

CANCER

Fait-on trop
de dépistage?

NORD DU QUÉBEC

La théorie de l'évolution
censurée dans les écoles

DOSSIER SPÉCIAL FRANCE

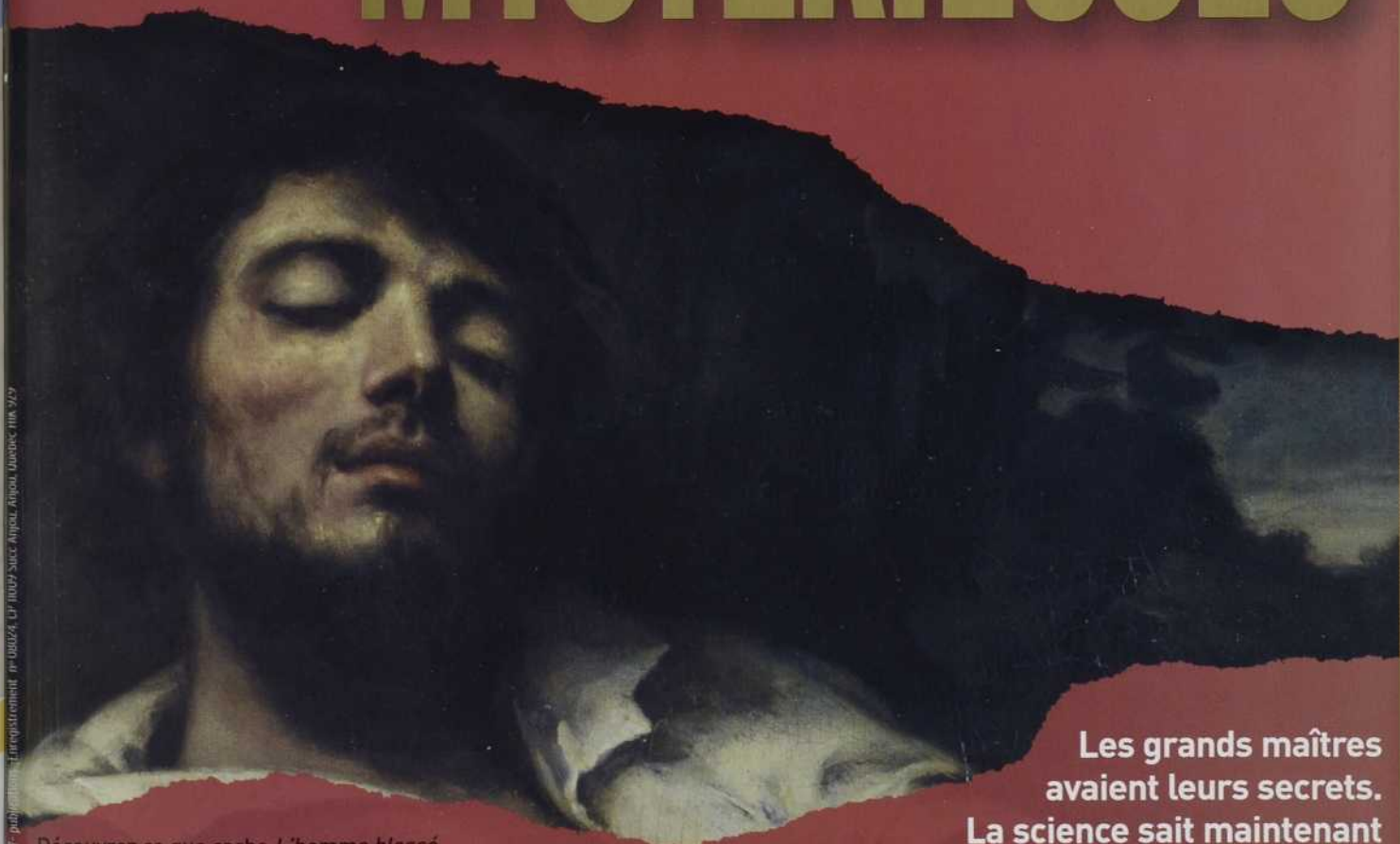
Ça bouge dans les
labos de l'Hexagone

Québec

Juin 2006 www.cybersciences.com

DE VINCI,
RIOPELLE, LEMIEUX,
PICASSO, COURBET

LES TOILES MYSTÉRIEUSES



Découvrez ce que cache *L'homme blessé*
de Gustave Courbet. Voir page 15.



Les grands maîtres
avaient leurs secrets.
La science sait maintenant
les décrypter. Une enquête qui
nous mène de Québec jusqu'aux
sous-sols du Louvre.



Photo Brigitte Caplette

Pour un développement durable

QIT-Fer et Titane mène ses activités de façon à contribuer concrètement à la transition du Québec vers le développement durable. QIT est aussi un partenaire très actif dans la collectivité, appuyant une foule d'organismes culturels, économiques, éducatifs, communautaires et environnementaux.

