reconnaît Yves Joannette, du Centre de recherche Côte-des-Neiges.

« Si tous les hommes sont égaux, certains sont plus égaux que d'autres », disait ironiquement George Orwell, l'auteur de 1984. D'un côté, les choyés par la nature : Victor Hugo, qui écrivait encore de fort belles choses à 83 ans ; Pablo Picasso, peintre prolifique et amant infatigable jusqu'à 92 ans. De l'autre côté du ring :



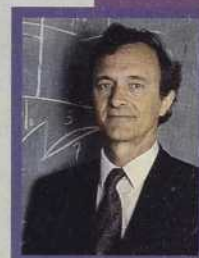
Yves Lamarre L'homme du mouvement

LE DR YVES LAMARRE S'EST ENGAGÉ DÈS 1960 DANS UNE CARRIÈRE DE RECHERCHE EN NEUROPHYSIOLOGIE SOUS LA DIRECTION DU DR JEAN-PIERRE CORDEAU, AVEC QUI IL A COMPLÉTÉ, EN 1964, UN DOCTORAT PORTANT SUR LE TREMBLEMENT EXPÉRIMENTAL DE TYPE PARKINSONNIEN.

Les différents aspects du contrôle normal et pathologique du système moteur ont toujours constitué le thème central des recherches de Yves Lamarre. Il a entre autres effectué des études électrophysiologiques, neuro-anatomiques et pharmacologiques sur des préparations animales dont le tremblement s'apparente étroitement à celui des parkinsoniens. Ce travail devait mener tout naturellement à la formulation d'hypothèses sur le tremblement de type parkinsonien, le tremblement dit « essentiel » et le tremblement physiologique chez l'humain.

Depuis le début, le Dr Lamarre a donc poursuivi un secteur de recherche qui semblait relativement simple : l'observation du tremblement. Mais ses travaux l'ont conduit vers l'étude des problèmes, beaucoup plus complexes et fondamentaux, du contrôle moteur chez l'humain et le primate.

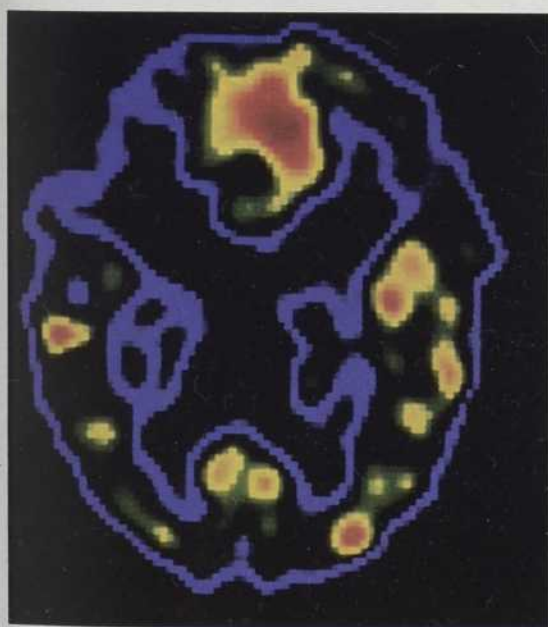
Le Dr Lamarre a exercé une profonde influence sur le développement de sa discipline au Québec. Jouissant d'une reconnaissance internationale dans les milieux de la recherche en neurologie, il a aussi contribué à former de nombreux chercheurs. Un phare.



R. F.

ceux qui, dès la soixantaine, sombrent dans un état quasi végétatif. Les neuropsychologues, ces spécialistes de l'évaluation des performances cognitives, notent aussi cette inégalité. Dans la vingtaine, tout le monde obtient des résultats comparables aux tests ; à l'autre bout de la vie, les différences entre individus s'accroissent.

Est-ce vraiment « normal » pour le cerveau de vieillir ? Pour certains scientifiques, l'affaiblissement intellectuel est une caractéristique « normale et inéluctable » de l'âge. D'autres croient que la perte des facultés cognitives est une maladie dont on ignore encore les causes. Le débat est d'une importance capitale. Combien de pertes de mémoire quotidiennes et quel degré de confusion un vieillard doit-il subir avant d'être considéré « dément » ?



Cette image obtenue par tomographie à émission de positons (TEP) permet de voir « en direct » une des manifestations de la maladie d'Alzheimer : la diminution du débit sanguin cérébral dans les lobes pariétaux.

Avec les ravages de la maladie d'Alzheimer, le temps presse. Au Canada, 160 000 personnes en souffrent actuellement. C'est la cause de démence numéro 1. Passé 75 ans, les risques d'en être atteint grimpent à un sur dix. Particulièrement vigoureuse est la forme « présénile » de la maladie, qui frappe entre 50 et 65 ans. La détérioration mentale est plus rapide, plus sévère et les lésions cérébrales sont plus diffuses. Un plus grand nombre de cas familiaux sont observés chez ces patients. Quand la maladie apparaît après 65 ans, on parle de sa forme « sénile ». La classification semble toute-

fois arbitraire : l'âge frontière entre les deux formes baigne dans le flou.

Les anomalies neurochimiques observées dans l'Alzheimer ressemblent à celles du vieillissement « normal » : plaques séniles dans l'espace intraneuronal, puis granules de lipofuscine et paquets de filaments hélicoïdaux dans le cytoplasme des neurones. Le défi : trouver les véritables « marqueurs » de l'Alzheimer. Et surtout un remède. La découverte d'un déficit en acétylcholine – un neurotransmetteur – dans le cerveau des malades avait ravivé l'espoir. Un traitement biochimique pourrait-il combler le manque ? Probablement pas : plusieurs autres systèmes de neurotransmetteurs entrent en jeu dans cette triste maladie.

Il y a deux ans, des chercheurs du St-Mary's Hospital, à Londres, ont trouvé le

PIONNIER !

Il a donné son nom à une artère importante de Montréal – et ce n'est que justice puisqu'il a fait connaître le nom de Montréal, et celui de l'Institut neurologique qu'il y fonda en 1934, aux quatre coins de la planète.

Américain d'origine, Wilder Penfield est le premier neurochirurgien à avoir exercé au Québec, à partir de la fin des années 20. Mais cet as du bistouri est surtout un des très grands pionniers de la science du cerveau. Son traitement chirurgical de l'épilepsie permit des découvertes majeures sur la perception, la motricité, le fonctionnement de la mémoire...

Quand il est mort à 85 ans, en 1976, le Dr Penfield venait de publier un livre intitulé *Mystery of Brain*. « L'interrelation entre le cerveau et l'esprit, écrivait le professeur de McGill, est une énigme que les scientifiques et les médecins auront toujours à résoudre. » La question le fascinait. Elle fascine encore. Ses propos restent d'une étonnante actualité.

(Pour en lire plus, voir *Une passion, la science*, par Claire Chabot, Éditions MultiMondes, 1990, 149 p.)

gène à l'origine de la formation des plaques séniles. Il s'agit d'un gène défectueux dont les instructions erronées mènent à la production d'une protéine, la bêta-amyloïde. C'est de cette substance que sont constituées les plaques séniles. Une équipe du Mount Sinai School of Medicine, aux États-Unis, a démontré que cette accumulation de protéines amyloïdes contribue au « débranchement » progressif des circuits neuronaux dédiés à la mémoire et à la pensée. Selon eux, le système limbique – essentiel dans l'organisation des processus mentaux – perd de plus en plus contact avec les autres régions cérébrales. D'où le déclin de la mémoire, du langage, du jugement et de la capacité d'abstraction caractéristique de la maladie d'Alzheimer.

Dans la vie quotidienne, c'est la catastrophe. Le sujet perd ses repères temporels et le jour, le mois, l'année ne signifient plus rien. Le discours devient incohérent. Il ne réussit plus à accomplir les gestes de la vie courante : se laver, s'habiller ou manger. Victime d'hallucinations et d'anxiété, il ne se reconnaît plus dans la glace. Après cinq ou six ans, il est devenu incontinent et a perdu toute autonomie. La fin est proche...

Les neurologues tentent de détecter la maladie le plus tôt possible. Ce n'est pas facile : pour faire son diagnostic, le spécialiste ne peut se baser que sur les manifes-

tations neuropsychologiques. Ce n'est qu'à l'autopsie qu'on verra si le patient souffrait bien d'Alzheimer ou d'un autre mal aux symptômes similaires : profonde dépression, accidents cérébro-vasculaires multiples, etc. « Notre moyenne au bâton se situe quand même autour de 90 % », affirme avec humour Yves Joanette.

La maladie de Parkinson est plus facile à diagnostiquer. Dans les premiers temps, le patient est sujet à des tremblements et éprouve de la difficulté à s'asseoir ou à se lever. Il sera secoué par des spasmes de plus en plus violents. Nous savons aujourd'hui que ces malades souffrent d'un déficit en dopamine, un autre neurotransmetteur produit notamment par les neurones des « noyaux gris centraux ». Pour une raison inconnue, ces neurones dépérissent et laissent derrière eux des voies de communication coupées. Un médicament, la L-dopa, est utilisé pour compenser le manque en dopamine. Mais la L-dopa ne

guérit pas les patients ; elle ne fait qu'atténuer les symptômes.

Dans les régions sensibles du cerveau, le Parkinson peut décimer jusqu'à 70 % des neurones. Chez les personnes âgées « normales », mais moins agiles, cette perte en neurones atteint 30 % ou 40 %. Un peu comme une corde qui s'use brin après brin jusqu'au jour où elle casse : c'est à ce moment qu'apparaît la maladie... En

traçant d'un trait la courbe décroissante de dopamine dans le cerveau en fonction des années, Serge Gauthier réfléchit à voix haute : « Si nous étions immortels, nous serions tous victimes du Parkinson vers 110 ans ! »

Serions-nous aussi tous atteints d'Alzheimer ? « À cet âge-là, plus personne n'en serait victime », affirme Yves Joanette. Pourquoi ? Il explique : « Très peu de nouveaux cas se déclarent après 90 ans. Beaucoup de chercheurs croient donc que la maladie ne peut plus apparaître passé cet âge. Mais il est vrai que cette idée demeure controversée. »

À quand l'élixir de jeunesse qui permettra de garder l'esprit clair et vif jusqu'à 110 ans ? Yves Joanette sourit : « Le vieillissement répond à des causes multiples : ça prendrait plutôt un cocktail d'élixirs ! Pour l'instant, nous ne sommes même pas capables d'entrevoir les pistes qui nous y mèneraient. C'est du pur fantasme ! » ■

PAR RICHARD FORTIN

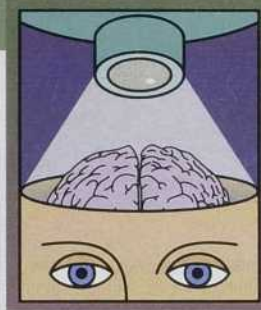
Depuis qu'un certain personnage de roman appelé Frankenstein a créé un monstre célèbre, la médecine du cerveau n'a jamais inspiré confiance. Le siège de la conscience – et de l'âme – a toujours été considéré comme inviolable, d'autant que Dieu, en l'enfermant dans la boîte crânienne, l'a protégé des apprentis sorciers. Mais la neurologie, chirurgicale ou médicale, laisse de moins en moins de place à l'empirisme et, partant, aux apprentis sorciers. De sorte que ses progrès sont tout simplement phénoménaux.

La nouvelle médecine du cerveau

La neurochirurgie d'aujourd'hui observe un précepte cardinal : respecter les structures cérébrales normales. Le temps pas si lointain où les chirurgiens exploraient le cerveau en le triturant avec pinces et écarteurs est révolu. On connaît chacun et chacune des structures, replis, circonvolutions, artères et artérioles du cerveau, de sorte que les micro-instruments du praticien peuvent s'y glisser sans endommager les circuits infiniment délicats qu'une lésion minuscule peut détruire à jamais. L'anatomie du cerveau n'est plus une *terra incognita* : le neurochirurgien intervient en un point précis, identifié de la masse cérébrale, que ce soit pour extraire une tumeur ou ligaturer un anévrisme.

Les progrès fulgurants de la neurochirurgie sont le résultat de plusieurs facteurs. L'imagerie médicale

La tomodynamométrie (scanner) tourne autour de la tête du sujet en prenant des clichés sous tous les angles possibles. L'ordinateur reconstitue l'image en coupes tomographiques, c'est-à-dire en fines tranches du cerveau à une profondeur voulue. L'assemblage donne un portrait tridimensionnel de l'encéphale, ce que ne permettait pas la radiologie classique.



M. Tremblay/Publiphoto

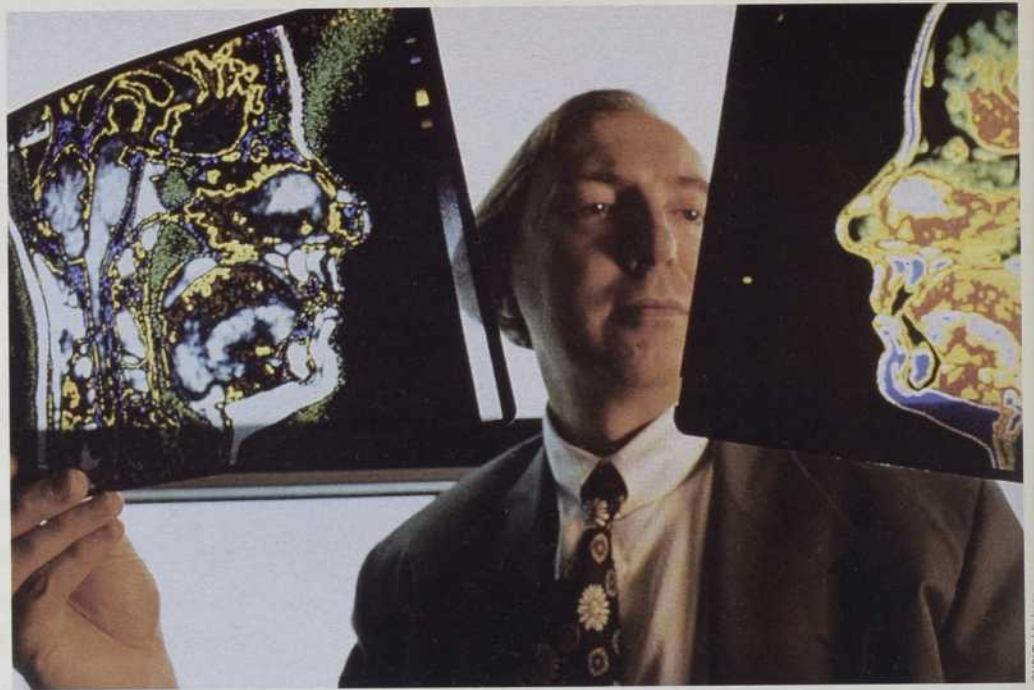
permet de faire des diagnostics rapides et sûrs, ce qui autorise des interventions promptes et précises. Mais une des principales raisons du succès des opérations tient à un aspect méconnu et pourtant essentiel de la technique chirurgicale : un préparation adéquate du tissu cérébral.

Une meilleure connaissance physiologique des neurones permet de les protéger contre les effets du traumatisme opératoire. Des produits comme des anticalciques ou des barbituriques, qui ralentissent le métabolisme des cellules, les rendent résistantes à la privation temporaire d'oxygène. On peut aussi « assouplir » le cerveau et prévenir ainsi les hématomes et les enflures, qui causaient tant de complications dans le passé.

La technique chirurgicale elle-même s'est considérablement améliorée. Grâce à l'utilisation de microscopes de plus en plus adaptés à la chirurgie du cerveau, on peut atteindre des tumeurs enfouies profondément en se glissant dans les « espaces » interstructuraux. Des micro-aspirateurs ultrasoniques permettent de morceler et d'aspirer les tumeurs avec le minimum de dommage aux cellules saines environnantes.

Bref, il n'y a pratiquement plus de régions inaccessibles dans le cerveau. Tumeurs, anévrismes, foyers épileptiques

La résonance magnétique nucléaire (RMN) repose sur les propriétés magnétiques de la matière. À l'état normal, les atomes émettent des ondes magnétiques qui vont dans toutes les directions. En présence d'un champ magnétique constant, ces ondes s'alignent dans une même direction. Les noyaux atomiques ainsi aimantés révèlent leur position en « résonnant », c'est-à-dire en émettant un signal particulier. Le traitement informatique des signaux permet de reconstruire des images spectaculaires. La RMN présente en outre l'avantage remarquable de ne pas exposer le patient aux rayons X, dont on connaît le danger à long terme.



CNRS/publiphoto

Michel Bojanowski Le magicien du scalpel

10 H 15 DU MATIN, DANS UNE SALLE D'OPÉRATION DE L'HÔPITAL NOTRE-DAME. SUR LA TABLE, SEUL UN BOUT DE TÊTE ÉMERGE DES GRANDES TOILES VERTES QUI RECOUVRENT LE CORPS DU PATIENT. LA PEAU OUVERTE LAISSE VOIR L'OS CRÂNIEN DANS LEQUEL UN TROU OVALE A ÉTÉ TAILLÉ.