Premier partenaire industriel de l'activité **Les Îles à la rame**, QIT a aussi contribué à l'effort régional afin de faire de la région du Lac-Saint-Pierre une réserve de la biosphère reconnue par l'UNESCO. La mise en valeur et la protection d'un tel patrimoine naturel font partie intégrante des valeurs de notre entreprise. C'est pourquoi, à QIT, nous sommes si fiers de vous inviter à participer, pour une cinquième année consécutive, à l'événement **Les Îles à la rame** qui aura lieu le 25 juin 2006. Venez découvrir en canot, en kayak ou rabaska les 16 km de ce circuit enchanteur des îles de Sorel.



QIT-Fer et Titane inc.

Une force mondiale
www.qit.com

Pour information sur **Les Îles à la rame**:
Office du tourisme du Bas-Richelieu
(450) 746-9441 • 1 800 474-9441
www.ilesaramc.qc.ca





RIOPELLE/L'HOMMAGE À ROSA LUXEMBURG

SOMMAIRE

JUIN 2006, VOLUME 44, NUMÉRO 9 www.cybersciences.com

Actualités

6 Darwin sur la glace

Dans certaines écoles du Nunavik, on interdit aux professeurs d'enseigner la théorie de l'évolution.

par Noémi Mercier

10 On a nagé sur la terre

Est-ce le chaînon manquant entre les vertébrés et les poissons? La découverte du fossile d'un animal qui pouvait ramper à l'aide de ses nageoires fascine les paléontologues.

par Joël Leblanc

Planète ADN

14 Le virus, ingénieur de la vie

Ce drôle d'organisme qui ne peut rien faire seul aurait-il «inventé» l'ADN?

par Jean-Pierre Rogel

Tendances

Culture

58 Paradis terrestre



Tous au jardin! Une invitation du musée du château Ramezay qui nous ramène aux débuts de la botanique.

par Mélanie Saint-Hilaire

59 Jeux

par Jean-Marie Labrie

60 Aujourd'hui le futur

par Philippe Desrosiers

Portfolio

61 Au feu!

Bien vu!

62 Secrets d'ascenseur

Dans une société où tout est clair, le secret a de l'avenir.

par Bernard Arcand et Serge Bouchard

Santé

54 Ne touchez pas à mon cancer!

Les médecins posent-ils trop de diagnostics et traitent-ils trop?

par Catherine Dubé

16 Quand la science fait parler les œuvres d'art

Au Louvre et à Québec, des scientifiques «deshabillent» les tableaux, démasquent les faussaires et réhabilitent les artistes oubliés.

par Pascale Millot



45 Code Riopelle

Riopelle, maître de l'abstraction et aussi... du secret. Comme Jean-Paul Lemieux et bien des surréalistes.

par Hélène de Billy

48 Des chiffres et des lettres

Machinations déjouées, identités révélées, guerres perdues ou gagnées: les codes secrets ont changé le cours de l'histoire.

par Noémi Mercier

50 Le secret est dans la clé

L'art de dissimuler des informations a bien changé. Aujourd'hui, il permet de sécuriser les transactions bancaires ou les communications par Internet.

par Binh An Vu Van



L'ART DU SECRET



21

DOSSIER

SPÉCIAL FRANCE

Dans les coulisses du futur

Nos journalistes ont ouvert la porte des laboratoires et des centres de recherche de l'Hexagone. Ils y ont découvert une science bien vivante et avant-gardiste.



BILLET

par Raymond Lemieux

Le malentendu français

«**I**l parle comment ? » La scène se déroulait il y a quelques années. Le physicien était suspicieux : nous discussions depuis un moment de l'organisation d'un débat public dans le cadre du Salon du livre de Paris où le Québec était l'invité d'honneur. Qui va animer cette discussion ? Je proposais Michel Desautels, celui de la radio de Radio-Canada. Cette voix tranquille et bien posée dont émanent lucidité et intelligence. Mon ami physicien avait quand même des réserves. « Est-ce qu'on pourra le comprendre ? Peut-être faudrait-il quelqu'un qui parle en "bon" français. Pas en québécois. »

On a tous de ce genre d'anecdotes savoureuses qui trahissent le chauvinisme linguistique et hyper-normatif de nos cousins. Des anecdotes qui démontrent aussi que, quoiqu'en pensent les chantes de la francophonie, notre langue commune peut paradoxalement nous éloigner des Français. Admettons qu'ils sont parfois cocardiers... et qu'ils aiment notre accent. Alors quoi ? Faut-il s'arrêter à cela ?