Sur les conseils de Michel Bojanowski, neurochirurgien, le médecin-résident découpe délicatement la dure-mère, cette solide membrane qui enveloppe le cerveau. Ça y est : une masse grisâtre de consistance gélatineuse parcourue de vaisseaux sanguins apparaît. Surprise : le cerveau bat, au rythme de l'afflux de sang dans les artères ! « La première fois que j'ai vu un cerveau », confie Michel Bojanowski, j'ai trouvé ça tellement beau que j'avais envie de pleurer. »

Ce jour-là, le neurochirurgien s'apprête à « réparer » un anévrisme dans l'artère carotide. Véritable bombe à retardement, la poche peut, en crevant, tuer le patient. Le défi : atteindre l'anévrisme en se glissant entre les lobes sans rien abîmer... Un gigantesque microscope est placé au-dessus de la tête du patient et les images sont transmises sur un écran de télévision. Les yeux fixés aux oculaires, le neurochirurgien guide ses minuscules instruments. Tout au fond, à une dizaine de centimètres de la surface, voici l'artère ventrue ! Le spécialiste appose un clip métallique sur l'anévrisme. ça y est ! La poche est fermée et le sang ne pourra plus s'y engouffrer.

« Le D^r Bojanowski ne vous le dira pas lui-même, chuchote le résident, mais il est un des meilleurs dans sa discipline. » Pour le D^r Bojanowski, opérer un cerveau est le plus beau des violons d'Ingres : « Il m'arrive de passer de 12 à 15 heures en salle d'opération. Je ne vois pas le temps filer. J'ai tellement de plaisir ! »

A. M. S.

et caillots peuvent être débusqués jusque dans la base de l'organe. Et les pronostics s'améliorent sans cesse.

Curieusement, ce sont les... ingénieurs qui ont rendu possibles de tels prodiges. Depuis une vingtaine d'années, plusieurs avancées technologiques ont permis de sonder, de voir, d'écouter le cerveau en marche. Les chercheurs disposent maintenant d'un arsenal impressionnant d'outils, certains anciens, d'autres ultramodernes, sans lesquels il serait impossible d'explorer le territoire cérébral, retranché derrière la muraille crânienne.

Inventé en 1929, l'électroencéphalographie est toujours très utile et très utilisée. Elle a révélé les rythmes universels du cerveau : alpha au repos, bêta chez le sujet attentif et gamma durant le sommeil. Ces oscillations bien connues ne sont toujours pas bien expliquées : elles cachent sans doute un phénomène essentiel pour la compréhension de la nature du cerveau et de la pensée.

Même si elle date de 1895, la bonne vieille radiologie de Roentgen n'a pas été reléguée aux oubliettes. Elle constitue toujours un moyen rapide et peu coûteux d'explorer la boîte crânienne. Toutefois, les rayons X, qui ne distinguent pas les faibles différences de densité, ne rendent pas une image fine du cerveau. Les médecins contournent la difficulté en injectant dans les artères des produits radio-opaques qui permettent de visualiser les vaisseaux cérébraux. Cette technique, l'angiographie, sert autant à établir un diagnostic (hémor-

ragie, tumeur, obstruction) qu'à guider le clinicien durant une opération.

La tomodensitométrie assistée par ordinateur, plus connue sous le nom de « scanner », a redonné une nouvelle jeunesse à la radiologie (photo, p. 19). En son temps, le *scanner* a été salué comme un progrès technologique majeur par les neurologues. Cher, encombrant et rare, au Québec en tout cas, il ne profite toujours pas à tous les malades.

Technique relativement récente, l'échographie a aussi sa place en neurologie.

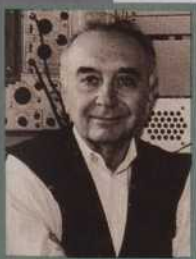
L'échographie, qui consiste à envoyer des impulsions acoustiques dont les échos répercutés par les tissus renvoient une image, souffre d'une tare fondamentale : les ultrasons ne traversent pas la boîte crânienne. Mais pour le bébé dont la fontanelle n'est pas refermée, ou pour le patient trépané, l'échographie est un complément diagnostique utile.

La grande révolution actuelle dans le domaine de l'imagerie médicale a pour nom « résonance magnétique nucléaire », ou RMN. Résultat d'une application des principes de la physique quantique, la RMN a un double avantage : elle donne des informations à la fois anatomiques et fonctionnelles sur le cerveau en marche. La qualité des images est renversante : le traitement informatique permet une lecture précise et contrastée de toutes les régions de l'encéphale (photo, p. 20).

Mais c'est lorsqu'elle est utilisée en parallèle avec la tomographie par émission de positons (ou TEP) que la RMN donne la pleine mesure de ses possibilités. Superposée à l'image anatomique fournie par la RMN, la TEP permet de « voir » le cerveau humain sentir, penser, agir. Comme l'ampoule allumée figurant, dans les bandes dessinées, le personnage frappé par une idée, l'expérimentateur peut voir différentes régions du cerveau s'« allumer » en temps réel pendant le processus de la pensée. Il constate par exemple que l'apprentissage d'un mouvement mobilise une grande partie du cortex, alors que le même mouvement appris fait appel à une

Mircea Steriade Quand le cerveau se coupe du monde

ÇA ARRIVE À TOUS, EN PRINCIPE DU MOINS, UNE FOIS PAR JOUR OU PAR NUIT.
ET POURTANT, ON EXPLIQUE ENCORE DIFFICILEMENT CE QUI SE PASSE DANS NOTRE
CERVEAU EN CE DÉLICIEUX INSTANT QU'EST CELUI OU L'ON S'ENDORT.

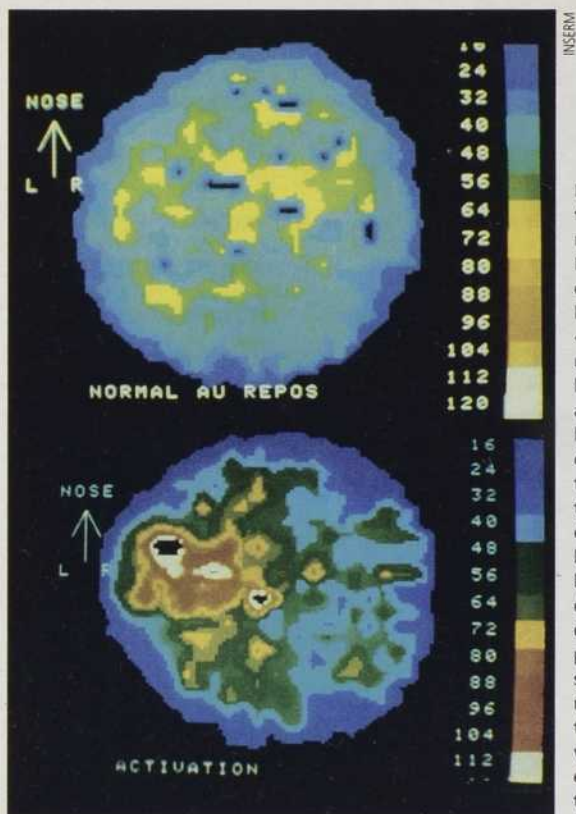


Ou plutôt, on *expliquait* mal, car les travaux du Dr Mircea Steriade ont levé un coin du voile qui pesait sur le mystère. Fondateur et directeur, depuis près d'un quart de siècle, du Laboratoire de neurophysiologie de l'Université Laval, le Dr Steriade se passionne depuis des lustres pour les mécanismes les plus intimes du sommeil.

Il a par exemple montré que, lors de l'endormissement, certains neurones du thalamus jouent les douaniers par rapport aux signaux en provenance de l'extérieur et les empêchent de se rendre jusqu'au cortex : c'est ainsi que notre cerveau se coupe du monde. (Le thalamus est une structure enfouie au centre du cerveau.) Pendant le sommeil cette fois, lors de ce qu'on appelle « sommeil lent » par opposition au « sommeil paradoxal » ou « sommeil du rêve », il a élucidé le rôle de métronome neuronal d'une autre partie du cerveau, le noyau réticulaire ; ce dernier coordonnerait l'activité électrique du cerveau profondément endormi.

Roumain d'origine, le Dr Steriade a quitté son pays en 1968 et a choisi de poursuivre une carrière déjà brillante à Québec. Il a reçu en 1991 le prix Marie-Victorin, la plus haute distinction que le gouvernement du Québec accorde en sciences de la nature.

Y. V.



La tomographie par émission de positons (TEP) s'intéresse à l'unique carburant du cerveau : le glucose. L'activation d'un groupe de neurones entraîne une augmentation locale de la consommation de glucose. En « marquant » le glucose sanguin avec un élément radioactif, on peut repérer les régions actives du cerveau en action. Le marqueur est un isotope de l'oxygène qui a la particularité d'émettre des positons (anti-électrons). Lorsqu'ils rencontrent des électrons, les positons sont détruits en émettant des photons (particules de lumière), lesquels sont détectés par les « caméras à positons ». Le nombre de positons étant proportionnel au débit sanguin (donc au glucose charrié par le sang), on peut mesurer la consommation de glucose dans chaque région du cerveau. Et l'on peut détecter par conséquent les neurones activés dans des conditions contrôlées expérimentalement (lors de l'exécution d'un mouvement par exemple).

moins grande portion de la masse corticale (photo, ci-dessus).

Les connaissances acquises grâce aux nouvelles technologies « passe-muraille » promettent une révolution qui profitera autant aux traitements chirurgicaux qu'aux traitements médicaux des troubles neurologiques. Si tout se passe bien, nous en récolterons les fruits avant l'an 2000.

De nombreuses recherches ont mis en lumière la nature chimique autant qu'électrique du fonctionnement du cerveau. Les neurones communiquent entre eux par l'intermédiaire de signaux chimiques, les neurotransmetteurs. La chimie constitue pour les chercheurs la principale arme dont ils disposent pour « investir » le cerveau.

Régler le débit de l'information circulant dans le cortex en jouant sur la quantité de neurotransmetteurs ou en bloquant les récepteurs qui, au niveau des neurones, permettent de « capter » les signaux

transmis par les neurotransmetteurs, constitue la principale voie de la recherche dans ce domaine.

Cela donne des résultats. L'aspirine agit sur les neurotransmetteurs, ce dont était loin de se douter son lointain inventeur. Les antidépresseurs régulent le niveau de sérotonine, un neurotransmetteur qui agit sur l'humeur.

Chez les victimes de la terrible maladie d'Alzheimer, de nouvelles molécules tentent de stopper le déclin de l'acétylcholine, le « neurotransmetteur de la mémoire ». Les résultats ne sont toutefois pas concluants puisque beaucoup d'autres types de neurotransmetteurs semblent participer au processus cognitif.

Le coffre à outils des médecins du cerveau est de moins en moins vide. Et même de plus en plus fourni. Un inventaire.

En agissant au niveau des récepteurs neuronaux, les chercheurs espèrent agir de façon plus « intime » sur les neurones délinquants. Cette approche subtile et délicate est très prometteuse. On sait par exemple aujourd'hui que les effets dévastateurs de l'accident cérébro-vasculaire sont causés autant par la destruction des neurones dans la région immédiate de l'obstruction artérielle que par la libération incontrôlée de glutamate par les cellules environnantes privées d'oxygène. Le flux considérable de glutamate, un des principaux neurotransmetteurs du cerveau, provoque une véritable tempête en excitant les neurones, lesquels subissent des dommages considérables. On espère limiter les dégâts en administrant un médicament qui bloque les récepteurs de glutamate immédiatement après. Ce médicament pourrait également limiter l'activité métabolique qui suit les crises d'épilepsie.

Aussi précises soient-elles, les substances chimiques sont aveugles dans un système aussi complexe que le cerveau. Ainsi, si l'inhibition de l'action du glutamate est souhaitable dans une région cervicale, elle ne l'est pas dans d'autres. En outre, le glutamate, comme les autres neurotransmetteurs, remplit des fonctions multiples et mal définies. Tout le problème est donc d'agir sur une cible précise pendant un temps donné. Cela revient à résoudre la quadrature du cercle, même



Jean Gotman La « neuro-informatique »

L'ÉLECTROENCÉPHALOGRAMME (EEG), VÉNÉRABLE OUTIL DE PROSPECTION DU CERVEAU INVENTÉ EN 1929, EST AUJOURD'HUI AUSSI ESSENTIEL À LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DES NEUROSCIENCES QU'IL L'ÉTAIT AU TEMPS JADIS. EN APPLIQUANT LES MÉTHODES INFORMATIQUES AU TRAITEMENT DES DONNÉES RECUEILLIES PAR L'EEG, JEAN GOTMAN, INGÉNIEUR, INFORMATICIEN ET NEUROPHYSIOLOGISTE, EST CERTAINEMENT UN DE CEUX QUI ONT LE PLUS CONTRIBUÉ À LUI DONNER SES LETTRES DE NOBLESSE.



Jean Gotman était déjà ingénieur et informaticien quand il a « débarqué » par hasard, en 1971, à l'Institut neurologique de Montréal (INM). Étonné et ravi d'être traité en égal par des neurologues qui avaient compris que la multidisciplinarité était la clef du succès dans le domaine des neurosciences, le Dr Gotman est resté à l'INM. Il ne l'a jamais regretté.

Grâce à ses innovations informatiques, notamment un logiciel permettant l'analyse automatique des enregistrements prolongés d'EEG sur des personnes souffrant de maladies neurologiques, l'investigation à long terme (plusieurs semaines) a été rendue possible. Ce logiciel a été commercialisé dans le monde entier.

Ses travaux sur l'épilepsie ont permis, entre autres, de mieux évaluer les effets à long terme des crises sur le cerveau, de comprendre l'action des médicaments anti-épileptiques et de localiser avec plus de précision les zones d'anormalité épileptique dans le cortex.

R. F.

si la conception des molécules médicamenteuses est de plus en plus sophistiquée.

Les chercheurs espèrent cibler davantage leurs interventions grâce aux greffes de tissus et aux thérapies géniques. Comme les neurones ne se reproduisent pas, les greffes de tissus cérébraux sont difficilement envisageables – à moins que l'on ne prélève le greffon chez un individu au stade fœtal, au moment où les cellules suffisamment spécialisées continuent à se diviser. On a déjà greffé des cellules fœtales fabriquant de la dopamine à des victimes de la maladie de Parkinson. Ces cellules pourraient continuer à croître et fournir à ces malades le neurotransmetteur qui leur fait défaut. Les résultats, pour l'instant, sont peu convaincants.

Une autre stratégie consisterait à greffer des cellules modifiées génétiquement, de manière à ce qu'elles produisent dans le cerveau des molécules utiles. On songe à

des facteurs de croissance pour maintenir le niveau d'acétylcholine chez les personnes souffrant, par exemple, de la maladie d'Alzheimer. La thérapie génique pourrait également être utilisée pour détruire les tumeurs malignes.

Nous étions dans le Moyen Âge de la médecine du cerveau. Nous entrons dans la Renaissance. L'inconcevable est encore à venir. ■

Quelques lectures sur le cerveau

L'Homme neuronal, par Jean-Pierre Changeux, Fayard, 1983, 419 p.

Un classique, par un des grands maîtres français des neurosciences.

Biologie des passions, par Jean-Didier Vincent, Odile-Jacob, 1986, 351 p.

Un autre classique, par un autre maître : après l'homme neuronal, l'homme humoral.

L'homme qui prenait sa femme pour un chapeau, par Oliver Sacks, Le Seuil, coll. Points, 1988, 318 p.

Étrange et fascinante série de cas. Se lit comme un roman.

Le Cerveau et l'intelligence, collectif, numéro hors série de *Science & Vie*, 1991, 160 p.

Une belle collection d'articles sur un thème passionnant, de la très bonne vulgarisation, bien illustré.

Biologie de la conscience, par Gerald Edelman, Odile-Jacob, 1992, 368 p.

« Ce qui se passe actuellement en neurosciences peut être considéré comme le prélude à la plus grande des révolutions scientifiques », écrit ce prix Nobel de médecine américain dans ce livre difficile, mais captivant.

Mind and Brain, collectif, numéro spécial de *Scientific American*, septembre 1992, p. 48-159.

De la haute volée. À lire doucement. Existe aussi en traduction française (numéro spécial de Pour la science).

M

AÎTRISER LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE

Donner à la science la place qui lui revient, travailler de concert avec la communauté scientifique et rendre accessible la culture scientifique et technique, voilà des objectifs importants pour le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science. Pour réaliser sa mission, le Ministère met de l'avant plusieurs programmes de développement scientifique, tel *SYNERGIE*, et appuie plusieurs centres de recherche.

La promotion et la diffusion de la culture scientifique et technique s'appuient sur des programmes qui permettent la production d'expositions itinérantes, de films, de vidéos et de revues de vulgarisation scientifique. Le Ministère encourage également la tenue d'événements de sensibilisation aux sciences et à la technologie, tels *La Quinzaine des sciences*, *Les Prix du Québec* dans le domaine scientifique, les expo-sciences et le *Festival international du film scientifique du Québec*.

Pour permettre à la population de s'approprier les réalités de la science et de la technologie, le Ministère apporte son concours à la réalisation d'équipements muséologiques comme l'*Insectarium*, le *Biodôme* et le projet du *Camp spatial Canada*. À travers toutes ses actions, le Ministère s'efforce d'encourager les initiatives des organismes voués à la promotion de la culture scientifique et technique, et de susciter la concertation entre les partenaires des milieux scientifiques.



Hydro-Québec,

un partenaire

scientifique

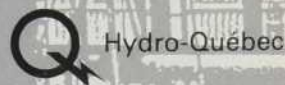


En collaboration avec ses partenaires-universités, centres de recherche, industrie l'IREQ poursuit ses travaux mettant à contribution les technologies les plus avancées de l'informatique scientifique.

On met au point un système intelligent de conception des services auxiliaires de centrales (SESA) et des systèmes experts de diagnostic d'appareillage (SEDA), de conception préliminaire des réseaux de transport (Transept), d'analyse des larmes (Langage), de détermination d'emplacement des évacuateurs de crues (Hydram), d'analyse des conditions de raccordement des clients (Confrère) et de surveillance des barrages (Subarex).

D'autres recherches portent sur un logiciel d'optimisation des réseaux de distribution (LORD), un système informatisé de surveillance permanente des groupes turbines-alternateurs (SUPER), un modèle d'analyse des turbines hydrauliques (MATH) et, en télérobotique, sur un logiciel de vision numérique (AMETIST), un système d'entretien téléopéré, la téléprésence et la vision stéréoscopique.

Ce sont là quelques réalisations contribuant à mieux répondre aux besoins de la clientèle.



Le meilleur de nous-mêmes

Mort aux *bugs* !

Notre monde est contrôlé par des ordinateurs... dont les programmes sont souvent bourrés d'erreurs. La solution : une discipline quasi-militaire pendant la production.

par Anne-Marie Simard



« Cancéreux tués par un groupe d'informaticiens. »

Cette manchette imaginaire est à peine exagérée : entre 1985 et 1987, plusieurs patients nord-américains sont décédés à la suite de séances de radiothérapie. Les cliniques qu'ils fréquentaient utilisaient le Therac-25, une machine de fabrication canadienne contrôlée par ordinateur. À cause d'une petite erreur dans le programme, l'appareil crachait parfois sans avertir une surdose massive de radiations.

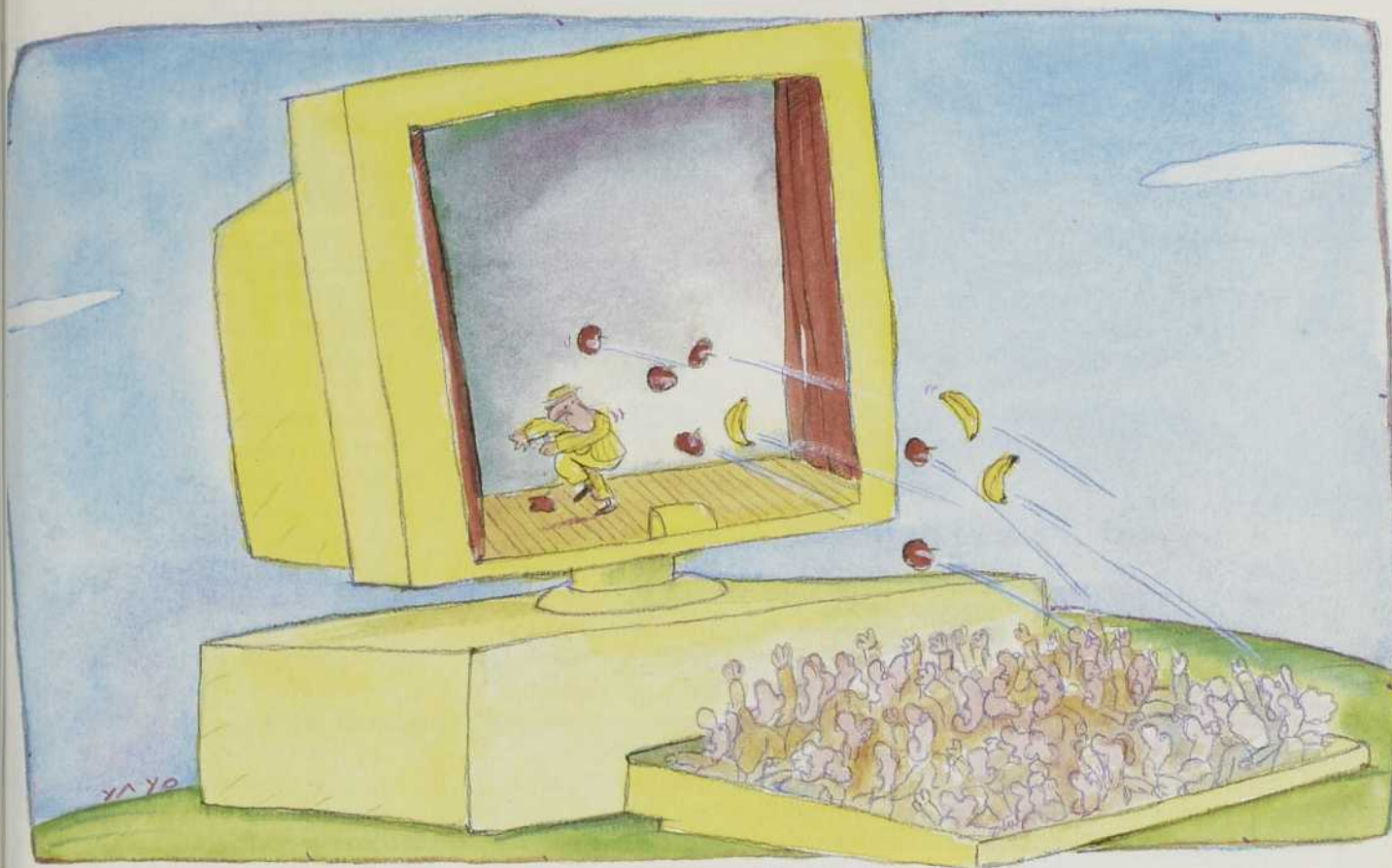
Lundi, 15 janvier 1990, 14 h 25 précises. AT&T, l'infatigable géant américain des télécommunications, vient de perdre pied. Un ordinateur de New York s'est mis à délirer, et sa fièvre s'est répandue dans le réseau informatique. Résultat : impossible de loger un appel interurbain dans tout l'est des États-Unis pendant neuf longues heures. En plus de sa crédibilité, AT&T y perd 70 millions de dollars.

1993. Dans une institution bancaire renommée du Québec, le programme de gestion commet une erreur par million de transactions. C'est peu, mais encore trop : avec trois millions d'opérations quotidiennes, cela fait trois erreurs par jour... aux dépens des usagers !

Du Boeing 747 aux centrales nucléaires, en passant par les automobiles : aujourd'hui, tout est contrôlé par ordinateur. Et l'emprise des puces électroniques gagne du terrain : autour de la planète, on dépensera cette année 250 milliards de dollars en logiciels divers. Croissance annuelle : 12 %.

Ce monde est contrôlé par des programmes truffés d'erreurs. Jérôme Pesant, du Centre de recherche en informatique de Montréal (CRIM), qualifie notre époque de « préhistoire informatique ». « Le premier venu ayant appris deux ou trois langages informatiques se considère immédiatement comme un programmeur », affirme-t-il. Le tableau n'est pas plus reluisant dans les entreprises, où, selon lui, l'improvisation règne : « On ne rencontre le client qu'une fois, et là, au coin d'une table, on note ses demandes sur une *napkin*. Après la livraison, le client est souvent déçu : le programme est loin de ce qu'il attendait. » Claude Laporte, responsable de l'amélioration du processus en génie logiciel chez Oerlikon aérospatial, trouve cette description exagérée : « Pour un système d'un demi-million de lignes de code, la *napkin* occupe la grandeur d'un terrain de football ! On parle de centaines de pages de spécifications ! »

N'empêche qu'au début des années 80, le Department of Defense américain calculait que seulement 1,5 % des logiciels



qu'il commandait étaient utilisés tels quels. La moitié des programmes étaient soit payés mais jamais livrés, soit rapidement abandonnés. Le reste était utilisé après moult modifications.

Les programmeurs, en plus, dépassent les coûts et les échéanciers prévus. Livré avec cinq ans de retard, un logiciel commandé par la compagnie américaine d'assurances Allstate a coûté 100 millions de dollars au lieu de... 8 millions de dollars. Le Department of Defense n'a pas eu plus de chance : il a dû déboursier deux milliards de dollars plutôt qu'un seul pour un mégaprogramme reçu sept ans après la date prévue.

Apprentis sorciers

« C'est comme si on construisait un édifice sans jamais prévoir le temps et les ressources nécessaires », s'exclame Jérôme Pesant. Claude Laporte, cette fois, partage son avis : « Construisons-nous des ponts sans connaître la résistance des matériaux ? Dans l'industrie de l'informatique, nous avons joué aux apprentis sorciers ! »

Mais la conception d'un logiciel ne se fait pas en un coup de baguette magique, et la tâche devient de plus en plus complexe. Les programmes qui contrôlent les avions militaires américains les plus sophistiqués comptent aujourd'hui six millions de lignes de code. Imaginez : deux

bottins téléphoniques de la région de Montréal empilés l'un sur l'autre, où chaque nom représente une commande... Avec des équipes de concepteurs à l'œuvre pendant des années, on parle désormais de « mégaprogrammation ».

Pour de petits programmes, la technique « broche-à-foin » passe encore. Mais en mégaprogrammation, c'est un aller direct vers le désastre. La solution, pour Jérôme Pesant, réside dans le génie logiciel, ou *software engineering*, une discipline qui fait de plus en plus d'adeptes. Il s'agit de concevoir un logiciel avec autant de professionnalisme qu'on le fait pour un pont ou un édifice. Principe numéro un : plutôt que d'inspecter après coup le produit de A à Z, il faut incorporer la qualité à chaque étape de sa production. *Quality is built in*, disent les Japonais, qui s'y connaissent mieux que nous.

Ces préceptes dérivent de la nouvelle « religion » du monde des affaires : la qualité totale. Pas si nouvelle, en fait : c'est un Américain, Walter Shewart, qui élabore le premier la théorie de l'amélioration du processus de production pour le secteur manufacturier, dans les années 30. Puis, Edward Deming et Joseph Juran perfectionnent le modèle. Snobé aux États-Unis, Deming ira planter ses idées au Japon après la Seconde Guerre mondiale, où el-

les révolutionneront les méthodes de travail. Devant le succès économique fulgurant de l'empire du Soleil-Levant, les États-Unis redécouvrent la qualité totale dans les années 70. Mais ces principes n'atteignent le secteur du logiciel que vers 1980.

Optimiser la qualité de ses logiciels, et par la même occasion, accroître sa productivité : le rêve de toute entreprise ! Le mode d'emploi est fourni par le Software Engineering Institute (SEI), de l'Université Carnegie Mellon, aux États-Unis. Pour émerger graduellement de l'âge de pierre, le SEI a établi cinq niveaux de maturité des entreprises. Au premier niveau, les administrateurs ne connaissent même pas les causes des problèmes de qualité de leur entreprise. Au cinquième niveau, les produits et services fournis par l'entreprise sont exempts de problèmes, sauf dans les cas vraiment exceptionnels. Comme l'explique Jérôme Pesant : « Ce n'est pas la qualité du produit qu'on mesure, mais celle du procédé de fabrication. Imaginez : évaluer un programme de 20 millions de lignes de code; cela prendrait des années ! »

Le modèle du SEI guide les entreprises pour atteindre la norme internationale ISO-9001, un genre de sceau de qualité pour compagnies. L'institut a du pain sur la planche : aux États-Unis, 86 % des en-



treprises sont au premier niveau, 13 % au second, et seulement 1 % des compagnies atteignent ou dépassent le troisième niveau. Au Canada, neuf entreprises sur dix se classent niveau 1.

Première de classe : IBM Houston

« Avec un niveau 3, une compagnie peut être certifiée ISO-9001 », dit Claude Laporte. Et quand on a atteint cette norme, s'assoit-on sur ses lauriers ? « Une norme, c'est un minimum, tranche Jérôme Pesant. L'entreprise doit viser une amélioration continue. »

En Amérique du Nord, une seule entreprise a atteint le nirvana version SEI, c'est-à-dire le niveau 5. Il s'agit d'IBM Houston, au Texas. L'honneur revient, en fait, au groupe responsable du logiciel de bord de la navette spatiale. C'est en réalisant leur évaluation en 1989 que ses membres ont appris la bonne nouvelle. « Nous utilisons un processus de niveau 5 avant même de savoir que cela existait », lance Earl Lee, consultant en programmation, rejoint par téléphone à Houston.

Le programme de bord de la navette contient « seulement » un demi-million de lignes. Mais en cas de défectuosité, la navette devient incontrôlable... Pour ne pas commettre d'erreurs, le processus de travail des informaticiens est mesuré et contrôlé dans

ses moindres détails. L'analyse des données recueillies au cours des projets précédents sert de « boule de cristal ». Un outil puissant : « Chaque fois que nous modifions une partie du programme, nous pouvons estimer si ce changement représente vraiment la meilleure solution technique en termes de coûts et de risques », explique Earl Lee. On croit rêver...

Avec une méthode statistique basée sur les données passées, les « sorciers » d'IBM Houston peuvent aussi prédire le nombre d'erreurs qu'ils détecteront pendant les tests, et même après la livraison. « Nous arrivons très près », confie Earl Lee, visiblement satisfait.

Mais même en cas d'erreur informatique, la navette a peu de chance de s'écraser. Quatre ordinateurs, à bord, traitent les données de vol simultanément. Si l'un d'eux fait défaut, il est rapidement éliminé par les trois autres. Et si, par le plus grand hasard, les quatre ordinateurs venaient à manquer, un système de relève prendrait le contrôle.

Si toutes les entreprises fonctionnaient ainsi, les pannes de téléphone, les erreurs bancaires et les explosions de centrales nucléaires seraient rayées de la carte !

Pas besoin d'être le numéro un mondial de l'informatique pour s'y mettre ! Chez Canadair, la division responsable du logiciel de l'avion de guerre CF-18 est aussi de la cour-

se. Son plus gros client, la Défense canadienne, lui impose depuis plusieurs années la norme de procédé 2167a, émise par le *U.S. Department of Defense*. Mais Canadair veut maintenant être certifié ISO-9001.

Dans l'édifice ultramoderne planté au milieu des champs, à deux pas de l'aéroport Mirabel, l'atmosphère est... militaire. À notre arrivée, le gardien de sécurité consulte sa montre, puis dit : « Vous êtes en retard de trois minutes ! » Ici, même si la majorité des travailleurs sont des civils, le cheveu se porte court et la langue d'usage est un français mêlé d'expressions anglaises.

En se basant sur la méthode du SEI, Gilles Lambert, directeur d'ingénierie, a évalué son groupe. Résultat : son groupe se classe niveau 1, « mais très près du niveau 2 », tient-il à préciser.

À cause de la « tradition 2167a », le procédé de travail du groupe est d'une rigueur militaire. À la fin d'une étape, chaque ingénieur présente le fruit de son labeur à ses collègues. C'est l'opération « chasse aux erreurs ». Si l'ingénieur a conçu ou modifié un logiciel, un groupe de deux à quatre personnes le révisera ligne par ligne. C'est le *code walkthrough*, selon l'expression consacrée. Ici, rien ne se perd : toutes les modifications apportées aux logiciels, les tests et les erreurs trouvées sont soigneusement documentées et gardées en mémoire.

« C'est quoi le problème ? »

Le processus est long et lourd. Robin Blanchet, ingénieur chez CAE, le sous-traitant de Canadair pour l'informatique, raconte : « Chaque fois qu'un nouveau arrive, j'ai dit : " C'est quoi le problème ? Moi, je peux vous faire ce programme en deux semaines ! " On lui explique que si on trouve une vingtaine d'erreurs grâce à de fréquentes inspections, on évitera de travailler en *overtime* six mois plus tard, lors des tests finaux. »

« Notre procédé de travail est bien défini, affirme Gilles Lambert. Mais ce qui nous manque pour accéder au niveau 2, c'est de bien le mesurer. Avec un système capable de capter, par exemple, le nombre et le type d'erreurs commises, nous pourrions identifier avec précision les points faibles de notre méthode de travail. »

Robin Blanchet s'est donc mis au boulot. En quelques mois, il a conçu un système informatisé qu'il montre fièrement aux visiteurs. Sur l'écran, il fait défiler les feuilles de temps que les employés remplissent maintenant par ordinateur. « Avec ça, explique-t-il, à la fin du projet, on peut voir le temps passé à coordonner le projet, à rédiger les rapports mensuels ou à tenir des séances de *brainstorm*. »

Il fait ensuite apparaître à l'écran le menu principal. En faisant clic ! à la rubrique Software Change, on peut consulter exhaustivement toutes les modifications apportées aux logiciels.

« En se basant sur nos travaux passés, poursuit le jeune ingénieur, il sera facile de prévoir le temps nécessaire pour les futurs projets. Voilà qui donnera une estimation plus réaliste des coûts ! » C'est à l'hiver 1994 que Gilles Lambert réévaluera son groupe. Il est optimiste : « J'ose espérer qu'on se retrouvera au niveau 3 ! »

Mais la culture d'entreprise est parfois difficile à changer. André Lemire, ingénieur à Hydro-Québec, l'a constaté. Son groupe est responsable des logiciels qui contrôlent le réseau électrique de la province. Un travail délicat : « Si le programme cesse de fonctionner, c'est la panne partielle ou totale », explique-t-il. L'automne dernier, il a évalué six projets passés et en cours. Résultat : sa division se trouve au niveau 1. Pour accéder au niveau 2, le travail devra être plus systématique. « Au second niveau, explique-t-il, deux groupes d'employés à qui on a donné le même projet livreront un logiciel d'égale qualité, à un coût identique et dans un même délai. Cela n'est pas encore notre cas ! »

André Lemire a ensuite passé six mois à temps plein pour élaborer un plan directeur. Ses buts, entre autres : établir un programme de mesure (dans le genre de celui de Canadair), documenter les procédures et rendre le processus plus transparent, c'est-à-dire plus facile à comprendre. « En juin, je l'ai présenté aux ingénieurs du groupe et je leur ai demandé d'organiser leur travail en fonction du plan, poursuit-il. Cela n'a pas marché. Je n'avais pas précisé comment atteindre les buts fixés. En plus, ils sont tellement débordés... Alors, je suis présentement en train de le faire à leur place. » André Lemire croit qu'il aura réalisé le plan dans trois ans. Le temps sera alors venu de se soumettre à une seconde évaluation.

Bell Canada, pour sa part, ne se remet pas en question. Ce sont plutôt ses principaux fournisseurs que la compagnie de téléphone évalue. « Nous achetons des commutateurs DMS-100 à Northern Telecom, explique Jean-Normand Drouin. En plus de gérer les appels, ces commutateurs offrent tous les services aux abonnés. Ce travail colossal est réalisé par un programme



de 20 millions de lignes. Le moindre petit changement opéré dans ce programme prend des mois de travail, car la modification ne doit pas affecter les autres parties du logiciel. Le travail de nos fournisseurs doit donc être réalisé avec le plus grand soin. »

Pour « faire avancer ses partenaires vers la maturité », Bell a mis au point sa propre recette, le Trillium, basée sur celle du SEI.

On y retrouve les cinq niveaux de maturité d'une entreprise. Selon le Trillium, une compagnie augmente sa productivité de 200 % en passant au deuxième niveau, puis de 60 % en atteignant le troisième. L'évaluation de Claude Laporte est... plus conservatrice : « Selon les chiffres de l'armée américaine, le passage du premier au second niveau entraîne une hausse de productivité de 10 % en moyenne pour tous les secteurs. Les gains de productivité sont peut-être plus grands en télécommunication... » Le Trillium prévoit aussi que le nombre d'erreurs par million de lignes de code trouvées après la livraison du logiciel devrait passer de 1000 au niveau 2 à 100 au niveau 3, pour finalement atteindre le chiffre magique de 1 au niveau 5.

LE CEFRIO MAINTENANT PRÉSENT À MONTRÉAL

LE LIEN Université Entreprise

À partir d'une problématique globale visant l'augmentation de la performance des organisations, le CEFRIO réalise des projets de transfert universités-entreprises dans quatre grands domaines :

- informatisation et planification stratégique;
- rentabilité de l'informatisation;
- réingénierie des processus et du travail;
- gestion de l'information organisationnelle et dimensions linguistiques.


CEFRIO

Centre francophone de recherche
en informatisation des organisations

140, Grande Allée Est, bureau 470, Québec (Québec) G1R 5M8
Téléphone : (418) 523-3746 Télécopieur : (418) 523-2329

407, Boul. Saint-Laurent, bureau 600, Montréal (Québec) H2Y 2Y5
Téléphone : (514) 395-8983 Télécopieur : (514) 874-1568



Mais cela coûte cher !

Et dans la réalité, atteint-on d'aussi bons résultats ? « Nos logiciels contiennent environ 10 erreurs par

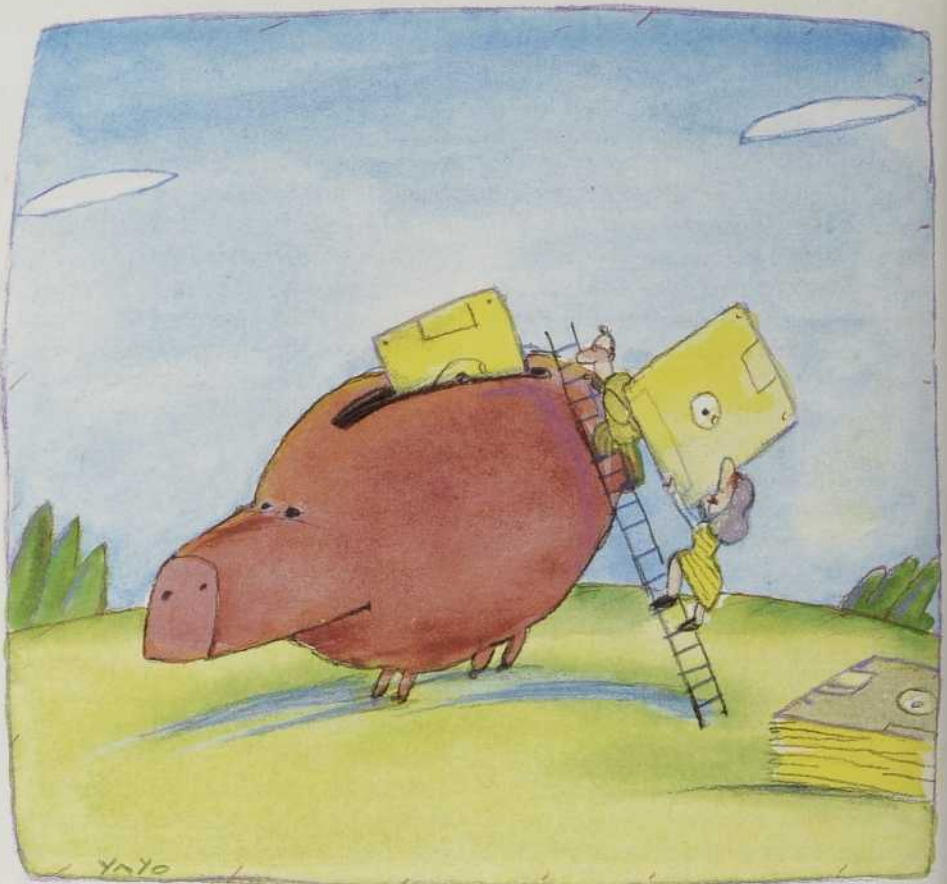
million de lignes de code après livraison », confie Earl Lee d'IBM Houston. Une qualité déjà exceptionnelle...

Pour expliquer l'évolution de la maturité, Claude Laporte se sert d'analogies culinaires : « Au premier niveau, le travail est improvisé et artisanal. Le succès du projet dépend en grande partie de la compétence du personnel. Un processus amélioré serait un peu comme une recette de cuisine. Dans les livres de Pol Martin, tout est tellement bien expliqué que la réussite du plat ne dépend plus des talents du cuisinier. Plus on monte en maturité, plus les recettes sont optimisées. »

Pour devenir une entreprise modèle, qui produit des logiciels de grande qualité, il faut déboursier des sommes considérables. L'auto-évaluation du groupe de Gilles Lambert, à Canadair, a coûté 50 000 dollars. Mais l'application concrète du plan d'André Lemire coûtera 800 000 dollars. « Une poignée d'employés pour gérer le projet à temps plein pendant trois ans, ça coûte cher ! », explique-t-il.

Mais il semble que l'investissement rapporte. Le fabricant d'avions américain Hughes Aircraft a dépensé 445 000 dollars en deux ans pour améliorer la qualité de son processus. C'est cher, mais il retire depuis deux millions de dollars par année en bénéfices supplémentaires. Comme l'explique Gilles Lambert, le niveau 5 n'est pas pour toutes les bourses : « Le niveau 2, c'est déjà très bien ! Surtout pour les PME qui n'ont pas beaucoup d'argent. »

Le Canada traîne la patte. Considérée il y a quelques décennies comme la lubie d'un illuminé nommé Deming, la qualité totale est devenue un impératif pour la plupart



des entreprises de la planète. Aux États-Unis, en Europe et en Asie, les gouvernements ont lancé des programmes pour développer le génie logiciel. « Le gouvernement fédéral (du Canada) et les grandes entreprises octroient des millions en sous-traitance à des firmes américaines ou françaises », écrivait l'an dernier un groupe de pression dirigé par Claude Laporte, dans un rapport-choc destiné aux pouvoirs publics.

Laporte et ses acolytes ont finalement réussi à faire bouger les gouvernements. Grâce à une subvention de 2,8 millions de dollars d'Ottawa et de 1 million de dollars de Québec, ils ont mis sur pied le Centre de génie logiciel appliqué (CGLA), une version locale du SEI. Le centre, imbriqué dans le CRIM, entend aider les entreprises cana-

diennes à s'initier au génie logiciel. « On aide à faire le diagnostic, mais on ne prescrit pas de médicaments », lance à la blague Jérôme Pesant, en voulant dire qu'il revient à l'entreprise d'élaborer son propre plan d'action.

Grâce au CGLA, l'Université de Québec à Montréal (UQAM) offre depuis septembre une maîtrise en gestion informatique avec concentration en génie logiciel. Le Collège militaire de Saint-Jean vient aussi de lancer une maîtrise avec concentration dans cette nouvelle discipline. Et à partir de 1994, une maîtrise « inter-université » intégrale en génie logiciel sera offerte. L'aventure réunira plusieurs partenaires : l'École Polytechnique, l'UQAM, les universités de Montréal, Concordia, Sherbrooke, McGill, Laval, l'École de technologie supérieure, l'INRS-Télécommunications et le Collège militaire de Saint-Jean. L'étudiant sera inscrit à un campus, mais suivra un certain nombre de cours dans d'autres institutions.

Pour le Canada, pas de temps à perdre : c'est le génie logiciel ou... le désastre ! « Si nos projets sont de qualité moindre et coûtent deux fois plus cher, explique André Lemire, nous disparaîtrons... Un point, c'est tout ! » Claude Laporte reste toutefois optimiste : « Il n'est pas trop tard, mais il va falloir ramer ! » ●

Micro-ordinateurs à main du Québec

- Collecte de données facilitée
- Seule entreprise québécoise offrant les moyens d'effectuer la collecte des données n'importe où
- Groupe dynamique multidisciplinaire
- Spécialistes des ordinateurs DOS tenus d'une seule main
- Bureaux situés dans la capitale de Lanaudière, Joliette

(514) 755-6161



Le CRIM,

une force mobilisatrice en technologies de l'information

Le CRIM est un centre de recherche et développement, de formation et de transfert de connaissances unique au Canada au sein duquel les universités et les entreprises travaillent en collaboration. Corporation privée sans but lucratif, le CRIM est financé par ses membres, par des organismes de financement de la recherche et par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science du gouvernement du Québec. Le CRIM mobilise les forces du secteur des technologies de l'information, favorise le maillage d'entreprises de haut calibre et le démarrage de projets stratégiques pour la compétitivité des entreprises.

LA MISSION DU CRIM



DOMAINES PRIORITAIRES D'INTERVENTION



Le CRIM: un comptoir unique

Le CRIM offre de nombreux services tant à la collectivité qu'à ses membres.

Au service de la collectivité:

- Service de communications: deux fois par mois, l'Heure du CRIM invite les participants à des présentations en systèmes à base de connaissances, génie logiciel et interfaces personne-système. Publié six fois par année, un bulletin interne, le Crimoscope, rend compte des nombreuses activités du CRIM et de ses membres.
- Service de formation: chacun des domaines de recherche du CRIM donne lieu à de nombreuses activités de formation (séminaires, cours, etc).
- Vitrine technologique: axée sur les environnements informatisés de formation, cette vitrine permet l'évaluation et l'es-sai des plus récentes technologies en ce domaine.

Les privilèges du membre:

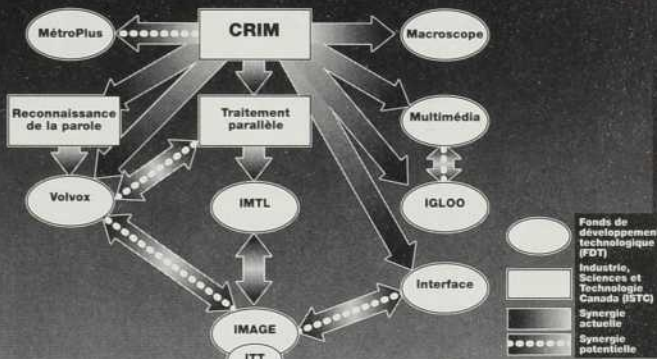
- Crédit annuel de 10 000 \$
- Tarifs privilégiés
 - expertise du personnel et du réseau de spécialistes du CRIM
 - cours de formation, laboratoires et Centre de documentation
 - vitrine technologique en EIF
 - Centre de génie logiciel appliqué (CGLA)
 - Réseau interordinateurs scientifique québécois (RISQ)
 - conférences et tables rondes du CRIM sur l'innovation
- Accès exclusif
 - comptes rendus technologiques
 - programme de liaison industrielle du MIT
 - Rencontres privilégiées

Les réalisations du CRIM

Le CRIM affirme sa présence dans le secteur des technologies de l'information en participant à plusieurs projets de R-D, notamment les projets mobilisateurs et synergie du Fonds de développement technologique du ministère de l'Industrie, du Commerce et de la Technologie du Québec et aux Programmes des technologies stratégiques d'Industrie, Sciences et Technologie Canada.

Participation du CRIM

aux projets mobilisateurs et synergie du FDT et aux Programmes des technologies stratégiques d'ISTC



Un réseau de contacts privilégiés

Comptant plus de 65 membres, le CRIM est en liaison étroite avec plusieurs centres de recherche sur les scènes nationale et internationale. Il représente donc un réseau de contacts privilégiés en R-D dans le secteur des technologies de l'information.

MEMBRES

52 entreprises, 10 universités, 5 membres associés et un membre d'office.

PARTENAIRES nationaux

- Centre de promotion du logiciel québécois (CPLQ)
- Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)
- Centre d'études et de recherche en calcul appliqué (CERCA)
- Centre d'innovation en technologies de l'information (CITI)
- Centre francophone de recherche en informatisation des organisations (CEFRIO)
- Conseil national de recherches du Canada (CNRC)
- Défense Nationale
- Environnement Canada
- Fonds de développement technologique
- IBM's Centre for Advanced Study (CAS)
- Industrie, Sciences et Technologie Canada
- Information Technology Research Centre (ITRC)

- Institut canadien de recherche en télécommunications (ICRT)
- Institute for Robotics and Intelligent Systems (IRIS)
- Precompetitive Applied Research Network (PRECARN)
- Telecommunications Research Institute of Ontario (TRIO)
- Transports Canada

internationaux

- Brésil: Centre for Software Technology (CITS)
- France: Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA), Laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes (LAAS)
- Allemagne: German National Research Centre for Computer Science (GMD), Bavarian Research Centre for Science Based Systems (Forwiss)
- États-Unis: Software Engineering Institute (SEI), Massachusetts Institute of Technology (MIT)



Récipiendaire de l'OCTAS de l'innovation 1993 en collaboration avec PAPRICAN.



Centre de recherche informatique de Montréal
1801, avenue McGill College, bureau 800
Montréal, Québec H3A 2N4
Téléphone : (514) 398-1234
Télécopieur : (514) 398-1244
Métro : McGill

Les premiers neurones électroniques

Construire un ordinateur qui apprend, c'est la coqueluche des chercheurs en intelligence artificielle. Un de leurs dadas, c'est d'essayer d'imiter le fonctionnement des neurones du cerveau. Percée révolutionnaire ou mode passagère ?

par Raynald Pepin

Il essaie de lire le texte à voix haute, mais ne réussit d'abord à prononcer que des sons au hasard. Mais il persévère, commence à balbutier, distingue voyelles et consonnes, apprend à faire des pauses. Au bout de quelques heures d'apprentissage, il lit presque correctement : *I like to go to my grandmother's house.*

Cet enfant qui apprend à lire à voix haute, c'est NETalk. Mis au point par Terry Sejnowski, un physicien américain, NETalk n'est pas un ordinateur classique, mais un réseau de neurones artificiels. Comme notre cerveau, qui est un gigantesque réseau de neurones, NETalk peut apprendre, en comparant écriture et parole.

Les réseaux de neurones, un des sujets de recherche les plus pointus actuellement, révolutionnent l'informatique. En effet, les ordinateurs classiques ne sont pas vraiment intelligents. Quand il s'agit de comprendre la parole, de reconnaître des objets ou des personnes, ils en arrachent. Même les systèmes experts n'arriveront jamais à penser comme des humains : ils nécessitent la conversion du savoir humain sous forme de programme, ce qui n'est pas toujours facile ni même possible.

Notre cerveau, lui, est un as pour identi-

fier des objets et classer de l'information. Un enfant de deux ans reconnaît rapidement des dizaines de personnes, pas un ordinateur. Un être humain reconnaît même s'il manque des lettres, ou une table quel que soit l'angle d'où il la voit.

Les réseaux de neurones artificiels s'inspirent de notre cerveau. Ils accomplissent certaines tâches plus rapidement et plus élégamment que les ordinateurs traditionnels : la reconnaissance de caractères, la prévision financière, le contrôle de qualité, la synthèse et la reconnaissance de la parole.

Qu'est-ce qu'un neurone artificiel ? Oubliez les petites cellules grises d'Hercule Poirot ! Un neurone artificiel est un petit circuit électronique qui interprète des signaux selon les instructions encodées dans son programme ou sa structure. En pratique, comme la plupart des réseaux neuronaux en sont encore au stade de la recherche, on simule généralement leur fonctionnement et leur évolution sur des ordinateurs traditionnels. « Quand on sera prêt à commercialiser une application, le réseau sera implanté dans un circuit intégré », mentionne Renato De Mori, directeur du département d'informatique de l'université McGill.

Les neurones électroniques

Le neurone artificiel fonctionne de façon semblable à un neurone du cerveau (voir le schéma en page 59). Chaque neurone de notre cerveau est connecté à des milliers d'autres neurones, desquels il reçoit des signaux ou auxquels il en envoie. L'information entre par les dendrites, est traitée par l'ensemble des dendrites et du corps cellulaire, sort par l'axone et ses ramifications. Dans le cerveau, les

connexions, appelées synapses, assurent le passage du signal nerveux (un courant électrique) d'un neurone à l'autre par la libération de substances chimiques, les neurotransmetteurs. L'efficacité des diverses synapses varie. Si deux neurones se stimulent mutuellement, leurs connexions se renforcent : il y a alors de plus en plus de récepteurs pour les neurotransmetteurs.

Les signaux reçus par les différentes synapses d'un neurone du cerveau s'additionnent. Si la membrane du neurone dépasse un certain seuil d'excitation, une impulsion électrique se propage le long de l'axone.

C'est le signal que le neurone transmet à ses voisins. Chaque neurone peut avoir des milliers de synapses avec d'autres neurones. Chacune de ces synapses a une efficacité, un « poids » qui lui est propre.

Les réseaux de neurones s'inspirent du fonctionnement du cerveau. « Les neurones artificiels sont de petits processeurs simples qui sont reliés par des connexions », explique Gérard Dreyfus, physicien et chercheur à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de Paris. Comme dans le système nerveux, les connexions entre neurones électroniques n'ont pas toutes la même efficacité, le même poids : un neurone est davantage influencé par certains de ses voisins que par d'autres. À chaque entrée du processeur, on attribue donc un nombre qui correspond à son « efficacité synaptique », à son « poids synaptique ». Lorsque le neurone reçoit un signal (un nombre) à une entrée, il le multiplie par son efficacité synaptique, puis additionne les résultats de toutes les entrées. Le neurone effectue une opération mathématique simple sur la somme calculée. Le





résultat de cette opération est le signal de sortie que le neurone envoie à d'autres neurones électroniques. « Dans un circuit intégré, dit Renato De Mori, des résistances représenteront les poids synaptiques et des amplificateurs opérationnels effectueront l'addition des signaux. »

Pour apprendre et mémoriser, on croit que le cerveau modifie l'efficacité des synapses; c'est aussi ce que font les réseaux de neurones artificiels. « Il ne faut tout de même pas penser qu'avec nos neurones artificiels, on essaie d'imiter exactement le cerveau, tempère Gérard Dreyfus. On ne fait pas le meilleur avion en copiant des oiseaux ! Mais puisque les réseaux neuronaux fonctionnent un peu comme le système nerveux, on croit qu'ils pourraient être efficaces pour les tâches que le cerveau accomplit facilement. »

En réalité, on ne sait pas encore si les réseaux de neurones électroniques sont une mode scientifique qui va bientôt re-

tomber. Il n'est pas toujours certain qu'un réseau de neurones puisse exécuter la tâche visée ou puisse faire des généralisations à partir de ce qu'il a appris, comme le fait notre cerveau. Ces problèmes font l'objet d'intenses recherches théoriques. Les résultats obtenus jusqu'ici semblent néanmoins prometteurs.

Une conférence téléphonique

Comment un réseau de neurones artificiels peut-il apprendre ou prendre des décisions ? Évidemment, il faut d'abord entraîner le réseau en lui fournissant de l'information, des « exemples », à ses récepteurs d'entrée. Ainsi, pour entraîner son réseau à reconnaître des caractères, Robert Proulx, du Centre de recherche en cognition et information à l'UQAM, divise l'espace occupé par une lettre en 35 carrés. Il fournit donc au réseau un ensemble de 35 nombres. Ces nombres peuvent

prendre toutes les valeurs entre -1 (carré blanc) et +1 (carré noir). Voilà une différence importante entre réseaux neuronaux et ordinateurs : dans un réseau neuronal, les signaux sont analogiques, comme dans le cerveau, c'est-à-dire qu'ils peuvent prendre toutes les valeurs possibles dans un spectre continu, alors que dans un ordinateur, l'information est codée sous forme numérique (constituée uniquement de 0 et de 1, jamais de fraction).

Les connexions entre les neurones varient selon la tâche à accomplir : c'est ce qu'on appelle l'architecture du réseau. Les réseaux les plus simples sont constitués d'une couche de récepteurs d'entrée, et chacun d'entre eux envoie des signaux à tous les neurones (*voir le schéma*). Lorsque le réseau est simulé par un ordinateur, le signal correspond à des données numériques. Dans un circuit intégré, il aura la forme d'un courant électrique.

Lorsqu'il reçoit des signaux d'entrée, le réseau s'active. Selon les signaux reçus, chaque neurone « décide » d'émettre ou non un signal. Après une série de calculs, les neurones de sortie se stabilisent dans un état qui correspond à la réponse ou la décision du réseau. Le fonctionnement du réseau ressemble un peu à celui d'une conférence téléphonique. Les personnes participantes écoutent, se forment une opinion selon les données reçues et donnent leur avis, puis tout le groupe coopère pour prendre une décision, la « sortie ».

C'est grâce à l'interaction entre les neurones que le réseau neuronal parvient à catégoriser des objets et à prendre des décisions. Le processus est un peu abstrait : « Les études théoriques ont montré que l'apprentissage amène le réseau à définir un nombre limité d'états stables appelés attracteurs », esquisse Robert Proulx. Ces attracteurs sont en quelque sorte les réponses que le réseau se programme lui-même. Parmi toutes les valeurs de sorties possibles pour chacun des neurones, les attracteurs fournissent les bonnes réponses.

En reconnaissance de caractères, par exemple, le réseau se « fabrique » un attracteur pour chacune des lettres. Quand l'entrée fournie au réseau est une lettre incomplète ou déformée, les états des neurones évoluent jusqu'à ce que le système se stabilise dans un attracteur, comme une bille qui roule se stabiliserait au fond d'une

vallée dans « l'espace des états ». Le réseau associe ainsi la plupart du temps la lettre déformée et l'attracteur qui correspond à la lettre correcte (c'est ce qu'on appelle une mémoire associative).

Les neurones vont à l'école

Pour qu'un réseau neuronal puisse apprendre, il lui faut une règle d'apprentissage qui modifie les connexions entre les neurones. « Au début de l'apprentissage, on distribue au hasard les poids synaptiques, explique Gérard Dreyfus. Puis on présente un objet au réseau. Cet objet active un certain nombre de neurones. La règle d'apprentissage imposée au réseau l'amène généralement à renforcer les connexions entre des neurones qui s'activent mutuellement. » Ce genre de règle

est inspiré d'un principe proposé en 1949 par Donald Hebb, un psychologue de l'Université McGill : plus les neurones sont actifs, plus leurs synapses sont efficaces.

Durant l'apprentissage, le chercheur propose plusieurs exemples au réseau. Évidemment, au début, le réseau ne répond pas correctement, parce que les efficacités de ses synapses ne se sont pas encore adaptées. « Dans l'apprentissage dit supervisé, explique Renato De Mori, on indique au réseau quelle est la réponse correcte. Autrement dit, pour chaque exemple présenté à l'entrée, on spécifie quel doit être l'état des neurones (actifs ou non) à la sortie. La règle d'apprentissage du réseau réévalue alors le poids des connexions, de façon à réduire la différence entre la sortie désirée et la sortie obtenue. Puis on repré-

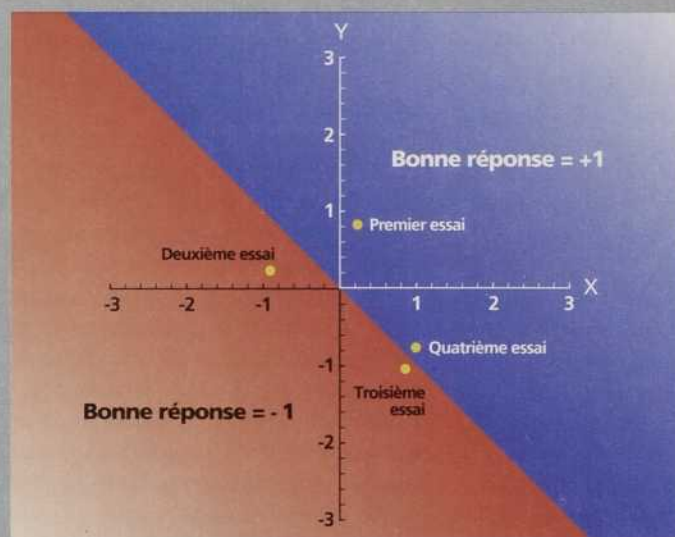


sente les exemples et on recommence. » (Voir l'encadré ci-dessous)

L'apprentissage se termine quand le taux d'erreur est inférieur à la valeur que le concepteur juge acceptable, par exemple 1 %. « On n'aura jamais 100 % de réussite, dit Renato De Mori, parce que l'évaluation des poids synaptiques correspond à une approximation. Heureusement, les réseaux ne font pas des erreurs au hasard. Ils ne se trompent que dans des situations exceptionnelles, plus difficiles. »

Cette lacune ne condamne pas les réseaux neuronaux au chômage. Un système de reconnaissance de caractères manuscrits, par exemple, pourrait être fort utile pour le tri postal, même avec un taux d'erreur de 1 %. L'important, c'est que le

Les maths d'un réseau de neurones



Ça semble un peu magique, toute cette histoire de réseau de neurones électroniques. Comment diable un neurone ou un réseau neuronal peuvent-ils apprendre à distinguer deux objets ? L'exemple simple présenté ci-dessous, inspiré par Robert Proulx, de l'UQAM, a été préparé par Québec Science.

Il met en scène un perceptron, c'est-à-dire un neurone artificiel qui peut fournir deux réponses, donc séparer des objets en deux classes. Sa règle d'apprentissage est relativement simple. Pour faciliter les choses, considérons un perceptron qui ne comporte que deux entrées, e_1 et e_2 , respectivement associées aux poids synaptiques w_1 et w_2 (voir le schéma).

Pour calculer l'activation (A) du perceptron, on multiplie chaque entrée par son poids synaptique :

$$A = w_1 e_1 + w_2 e_2$$

Le perceptron sait qu'il doit répondre +1 si A est positif et -1 si A est négatif.

Notre objectif est d'apprendre au perceptron à classer des couples de nombres en deux catégories : dans la zone bleue ou dans la zone rouge sur le graphique ci-contre. Pour les couples de nombres dans la zone bleue, le perceptron devra répondre +1; pour les couples de nombres situés dans la zone rouge, -1. Au début de l'apprentissage, les poids synaptiques, choisis au hasard, sont -0,2 et 0,4. Le chercheur présente au perceptron un premier essai, constitué de deux nombres, soit 0,2 et 0,8. (Cela veut dire que pour le

premier essai, les coordonnées sont de 0,2 sur l'axe des x, et de 0,8 sur l'axe des y.) L'activation est égale à

$$A = (w_1 \times e_1) + (w_2 \times e_2)$$

$$A = (-0,2 \times 0,2) + (0,4 \times 0,8) = 0,28$$

Le perceptron répond +1. Cette réponse est cohérente avec la bonne réponse. (En effet, sur le graphique, le point correspondant au premier essai se situe dans la zone bleue, donc +1. Les poids synaptiques sont alors conservés et on essaie avec un autre objet.

L'essai suivant est -0,9 et 0,15; l'activation vaut 0,24 et la réponse du neurone est +1. Élève Perceptron, vous ne l'avez pas ! Car la réponse correcte est -1. (Le point du deuxième essai est dans la zone rouge, donc -1). Il faut alors modifier les poids synaptiques comme le spécifie la règle d'apprentissage suivante :

$$\text{nouveau } w_1 = \text{ancien } w_1 + (e_1 \times \text{bonne réponse})$$

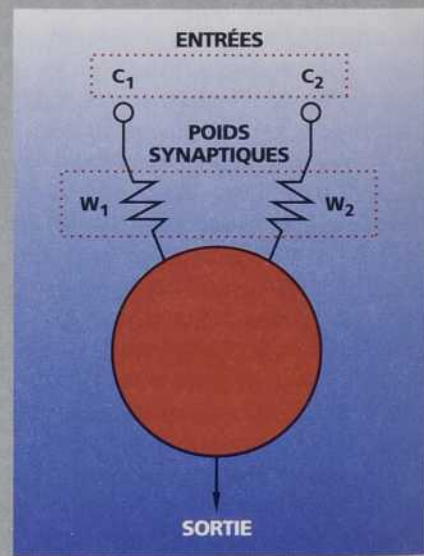
$$w_1 = -0,2 + (-0,9 \times -1) = 0,7$$

Ainsi les nouveaux poids deviennent 0,7 et 0,25.

On y va avec un troisième essai : 1 et -1,2 : l'activation vaut 0,4, la réponse est +1 et elle est incorrecte (la bonne réponse est -1). On calcule de nouveau les poids, qui deviennent égaux à -0,3 et 1,45.

Le quatrième essai est 1 et -0,8 : l'activation vaut -1,46, la réponse du neurone est -1. Encore faux ! (La bonne réponse est +1.) La modification des poids fournit cette fois 0,7 et 0,65.

Après quatre essais, les poids synaptiques modifiés par l'apprentissage valent 0,7 et 0,65. Le perceptron classe maintenant correctement presque tous les objets. Si on poursuit l'apprentissage, on constate que les poids synaptiques tendent tous deux vers la même valeur positive, par exemple 0,8 et 0,8. Vous pouvez vérifier que tous les essais, même les nouveaux, sont alors classés correctement. Le perceptron a appris à distinguer deux classes d'objets !



Machina Sapiens inc.: des logiciels intelligents faits au Québec

De l'école à l'espace!

Fondée en 1985 par trois étudiants universitaires en informatique, Machina Sapiens inc. se spécialise dans la réalisation de logiciels d'application de l'intelligence artificielle et du génie logiciel.

L'équipe de Machina Sapiens possède une bonne expertise dans la programmation par objets, les systèmes à base de connaissances, le traitement des langues naturelles, les logiciels de formation, les interfaces ergonomiques, les systèmes hypermédias, les outils de programmation et le développement en C++ sur les Macintosh™ et les PC roulant Windows™.

Depuis ses débuts, Machina Sapiens a commercialisé et exporté plusieurs progiciels dont des didacticiels, des outils de programmation et un outil professionnel de correction du français.

En plus de concevoir des progiciels, Machina Sapiens réalise des logiciels sur mesure pour une clientèle institutionnelle et privée dont le ministère de la Défense, le ministère de l'Éducation du Québec, Lévesque Beaubien, les mines Noranda, Vidéotron et l'Agence spatiale.

L'excellence en informatique!

- En 1986, le Prix du «Meilleur concept logiciel» attribué par la Fédération de l'informatique du Québec.
- En 1988, le Prix MICA pour la recherche du Conseil de l'industrie électronique du Québec (C.I.E.Q.)
- En 1991, le Prix de la Ministre de l'Enseignement supérieur et de la Science pour le logiciel Mécanica.
- En 1993, l'OCTAS de la technologie (catégorie PME). Ce prix a été décerné par la Fédération de l'informatique du Québec pour Le Correcteur 101.



Avis d'experts!

L'excellence de produits (tels le Correcteur 101) et l'expertise de son personnel placent Machina Sapiens en tête du développement technologique dans le secteur de l'intelligence artificielle au Québec.

Avis aux entreprises, n'hésitez pas à contacter Machina Sapiens pour vos projets de développement de logiciels, spécialement les projets réputés difficiles.

Avis aux étudiants, Machina Sapiens est constamment à la recherche d'experts ("cracks") en intelligence artificielle, en linguistique et en génie logiciel.

Le Correcteur 101

L'outil professionnel de correction du français

Un correcteur de 3e génération

Le Correcteur 101 représente une véritable percée technologique dans le domaine de la correction du français. 101 est le seul correcteur à être capable de faire une analyse grammaticale complète de phrases complexes en français comme le ferait monsieur Grevisse lui-même. 101 y arrive grâce à un ensemble de technologies innovatrices en intelligence artificielle, en linguistique et en génie logiciel.

La technologie évolue par générations. La première génération des correcteurs travaillait à partir d'une liste de mots. Si un mot n'était pas dans la liste, le correcteur signalait une erreur.

La seconde génération de correcteurs, les correcteurs grammaticaux heuristiques, représente un progrès car elle fait intervenir pour la première fois les accords grammaticaux. Toutefois, les correcteurs de deuxième génération se limitent à des accords grammaticaux simples et localisés.

L'analyse grammaticale complète des phrases représente l'innovation majeure introduite par 101. À ce titre, 101 est le premier correcteur de troisième génération. Seule l'analyse complète de la phrase peut permettre de repérer une erreur avec assurance et d'en expliquer l'origine à l'utilisateur.

Parce qu'il est capable d'analyser avec précision chaque phrase dans sa globalité, 101 laisse passer moins d'erreurs (sous-détection ou silence) et fait moins de fausses détections (sur-détection ou bruit).

Ce qui fait la force de 101, c'est la qualité de son analyse grammaticale qui repose sur la norme de Grevisse-Goosse telle qu'exposée dans *Le Bon Usage*™. Cette norme a le mérite d'être cohérente, fouillée et reconnue internationalement.

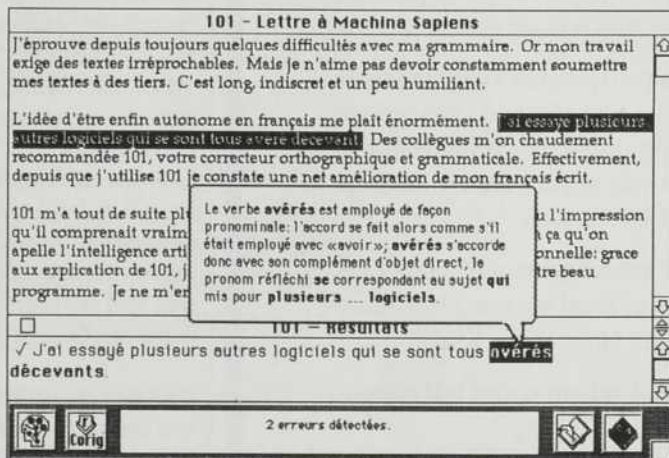
Sa grammaire, riche de plus de 3 000 règles, ne couvre pas encore tout le français, mais elle couvre un nombre remarquable de phénomènes syntaxiques, parmi lesquels on trouve les structures temporelles les propositions corrélatives, la coordination, les éléments incidents, les épithètes détachées et quantité d'autres encore.

Pour créer la grammaire de 101, nous avons inventé un nouveau formalisme de description basé sur la théorie «sens<->texte» de Mel'cuk. Ce formalisme permet de décrire très simplement et intuitivement la plupart des phénomènes syntaxiques des langues naturelles. La grammaire interagit avec un dictionnaire de 60 000 mots, un dictionnaire en partie inspiré des lexiques-grammaires de Gross. Pour faire fonctionner cette grammaire en des temps raisonnables sur des micro-ordinateurs courants, nous avons créé un analyseur original et efficace.

Constitué de 100 000 lignes de langage C++, 101 est entièrement basé sur une approche de programmation par objets. C'est grâce à la programmation par objets que des projets de l'envergure de 101 sont réalisables malgré leur taille et leur complexité.

Comparé aux seuls autres produits commerciaux qui tentent de faire de l'analyse, les correcteurs grammaticaux, 101 se démarque nettement. 101 est offert en version Macintosh™ et Windows™.

Le Correcteur 101 a été acclamé par la presse spécialisée au Québec et en France et exporté dans le reste du monde dont les États-Unis, la Suède, l'Australie et le Japon.



Machina Sapiens

3290, avenue Lacombe, Montréal (Québec) H3T 1L7 Téléphone: (514) 733-1095 Télécopieur: (514) 733-2774

* Le Correcteur 101 et le logo 101 sont des marques de commerce des Logiciels Machina Sapiens inc. © Copyright 1992-1993, Les Logiciels Machina Sapiens inc. Tous droits réservés. Toutes les marques citées sont des marques déposées.



réseau classe bien 99 % des lettres et déclare « Je ne sais pas » pour le reste.

Si l'apprentissage est réussi, le réseau répond correcte-

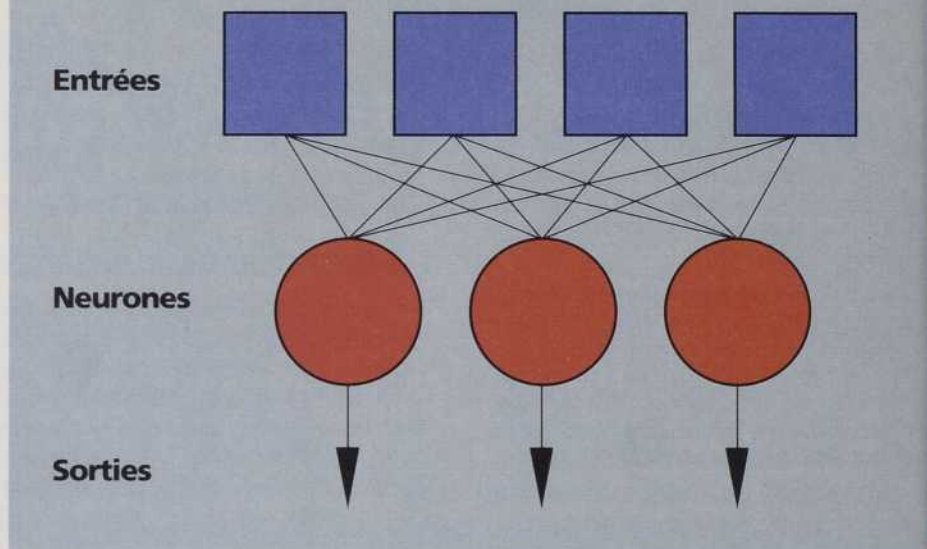
ment pour les exemples connus, mais aussi pour de nouveaux exemples : il généralise. Il peut ainsi identifier un « E » même si la barre horizontale de la lettre est tronquée. Mais l'apprentissage ne réussit pas à tout coup.

Comprendre le cerveau

Par un juste retour des choses, les réseaux neuronaux, inspirés du cerveau, nous aideront peut-être à mieux comprendre ce dernier. C'est du moins le but de Robert Proulx, de l'UQAM. Ce psychologue a réuni dans le domaine des réseaux de neurones tous ses intérêts : apprentissage, mémoire, intelligence artificielle, neurosciences.

« Bien qu'on sache dans quelles régions du cerveau se produisent les divers processus mentaux, dit-il, on ne comprend pas encore le fonctionnement du système dans son ensemble. Ma stratégie consiste à essayer de fabriquer un réseau de neurones

Exemple simple d'un réseau de neurones



qui reproduit de près l'activité du cerveau. Bien sûr, ça ne prouvera pas que le cerveau fonctionne comme notre modèle artificiel. Comme pour toute théorie, il faudra la valider en vérifiant les prédictions tirées du modèle. »

Robert Proulx considère que l'apprentissage supervisé ne fournit pas un bon modèle de la perception et de la mémoire, même si ses applications technologiques sont intéressantes. « Personne ne fournit toutes les réponses à un être humain qui apprend. Un parent n'im-

plante pas dans le système neuronal de son enfant le bon pattern d'activités ! », dit-il. Bref, pour obtenir un modèle valable du cerveau, il faut utiliser des réseaux neuronaux non supervisés, auxquels on ne fournit aucune réponse, aucun indice. Ces réseaux doivent apprendre eux-mêmes à trouver des distinctions entre les objets qu'on leur soumet !

Les réseaux non supervisés présentent souvent des difficultés : ils n'arrivent pas à définir des attracteurs, donc à classer correctement. Robert Proulx et Jean Bégin, aussi chercheur à l'UQAM, ont réussi à vaincre la difficulté avec leur modèle, appelé EIDOS. Dans ce modèle non supervisé, l'évaluation des poids synaptiques obéit à la règle de Hebb (plus les neurones sont actifs, plus leurs synapses sont efficaces), tout en étant sensible au feedback négatif, faible et retardé des autres neurones. Ce comportement est plus conforme à celui des neurones de notre cerveau.

Résultat : EIDOS converge vers des attracteurs bien définis et classe correctement. Un nouvel objet présenté au réseau après l'apprentissage est intégré sans difficulté : le réseau généralise. Lors des expériences, EIDOS a été entraîné à reconnaître neuf lettres (E, F, I, ...) qu'on lui présentait brouillées (floues, noyées dans du gris, etc.). Le réseau a découvert de lui-même neuf attracteurs. « Mieux encore, ajoute Robert Proulx, le réseau a développé tout seul des règles de catégorisation : présence d'un contour, d'une diagonale, etc. »

Penser avec la lumière

Des réseaux neuronaux entraînés à reconnaître des formes pourraient rendre plus efficace l'inspection de pièces usinées ou même le tri des déchets à recycler. À l'Institut national d'optique (INO), à Sainte-Foy, Denis Gingras et son groupe s'intéressent au traitement d'images en télédétection. « Les réseaux neuronaux sont très appropriés pour de telles tâches de classification. Un réseau, par exemple, peut apprendre à distinguer une forêt de conifères d'une forêt de feuillus sur une image satellite. Nous avons obtenu des

L'AVENIR CHANGE D'OPTIQUE

Depuis le début de ses activités, l'Institut national d'optique a changé la vision d'avenir de plusieurs entreprises québécoises et canadiennes.

Désormais, elles partagent une vision qui passe par les nouvelles techniques de conception optique, l'optique diffractive, le traitement de l'information, la métrologie, les lasers, les fibres optiques et l'optoélectronique.

Avec l'aide de l'Institut national d'optique, des entreprises d'ici peuvent maintenant rivaliser avec les meilleures, où qu'elles soient.

L'avenir change d'optique et c'est tant mieux.



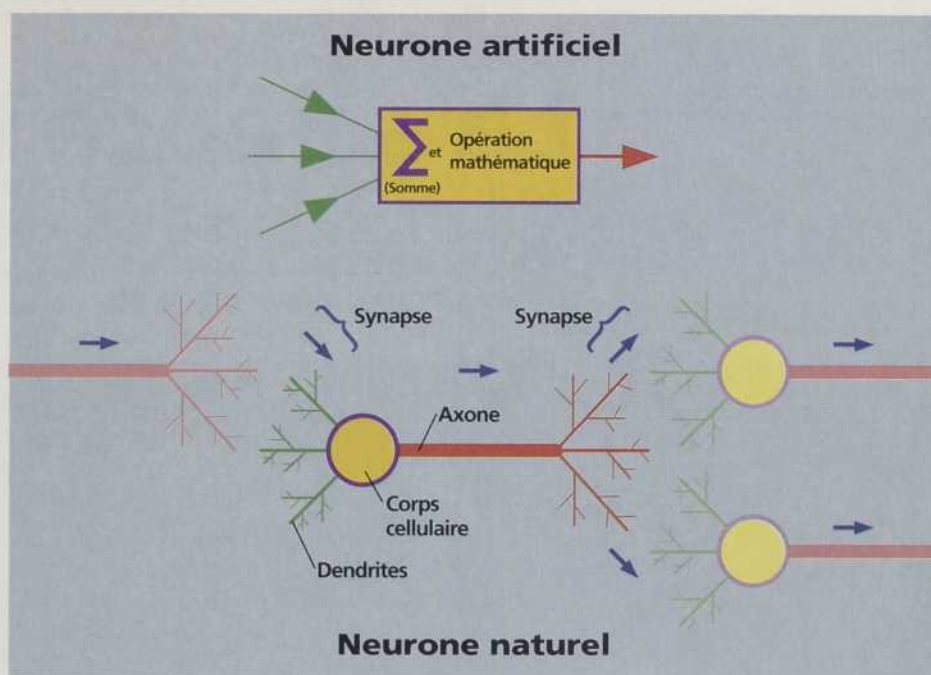
Parc technologique du Québec métropolitain, 369, rue Franquet,
Sainte-Foy (Québec) G1P 4N8
Téléphone: (418) 657-7006 - Télécopieur: (418) 657-7009

taux de succès de 90 %, ce qui est adéquat en télédétection. »

De telles applications commencent à peine à se répandre que de nombreux chercheurs, en particulier à l'Université Laval et à l'Institut national d'optique, se consacrent déjà à la mise au point de réseaux neuronaux optiques. Dans ces réseaux, l'information circule sous forme de faisceaux de lumière plutôt que de courants électriques. Pas besoin de fils ou de contacts et pas d'interférence entre deux faisceaux qui se croisent.

De plus, l'information transmise sous forme lumineuse convient tout à fait au genre de traitement que font les réseaux de neurones. « Un réseau neuronal traite en parallèle une série de données, explique Henri Arsenault, du département de physique de l'Université Laval. Or l'optique est naturellement parallèle. » Chaque faisceau de lumière contient en effet plusieurs rayons lumineux parallèles qui transportent chacun une certaine information. Un réseau neuronal optique peut donc traiter simultanément beaucoup plus d'information qu'un réseau implanté dans un circuit intégré.

Les divers composants nécessaires à la mise au point d'un réseau neuronal opti-



que existent en bonne partie : lasers comme sources de lumière, lentilles, caméras CCD pour la détection, modulateurs de lumière...

Les ordinateurs des prochaines décennies seront probablement hybrides : ils combineront informatique traditionnelle et

réseaux neuronaux, électronique et optique. « Selon le type de traitement nécessaire, on utilisera différentes architectures. Le gros défi, conclut Denis Poussard, professeur au département de génie électrique de l'Université Laval, sera d'intégrer tout cela de façon harmonieuse. » ●



INFORMISSION LTÉE

Offre des solutions complètes en informatique scientifique et en informatique de génie, notamment dans les domaines suivants :

- acquisition de données et instrumentation (Labview, Labwindows, C++);
- contrôle et monitoring en temps réel (GPIB, VXI);
- traitement d'images (Ultimage, Matrox, Optimus);
- simulation, logiciel de tests et d'essais (VEE-TEST);
- gestion textuelle et multimédia (Ful/Text, HPM Power);
- système à base de connaissance (KBMS, Level 5, N Expert Object).

Plus de 75 professionnels en technologie de l'information à votre service depuis bientôt 10 ans.

Pour plus d'informations, veuillez contacter un de nos chargés d'affaires aux coordonnées suivantes:

Québec: (418) 682-3366

Montréal: (514) 351-7755

par Danielle Ouellet

La science nazie

Objective et impartiale, la science ? Pas toujours.
Sous le Troisième Reich, plusieurs scientifiques se sont faits complices
des obsessions nazies de pureté raciale.



L'arrivée au pouvoir de Hitler en 1933 marqua le début d'un véritable régime de terreur. Toute l'organisation sociale avait pour but de servir l'idéologie nazie. La science aussi devait se soumettre aux idéaux du Führer. Un témoin de l'époque, qui a rencontré Hitler, rapporte : « Le regard critique des jeunes chercheurs lui gâchait régulièrement sa bonne humeur » !

Parmi les scientifiques, certains s'exilèrent; d'autres, plus rares, combattirent l'idéologie du moment, mais plusieurs composeront avec un pouvoir qui sert bien leurs intérêts personnels ou corporatifs.

Un livre passionnant, intitulé *La science sous le Troisième Reich*, réunit une douzaine de textes récents qui examinent d'un œil critique la science dans l'Allemagne hitlérienne. Des courants de pensée en vogue depuis la fin du 19^e siècle, sur la pureté et la supériorité

de certaines races, avaient fait leur chemin. Ils trouvèrent, avec le nazisme, un terrain fertile.

La « bonne » science allemande

Une des hypothèses suggérait que la race nordique ou aryenne était naturellement plus intuitive que les autres. Et comme les mathématiques font appel à l'intuition, on concluait que les aryens devaient être meilleurs en mathématiques. Dès 1933, on mettait tous les Juifs à la porte de l'Institut de mathématiques de Göttingen. L'Institut en fut, à toutes fins pratiques, démantelé.

Certains mathématiciens, parmi les plus prestigieux, comme David Hilbert et Hermann Weyl, essayèrent de défendre leurs collègues. Ils durent se montrer d'habiles stratèges pour réussir à naviguer dans des eaux aussi troubles. La création du Conseil de recher-

che du Reich, en 1937, n'allait pas arranger les choses : les mathématiques seraient désormais au service de la physique. Les résultats pratiques étaient devenus plus importants que la recherche pure. Six ans après la prise du pouvoir par Hitler, il y avait à peu près dix fois moins d'étudiants en mathématiques qu'avant.

La physique, de son côté, a souffert de la rancœur de deux physiciens, Philipp Lenard, prix Nobel de 1905, et Johannes Stark, prix Nobel de 1919. Tous deux farouchement antisémites, ils affirmaient que la théorie de la relativité et la mécanique quantique étaient « des inventions de l'esprit juif, qui allaient infecter la bonne physique allemande ». Ils ont flirté, avec succès pendant un temps, avec le pouvoir nazi.

Un de leurs opposants était Werner Heisenberg, l'un des physiciens les plus célèbres de

Ce n'est pas uniquement la morale qui a été pervertie par l'idéologie nazie. L'anthropologie, la biologie, la physique ont été polluées par les idées hitlériennes.

ce siècle. Prix Nobel de 1932, il fut l'un des fondateurs de la théorie quantique. Heisenberg s'acharna à faire triompher la vérité scientifique. Son argumentation alla jusqu'à cautionner implicitement l'antisémitisme : comme Juif, Einstein était peut-être détestable, mais ses idées devaient être reconnues, car elles étaient valables et pouvaient même être utiles à la guerre. Une enquête des SS finit par admettre la physique théorique de Heisenberg. L'enquête conclut qu'au début les travaux d'Heisenberg étaient « étrangers à la race », à cause de l'influence de « la méthode juive en physique », mais qu'ils étaient finalement « conformés ».

Les sciences humaines étaient encore plus perméables aux idéologies. L'enseignement de l'histoire servait de prétexte à glorifier des peuples ou des hommes, symboles de la pureté de la race, et à pourfendre tous les courants idéologiques autres que le nazisme. Pendant leur formation, les SS apprenaient que les ennemis de la race sont nombreux : « Juifs, libéraux, marxistes, chrétiens, capitalistes, réactionnaires, francs-maçons, homosexuels ». Certains pourraient être « désebourgeoisés » ou « déprolétariés », mais les autres devraient être éliminés. Le génocide était donc inévitable.

Purification raciale

Parmi les scientifiques, ce sont sans doute les anthropologues qui se sont le plus identifiés à l'idéologie nazie. Avec le nazisme, ils prirent soudainement une importance qui les propulsa sur l'avant-scène politique. Ils profitèrent d'importantes subventions à la recherche : on leur commandait des enquêtes bio-anthropologiques et on leur fournissait du « matériel humain ». La politique d'hygiène raciale de Hitler reçut leur adhésion, et ils suggèrent l'émission de « certificats raciaux » pour détecter l'appartenance juive des parents. Ils firent un recensement anthropologique des minorités ethniques non désirées, Juifs ou Tziganes, en vue de leur stérilisation ou de leur déportation.

Les biologistes se sont retrouvés dans une situation similaire, alors que l'enseignement de leur discipline, que plusieurs considéraient comme descriptive et inutile, déclinait. L'enseignement de l'eugénisme, ou amélioration génétique de la race, allait lui donner une nouvelle crédibilité. Dès ses premières années à l'école, l'enfant apprenait que l'individu n'était rien et que le peuple était tout. Il fallait donc préserver le « substrat racial du peuple allemand » et éliminer les Allemands génétiquement malsains. Les enfants apprenaient à se conformer à l'idéal nazi.

Le monde médical, lui aussi contaminé, allait définir les traits physiques de la race pure, avec les conséquences inévitables : stérilisation, euthanasie et génocide. Un médecin n'a pas hésité à travestir son serment d'Hippocrate : « Mon serment d'Hippocrate me dit de faire l'ablation d'un appendice gangreneux du corps humain. Les Juifs sont l'appendice gangreneux de l'humanité. C'est pourquoi j'en fais l'ablation. »

L'asservissement des utérus

La découverte des rayons X, au début du siècle, avait laissé entrevoir un espoir de guérison du cancer, mais les femmes traitées étaient souvent rendues stériles accidentellement, tandis que certains gènes subissaient des mutations. Une thèse devint alors populaire dans les années 20 et 30 : les facteurs génétiques défectueux se propageraient plus vite, chez l'homme, que les facteurs normaux, de sorte que la dégénérescence de l'espèce humaine irait en s'accéléralant.

Cette « théorie », entre autres, allait justifier la loi de 1933 instituée par Hitler pour éliminer les maladies héréditaires. Conséquences de cette loi : la stérilisation volontaire, les interdictions de se marier, l'obligation de déclarer toute maladie héréditaire, la stérilisation d'enfants, d'asociaux et d'antisociaux. Les femmes célibataires « de qualité » étaient fortement encouragées, même parfois obligées, à être inséminées artificiellement. La polygamie et la maternité hors mariage étaient souhaitées. Les méthodes de sélection incluaient l'avortement, la stérilisation et la castration...

Dans les camps de concentration, des projets de recherche grassement subventionnés allaient bon train : les morts ne gênaient pas puisqu'ils étaient Juifs, Tziganes ou Slaves. Un gynécologue nazi influent, Carl Clauberg, pratiqua de nombreuses expériences « sur des femmes et des animaux », dans le but de mettre au point des méthodes de stérilisation « sans interventions chirurgicales et sans effusion de sang ». À Auschwitz, avec l'argent du Conseil de recherche du Reich, il essayait de provoquer une inflammation des trompes ou l'adhérence des parois en injectant du formol, du nitrate d'argent ou du baryum aux femmes juives et tziganes. Des centaines de femmes, considérées comme du vulgaire « matériel » de laboratoire, subirent des souffrances atroces ou en moururent. ●

Danielle Ouellet est docteure en histoire des sciences.

Pour en savoir plus :

La science sous le Troisième Reich sous la direction de Josiane Olf-Nathan Seuil, Paris, 1993, 338 pages, 49,95 \$



LES DÉBROUILLARDS

LE MAGAZINE DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE
DES 7 À 14 ANS

vous propose en octobre :

Hibernia : une île artificielle dans l'Atlantique

Dans 80 mètres d'eau glaciale, des ingénieurs construisent une île de béton et d'acier. Son rôle : pomper le pétrole qui « dort » depuis des millions d'années, à 3 kilomètres sous l'océan. Un projet gigantesque!

Le voyage qui changea l'histoire

Le 27 décembre 1931, un obscur naturaliste du nom de Charles Darwin s'embarque pour un voyage autour du globe. Un voyage qui va révolutionner notre vision de la vie sur Terre.

Cap sur la science !

Ils s'appellent Kerry, Raul et Magali. Ils viennent d'Afrique du Sud, d'Espagne et du Québec. Ils se sont rencontrés l'été dernier à Amarillo, une ville du Texas, lors de l'Expo-sciences internationale.

Mystérieux champignons

Lorsqu'on déterre délicatement un champignon, on découvre un incroyable réseau de filaments emmêlés.

Des vagues dans les oreilles !

Hé oui, nous entendons grâce à des « vagues » qui se forment dans nos oreilles. Mais des vagues trop fortes peuvent causer la surdité !

En plus :

Des expériences amusantes à faire à la maison, des concours, des jeux, des fiches à collectionner, des bandes dessinées, la rubrique des correspondants et plus. 52 pages de découvertes !



Les Débrouillards est en vente dans plusieurs kiosques au prix de 2,95 \$.

Pour s'abonner (1 an, 10 numéros, 26 \$) s'adresser à :

Magazine Les Débrouillards
25, boul. Taschereau, bureau 201
Greenfield Park, Québec
J4V 2G8

Commande téléphonique (carte de crédit indispensable): 875-4444.





- Juin 1993**
Le Guide des vacances
Hibernia
Les vélos high tech
Henri Atlan
- Mai 1993**
Dossier déchets
Réseau informatique Internet
Le diagnostic de la mort
- Avril 1993**
Libre-échange et technologie
Parcs technologiques
Les robots
- Mars 1993**
Dossier énergie
La vie secrète du Biodôme
Les modèles économiques
- Février 1993**
Dossier télé, radio, vidéo
Le prix d'une marée noire
Chirurgie pour nos routes
- Décembre-janvier 1993**
Effet de serre
Sida: le vaccin québécois
Les étoiles mortes
- Novembre 1992**
(30^e anniversaire)
30 experts imaginent l'avenir
Médecine génétique
La morue moribonde ?
- Octobre 1992**
Dossier biotechnologies
Implants mammaires
- Septembre 1992**
Le marché de la naissance
artificielle
Les voitures électriques
Télescopes, cloches
- Juillet-août 1992**
Dossier Biodôme
Dossier découvrir l'univers
Les jumeaux, le magnésium
- Juin 1992**
Spécial environnement
Dossier Biodôme
- Mai 1992**
Spécial innovation
Les nouveaux gourous de
l'économie
Les 25 ans de l'IRCM
- Mars 1992**
Objectif Mars
Michel Serres
Les trains ultrarapides
Les animaux malades de nos gènes

Il vous manque un Québec Science? Le voici

Complétez votre collection.
Retrouvez le dossier ou l'article qui vous intéresse.

Plusieurs numéros de Québec Science sont encore disponibles. Certains sont en nombre très limité. Commandes honorées jusqu'à épuisement.

Commandez dès maintenant.

- Février 1992**
La fusion nucléaire
Les insectes sociaux
- Décembre-janvier 1992**
Dossier Santé mentale
La saga des découvreurs
Le fleuve en images
- Novembre 1991**
Spécial francophonie
- Octobre 1991**
Les premiers habitants du Québec
Radarsat
Grande Baleine
- Septembre 1991**
Mâle ou femelle
L'arthrite
Les cavernes du Mexique
- Été 1991**
Féerie sous le Saint-Laurent
Les plantes médicinales
Les microclimats
- Mai 1991**
Spécial environnement
- Avril 1991**
L'océanographie
Jean-René Roy, astrophysicien
La mathématique du chaos
- Mars 1991**
Danger au labo
L'agriculture durable
Le chaos ordonné
- Février 1991**
Les régimes amaigrissants
Rire pour guérir
L'archéologie américaine
- Décembre 1990**
Les vêtements high tech
La transfusion sanguine
Le téléphone de poche
- Octobre 1990**
La médecine sportive
Les écoles Fernand-Seguin
Le parc marin du Saguenay
- Septembre 1990**
Les médias du futur
L'avenir des sciences humaines
L'acupuncture
- Été 1990**
Les animaux de laboratoire
Les Galapagos
Science et handicaps physiques

- Mai 1990**
Spécial environnement
- Avril 1990**
La médecine prénatale
La muséologie scientifique
Pierre Dansereau: agir
- Mars 1990**
Les pompiers high tech
Les malades du sommeil
Les couleurs
- Janvier 1990**
Spécial énergie
- Décembre 1989**
Les femmes en sciences
Fernand Seguin
Les avions hypersoniques
- Novembre 1989**
Spécial Espace
- Juillet-août 1989**
La chauve-souris
Les peaux ridées
La dendrochronologie
- Juin 1989**
Horticulture: Métis, Quatre Vents
La nature au musée
Les causes de l'Alzheimer



Cochez les numéros désirés, remplissez le coupon et retournez cette page avec votre paiement à:
Québec Science, CP 250, Sillery, Qc G1T 2R1

Je commande _____ numéros à 4,35 \$ Total: _____
(poste, manutention et taxes incluses) TPS : 0,26\$ TVQ : 0,32\$

Nom _____

Adresse _____ no. _____ rue _____ app. _____

_____ ville _____ province _____

_____ Code postal _____ téléphone _____

Je paye par chèque Visa MasterCard
(à l'ordre de Québec Science)

No de carte _____ Date d'expiration _____ / _____

Signature _____

Offre valide au Canada, jusqu'au 31 décembre 1993, selon la disponibilité. Étranger: tarifs sur demande.
TPS: R 1335 97427 TVQ: 1013609086

- Mai 1989**
Spécial environnement
- Avril 1989**
Forillon, Mingan, Mauricie
Les Grands Lacs
L'exploitation minière
- Mars 1989**
Les boîtes noires des avions
La nouvelle dentisterie
Brenda Milner: la mémoire
- Février 1989**
Pollution domestique
L'équipe spatiale du Canada
- Janvier 1989**
Le réseau hydro-québécois
En finir avec les BPC
La masse cachée de l'univers
- Novembre 1988**
La sclérose en plaques
Satellite ou fibre optique?
Les roches lunaires
- Septembre 1988**
Course auto et technologie
La navette soviétique
La microchirurgie
- Juillet-août 1988**
Le bronzage
Les entreprises et l'environnement
Imax et Omnimax
- Juin 1988**
Les ponts du Québec
La santé mentale
Les feux d'artifice
- Février 1988**
L'imagerie médicale
Les radioamateurs
Les adolescents québécois
- Janvier 1988**
La vie extraterrestre
L'ozone
Le mal de tête

Également disponibles :
(Encerclez)

- 1988 :** mars, avril, mai, octobre, décembre
- 1989 :** septembre, octobre
- 1990 :** février, novembre
- 1991 :** janvier
- 1992 :** avril

Histoire de la chimie

par **Bernadette Bensaude-Vincent et Isabelle Stengers**

La Découverte, Paris, 1993, 360 pages, 54,95 \$

C'était un défi ambitieux que d'écrire une histoire de la chimie. Les auteures, qui sont historiennes des sciences, l'ont relevé avec succès. Elles se démarquent d'une génération d'auteurs, souvent eux-mêmes chimistes, pour qui la chimie est née à un moment précis de l'histoire. Pour elles, l'époque de cette naissance est plus floue, moins facilement identifiable. De l'héritage d'Alexandrie à la science moderne en passant par l'alchimie arabe et chrétienne, les travaux de Lavoisier et les résultats spectaculaires du début du 20^e siècle, elles retracent l'évolution d'une discipline qui a longtemps attendu son messie. Si Lavoisier a été un précurseur, la chimie a pris son essor sans grands bouleversements, contrairement à d'autres disciplines scientifiques, comme la physique.

Espoirs et sagesse de la médecine

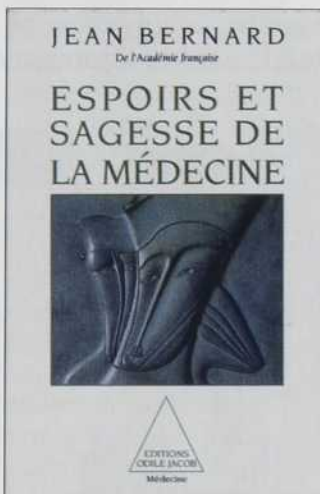
par **Jean Bernard**

Éditions Odile Jacob, Paris, 1993, 240 pages, 39,95 \$

En 1968, le président Nixon décidait que l'histoire n'oublierait pas son nom : il s'attaquait au cancer et avait l'intention de le vaincre. De nombreux spécialistes lui avaient affirmé que cela était possible. Il suffisait d'investir l'argent nécessaire dans la recherche. Des milliards de dollars et dix ans de recherche aboutirent à un constat d'échec. Malgré les importantes découvertes des années suivantes, le cancer continue de faire des ravages... et le président Nixon est passé à l'histoire

pour d'autres raisons.

L'auteur constate que la médecine du 20^e siècle est toujours démunie face à certains troubles mineurs de la santé, comme la leucocémie, une maladie bénigne mais très répan-



due qui résulte de la diminution du nombre de globules blancs. Pour lui, c'est le deuxième grand échec de la médecine. Jean Bernard tente de prévoir ce que sera la médecine du prochain siècle. Il pose des questions : le 21^e siècle parviendra-t-il à éviter le commerce du corps humain ? quelle part du revenu national devons-nous consacrer à la recherche ? *Espoirs et sagesse de la médecine* informe et suscite la réflexion.

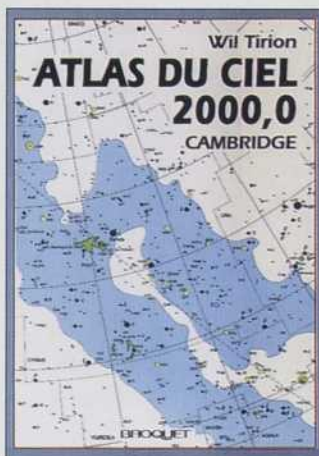
Atlas du ciel 2000,0 de Cambridge

par **Wil Tiron**

Éditions Broquet, La Prairie, 74 pages, 39,95 \$

« Parmi les cartographes célestes modernes, Wil Tiron est sans doute le plus hot. » C'est en ces termes que le traducteur de cet ouvrage, Marc Jobin, astronome au Planétarium Dow, décrit l'auteur de l'atlas. Il faut savoir qu'au cours des années les lignes de coordonnées que nous utilisons comme repères dans le ciel se déplacent régulièrement par rapport aux étoiles. Cela signifie, soit dit en passant, que les

constellations du zodiaque ne sont plus au même endroit qu'il y a 2000 ans : « Un bon argument contre l'astrologie », lance en riant Marc Jobin. Wil Tiron a été le premier, dans les années 70, à se lancer dans la fabrication d'atlas pour l'an 2000. Son atlas sera tout à fait juste le 15 janvier de l'an 2000 à midi, ce qui ne l'empêche pas d'être fiable pour les 20 ou 30 prochaines années. Le ciel y est découpé en 20 cartes, chacune accompagnée d'un tableau de données. Accessible aux astronomes débutants comme aux plus avancés, il est aussi de format pratique : « C'est un bon atlas d'utilisation polyvalente, conclut Marc Jobin. Contrairement à d'autres atlas plus volumineux et plus encombrants, je n'hésiterai pas à l'apporter dans mes bagages lors de mon prochain voyage dans l'hémisphère sud, au Chili. »



Un monde sans hiver

par **Francis Hallé**

Seuil, Paris, 1993, 382 pages, 49,95 \$

L'auteur, biologiste spécialiste des forêts tropicales, a vécu à Abidjan (Côte d'Ivoire), à Cayenne (Guyane française), à Brazzaville (Congo), « ses meilleures années de tropicalisme », écrit-il. Avec passion et compétence, il présente les tropiques aux « habitants



des pays industriels, confortablement installés dans les régions tempérées du globe ». Il s'interroge : les tropiques, existe-t-elle ? s'agit-il d'un enfer ou d'un éden ? y parle-t-on science ou poésie ? L'auteur nous parle de la terre, des climats, des roches, des fleuves, de la vie, des hommes et de leur psychologie, de l'agriculture, de l'économie, de la politique. Francis Hallé nous offre un regard personnel, saupoudré de courts extraits de récits de voyages d'auteurs célèbres comme San Antonio et André Gide. Il nous fait découvrir un monde fascinant et encore mystérieux.

Les quatre cavaliers de l'Apocalypse

par **Andréanne Foucault**

VLB Éditeur, 1990, 164 pages, 16,95 \$

Si vous avez manqué *Les quatre cavaliers de l'Apocalypse*, le film animé par Lise Payette, voici une autre chance de connaître les opinions de l'animatrice, des chercheurs, des journalistes, du réalisateur, du producteur et de nombreux spécialistes, québécois ou suédois, sur notre « environnement en péril ». Des situations souvent dramatiques sont illustrées à l'aide d'images tirées du film. ●

Danielle Ouellet

par Raynald Pepin

La formule qui rend millionnaire

C'est la même formule mathématique qui gouverne le frottement d'une corde autour d'un poteau, le refroidissement du café, l'intensité de la lumière dans l'eau...

Votre café est bouillant : combien de temps devez-vous le laisser refroidir avant qu'il ne soit, disons, à 70°C ? Après avoir brosse vos dents, vous passez la soie dentaire : combien de fois enroulez-vous la soie autour de vos doigts ?

Dans ces deux cas, vous avez affaire à ce que les mathématiciens appellent une croissance (ou décroissance) exponentielle. Prenons un exemple bien concret. Vous déposez une seule fois 100 dollars à la banque : quand serez-vous millionnaire ? Réponse : peut-être beaucoup plus vite que vous ne le pensez... Faisons le calcul. Voici l'équation qui vous permettra de devenir riche :

$\$ = A \times e^{kB}$. Le « \$ » est le montant que vous récolterez quand vous retirerez votre argent de la banque, à la fin de la croissance exponentielle. Le « A » est la somme d'argent que vous avez déposée à la banque. Le « e » est une constante mathématique qui vaut 2,718281828...; k est le taux d'intérêt; B correspond à la durée de la croissance (si l'intérêt est calculé quotidiennement, B doit être un nombre de jours, quand l'intérêt est mensuel, B doit être un nombre de mois).

Allons donc déposer nos 100 dollars à un taux annuel de 5 % dans un compte à intérêt quotidien : la quantité A vaut initialement 100 dollars. L'intérêt quotidien, « k » dans l'équation, vaut $5\% \div 365 = 0,0137\%$ par jour. Pour la première journée, « B » vaut 1. Le montant



va donc augmenter à $\$ = (2,718281828)^{0,000137} \times 100 \$$, soit 100 dollars et 1,37 cent.

Au bout d'un an, le dépôt aura grimpé à 105,13 dollars. Après 10 ans : 165 dollars. Après 100 ans : 14 900 dollars. Pour voir votre million, il faudrait vous faire congeler, puis décongeler dans 184 ans ! Tout ça avec un dépôt initial de 100 dollars ! C'est ça une croissance exponentielle.

Voyons quelques exemples de variations exponentielles.

La corde autour du poteau

Dans son roman *Mathias Sandorf*, Jules Verne célèbre l'exploit d'un hercule qui, à la force des poignets, retient un bateau de 50 tonnes au moment

de son lancement. L'homme saisit une amarre qui pend du pont, l'enroule autour d'un pieu fiché en terre et s'arc-boute, immobilisant le bateau. Surhumain ? Non : n'importe qui aurait pu le faire !

Supposons qu'autour d'une branche d'arbre horizontale, on enroule une corde trois fois. À un des bouts de la corde, on suspend une masse d'une tonne. Il suffit, pour soutenir la masse, de se cramponner à l'autre bout de la corde avec le même effort que pour tenir une tablette de chocolat de 80 grammes ! En supposant... que la branche tienne le coup ! (Il faut aussi supposer que la branche soit rugueuse pour que le frottement soit suffisant.)

Comment cela est-il possi-

ble ? Plus une corde est enroulée autour d'un poteau, plus le frottement entre la corde et le poteau augmente. Et à cause du frottement, la tension varie entre les deux bouts de la corde. La tension et le frottement dans la corde augmentent exponentiellement avec le nombre de tours.

Cette croissance exponentielle du frottement reliée au nombre de tours est très pratique. Quand on coud un bouton, on enroule le fil plusieurs fois autour de brins du tissu : le frottement est tel que le fil et le bouton tiennent. De même pour la soie dentaire enroulée autour des doigts, ou pour le pansement que l'on pose sur un membre. La solidité des nœuds repose sur le même principe :

on enroule la corde autour de la corde! Plus il y a d'enroulements, plus le nœud est solide.

Le café est brûlant

Sorti de la cafetière, votre café est trop chaud. Heureusement, il se refroidit car sa chaleur se diffuse à l'air environnant.

La baisse de température du café est proportionnelle à la différence de température entre le café et l'air. La température du café décroît donc exponentiellement! Autrement dit, quand le café est chaud, sa température baisse vite; quand il est tiède, il se refroidit plus lentement.

Cette loi a été formulée par Isaac Newton... quoique en bon Anglais, il s'intéressait probablement plus au refroidissement du thé qu'à celui du café! Newton s'est intéressé à la diffusion de la chaleur, car il voulait calculer l'âge de la Terre.

Combien de temps avait-il fallu à la Terre initialement en fusion pour se refroidir à sa température actuelle? En fait, son analyse était incomplète, car elle ne tenait pas compte de la chaleur dégagée par les roches radioactives, la radioactivité étant alors inconnue.

Ceci nous amène à une question cruciale. Vous vous préparez un café et vous désirez le boire le plus tôt possible, mais sans vous brûler la langue. À quel moment faut-il ajouter le lait: dès le début ou juste au moment de boire? Une étude approfondie, publiée en 1988 dans le sérieux *American Journal of Physics*, montre que si le lait est froid, c'est la seconde méthode qui fournit le café le moins chaud.

La lumière évanouie

Il suffit de plonger dans une piscine ou dans un lac pour se rendre compte que plus on descend, plus il fait sombre. C'est que la lumière perd de son intensité en se propageant dans un milieu transparent. L'éner-

gie absorbée se transforme en chaleur. Dans l'air, l'absorption est faible, mais dans l'eau, elle est assez importante. C'est pour cela qu'il fait noir au fond des océans.

Cette perte d'intensité est proportionnelle à l'intensité initiale du faisceau de lumière. Encore ici, on observe une décroissance exponentielle! L'intensité lumineuse diminue très rapidement dans les premiers mètres sous la surface de l'eau, puis plus lentement.

À quelques mètres sous la surface de l'eau, on remarque aussi que les objets prennent une couleur bleu-vert. C'est que l'eau absorbe davantage la lumière rouge que la lumière verte ou bleue. À 15 mètres sous la surface, les trois quarts de la lumière rouge ont déjà été absorbés. Le vert et le bleu dominant donc dans la lumière résiduelle.

On retrouve la fonction exponentielle dans bien d'autres circonstances. Dans des conditions idéales (nourriture suffisante, pas de prédateurs), les populations d'espèces vivantes s'accroissent exponentiellement. Certains porte-voix, cors ou pavillons de haut-parleurs ont une forme exponentielle, c'est-à-dire que leur rayon augmente exponentiellement. Cette forme permet de transmettre assez uniformément toutes les fréquences sonores.

L'exponentielle décroissante gouverne aussi la désintégration radioactive et les applications qui en découlent, comme la datation au carbone 14.

Dans les premiers milliers de mètres au-dessus du sol, la pression et la densité de l'air diminuent exponentiellement avec l'altitude. Un parachutiste en chute libre tombe ainsi plus vite à 3000 mètres d'altitude qu'à 1000 mètres. On ne peut même plus sauter en parachute sans que les mathématiques nous rattrapent au détour! ●



La vérité sur L'HYPNOSE

L'hypnose est un outil puissant: certaines personnes ont été opérées sous hypnose. Mais cette technique a aussi ses limites. Elle est parfois dangereuse. La vérité sur l'hypnose, dans le prochain numéro de *Québec Science*.

Pour en finir avec les sondages

Nous sommes en période électorale. Les sondages jouent un rôle très important en politique. Comment sont-ils conçus? Sont-ils crédibles? Influencent-ils l'opinion publique?

La douleur inutile

Par ignorance, certains médecins font inutilement souffrir leurs patients. Est-ce le cas du vôtre?

La survie du plus altruiste

Nous savons tous que chez les animaux, les plus forts et les plus combatifs survivront mieux. Comment expliquer que chez certaines espèces, plusieurs individus sont altruistes?

par Michel A. Bouchard

La Terre joyeuse

Il ne se passe pas de jours sans que j'entende dire que la Terre est en danger, ou que je lise que la Planète doit être sauvée. J'aime bien ce jeu de prêter vie aux choses; toutefois, j'ai l'impression que dans ce cas-ci, quelque part, on confond la victime. Je pense que si la Terre nous donnait une entrevue, qui sait si elle ne nous dirait pas plutôt combien elle est joyeuse et que sans nous, elle trouverait le temps bien long!

Je pense en effet que la Terre est joyeuse de nature, qu'elle se réjouit facilement de tout ce qui lui arrive, parce qu'elle ne s'inquiète vraiment que de son intérieur et du ciel dont elle craint qu'il ne lui tombe ou retombe un jour sur la tête. De l'intérieur surtout — la Terre a une vie intérieure très intense — car s'il arrivait que le carburant s'épuise, elle deviendrait un astre mort, comme sa fille la Lune. C'est sans doute pour cela qu'elle a toutes les raisons de se réjouir de ces convulsions qui l'animent, de ses haleines qui s'exhalent en volcans, de ses plaques tectoniques qui tournoient et s'empilent en montagnes. C'est pour elle un signe de santé tellurique. La Terre est aussi très craintive devant l'immensité du ciel étoilé; elle craint ces météorites, ces astéroïdes, ces comètes que, de tout temps, elle surveille et redoute. Ses craintes sont astronomiques et universelles. Si la collision était de taille, elle s'en trouverait ébranlée, peut être même désaxée!

Il y a de cela très longtemps,

la Terre coulait des jours heureux. Son air était irrespirable mais qui s'en souciait? Au milieu d'océans bleus, s'étendaient des continents lisses et gris, de roche nue et saine. Pendant près de deux milliards d'années, que le bruit du vent, de la foudre, et de l'eau sur la pierre. Puis, on ne sait trop comment, on ne sait trop pourquoi, la Vie vint; du moins



commença-t-elle à laisser des traces. Selon une hypothèse parmi d'autres, ce serait les cyanobactéries qui auraient eu cette première idée de faire de la photosynthèse, libérant ainsi ce sous-produit de leur nouvelle invention: l'oxygène. Catastrophe, d'une certaine façon et pour ainsi dire. En termes contemporains, nous dirions « Changement global; Impact majeur et irréversible sur un des attributs fondamentaux de l'environnement ». C'était le début de l'oxydation.

Pour à peu près les deux autres milliards et demi d'années qui allaient suivre, l'eau, l'air et la terre ne seraient plus jamais pareils. Voilà que ça devint Vert. Et ce bruit infernal de

choses qui rampent et grognent, de battements d'ailes, de bruissement de feuilles, d'arbres qui tombent, de feu et de pas. Tout cela ne semble pas avoir affecté le moral de la Terre. Au contraire, elle a beaucoup insisté pour nous être hospitalière, pour nous fournir eau et vivres, pour nous abriter. Quand je dis nous, je parle de vous et moi, et de tous nos ancêtres, avec les générations intermédiaires, dans toute notre évolution. Elle s'est habituée à nous. Elle nous a vus affronter de terribles épreuves, livrer des luttes et, à quelques reprises, connaître des extinctions et des disparitions d'une ampleur à vous faire frémir.

Il semble clair enfin que lorsqu'on s'inquiète de la Terre, on transpose les inquiétudes et les craintes que nous nourrissons pour nous-mêmes. Et quand je dis nous, je vous laisse le soin de choisir s'il s'agit de l'humanité dans toute sa simplicité ou de la nature dans toute sa biodiversité. C'est une autre question. Cela fait plus noble et plus altier de chercher ainsi à sauver notre bonne vieille Terre que l'on fait tant souffrir, plutôt que de sauver son bourreau. N'empêche que ce n'est pas vraiment du sort de la planète dont il est question, mais bel et bien du sort du monde. Au travers de nos réflexions sur la place de l'homme dans la nature et sur l'équité interspécifique, la vraie question est celle du maintien des fonctions et des attributs de la biosphère au complet, ou en partie; du droit de l'homme à tirer usufruit de la nature, de son devoir ou sa prétention d'en être le gardien, de sa fina-

lité de devoir survivre. Veut-on préserver l'Amazonie pour l'inspiration, l'élévation, le sens de la beauté et le plaisir esthétique que procure à l'homme la nature vierge, ou veut-on préserver celle-ci dans le prolongement d'un devoir de conserver la nature en soi et pour elle-même, une sorte d'altruisme et d'intégrisme écologique? Sur le plan utilitariste, veut-on conserver ces espaces pour le médicament miracle que pourraient receler ses lianes et ses innombrables insectes que l'on n'a pas encore vus, ou parce que l'on veut conserver sur pied cette quantité effrayante de dioxyde de carbone tant craint et tant honni une fois en l'air? Nous pouvons craindre en effet ce changement global, et d'autres dont nous sommes les architectes parfois inconscients, ces impacts irréversibles sur des attributs fondamentaux de notre environnement.

Sans doute, comme avant, la Terre, qui en a vu d'autres, ne craint pas cela. À nouveau, l'eau, l'air et la terre pourraient ne plus être pareils, mais qui s'en souciera? Alors dans le fond, ce n'est pas « sauvons la Terre » qu'il faut dire, mais, soyons francs, « sauvons-nous! ». À la Terre, ce qu'il faut lui dire, c'est qu'on veut lui sauver la Vie. Car j'ai bien peur qu'à ses craintes telluriques et astronomiques soit maintenant venue s'ajouter celle, nouvelle, de rester seule. ●

Professeur titulaire, Michel A. Bouchard enseigne la géologie à l'Université de Montréal. Il est aussi coordonnateur scientifique au Bureau de soutien à l'examen public du projet de Grande-Baleine.



Guillaume Renaud,
infographiste,
spécialiste de la
synthèse numérique
d'images tridimensionnelles.

Derrière la jeunesse de Guillaume, nous voyons l'adulte décidé qu'il sera. Si cette vision nous pousse à développer des services de plus en plus intelligents, c'est que nous savons que, demain, il sera un client des plus exigeants.

Bell
des gens de parole

LE RETOUR DU CONCOURS

APOLOG



Concours APOLOG*, version 1994.

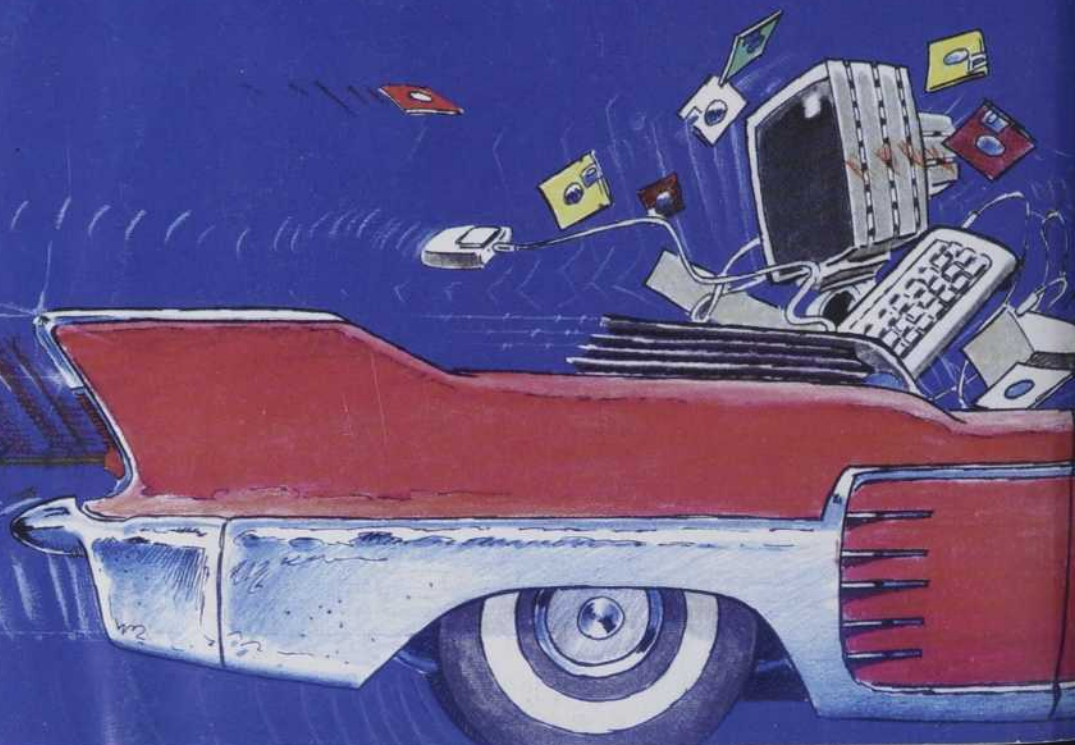
Le concours APOLOG s'adresse à tout le personnel - éducateurs, enseignants, professionnels et autres - des commissions scolaires et des établissements d'enseignement privés de l'éducation préscolaire, du primaire et du secondaire. Il vise à stimuler la création de didacticiels (logiciels éducatifs) de qualité et à les rendre accessibles dans tout le réseau scolaire québécois.

En plus du trophée CHARLEMAGNE, une bourse de 6 000 \$ est remise à l'auteur du logiciel gagnant dans chacune des deux catégories du concours. Les gagnants et les gagnantes du concours APOLOG 1994 seront connus au 12^e Colloque annuel de l'AQUOPS*, qui se tiendra à l'Hôtel Hilton, à Québec, du 6 au 8 avril 1994.

N'oubliez pas de vous procurer la fiche d'inscription auprès du responsable du concours, de la remplir et de lui retourner avant le 3 mars 1994. **Pour plus d'information, adressez-vous à M. Robert Bibeau, responsable du concours APOLOG, Direction des ressources technologiques de formation, ministère de l'Éducation, 600, rue Fullum, 8^e étage, Montréal (Québec) H2K 4L1. Tél. : (514) 873-7678.**

* APOLOG : Applications pédagogiques à l'ordinateur d'un logiciel original gagnant.

* AQUOPS : Association québécoise des utilisateurs de l'ordinateur au primaire et au secondaire.



Éducation
Québec