Nous avons souvent entendu les écrivains québécois témoigner de leurs difficultés à « percer » le marché « de France et de Navarre ». D'accord, mais il faudrait convenir qu'ils ne sont maintenant plus les seuls ambassadeurs de notre culture. Il faudrait admettre que l'élite sur laquelle repose notre identité collective est plus large que celle du monde littéraire. Ce n'est pas parce qu'un écrivain québécois rue dans les drapeaux tricolores et boude le camembert dès qu'il se fait rabrouer par un critique du pays de Houellebecq et de Pennac qu'il faut accuser la Vieille France d'étroitesse d'esprit et de protectionnisme culturel. D'ailleurs, il y a des dizaines de chercheurs québécois qui franchissent l'Atlantique sans se soucier de l'apparent sectarisme hexagonal. « Je me fous que le savant soit québécois, je veux qu'il fasse de la bonne science ! » me confiait le recteur d'une université parisienne. La langue ? L'accent ? « Ben voyons ! En science, ça se passe la plupart du temps en anglais. »

Il y a des Français obtus et des Québécois qui le sont tout autant. Mais il y a aussi des Français comme Guy Cogeval, directeur au Musée des beaux-arts, qui choisit de travailler à Montréal dont il vante l'ouverture d'esprit. Il y a aussi des Québécois comme Michel Côté, qui choisit de développer le musée des Confluences à Lyon pour... les mêmes raisons. Il y a Jacques Malenfant, qui dirige le département d'informatique à l'université Paris VI. Et Jean Sérodes, un Français, doyen de la faculté des sciences de l'Université Laval. Des exemples en miroir comme ceux-là, il y en a beaucoup. C'est ça, la circulation des savoirs.

En effet, Michel Desautels parle le français québécois. « Et après, monsieur le physicien ? » avais-je rétorqué. Il avait maugré un peu, puis s'était laissé convaincre. Devant un verre de bourgogne, on est capable de se parler, non ?

SPAM
pourriel

SPIN
tournis

DNA
adn

E-MAIL
courriel

!@?

Québec Science

Rédacteur en chef Raymond Lemieux
rlemieux@quebecscience.qc.ca

Rédactrice en chef adjointe Pascale Millot
p.millot@quebecscience.qc.ca

Reporters Catherine Dubé, Marie-Pier Elie
et Noémi Mercier

Collaborateurs

Bernard Arcand, Serge Bouchard, Hélène de Billy,
Philippe Desrosiers, Jean-Marie Labrie, Joël
Leblanc, Jean-Pierre Rogel, Mélanie Saint-Hilaire
et Binh An Vu Van.

Correcteur Luc Asselin

Directeur artistique François Émond

Photographes/illustrateurs Louise Bilodeau,
Philippe Brochard, Frédéric Fontaine,
Caroline Hayeur, Jean-François Leblanc,
Katy Lemay, Bruce Roberts, Rémy Simard

Direction Sylvie Bergeron

Adjointe administrative Nicole Lévesque

Promotion et relations médias Dominique Owen

PUBLICITÉ LOCALE ET NATIONALE :

Siège social à Montréal

Tél. : (514) 843-6888 Téléc. : (514) 843-4897

Julie Gagnon poste 26

jgagnon@quebecscience.qc.ca

GINETTE Hamel poste 23

ghamel@quebecscience.qc.ca

SITES INTERNET

www.cybersciences.com

Responsable : Noémi Mercier
n.mercier@quebecscience.qc.ca

www.cybersciences-junior.org

Responsable : Catherine Dubé
courrier@cybersciences-junior.org

Stagiaire multimédia : Joël Landry

Abonnements

(taxes incluses) Au Canada : 1 an = 43,45 \$,
2 ans = 74,85 \$, 3 ans = 103,95 \$.
À l'étranger : 1 an = 54 \$, 2 ans = 95 \$, 3 ans = 139 \$.

Pour abonnement et changement d'adresse
Tél. : (514) 521-5376 ou 1 866 828-9879

Québec Science, Service à la clientèle,
1251, rue Rachel Est, Montréal (Québec) H2J 2J9
Pour la France, faites votre chèque à l'ordre de :
Rowecom France, rue de la Prairie, Villebon sur
Yvette, 91763, Palaiseau cedex, France

Pelliculage électronique et impression : Interweb
Distribution en kiosques : Les Messageries Benjamin

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec
Premier trimestre 2005, ISSN-0021-6127 Répertoire dans Repère et
dans l'Index des périodiques canadiens.

© Copyright 2005 - La Revue Québec Science. Tous droits de
reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

Poste : Convention de la poste-publications n° 40064577, n° d'enregistrement
08024. Retournez toute correspondance ne pouvant être livrée au Canada.

Le magazine sert avant tout un public qui recherche une information libre et de
qualité en matière de sciences et de technologies. L'éditeur n'est pas lié à quel-
ques exigences publicitaires. Les journalistes de Québec Science sont tenus de
respecter le guide de déontologie de la Fédération professionnelle des journalistes
du Québec. Québec Science, magazine à but non lucratif, est publié 10 fois l'an par
la revue Québec Science. La direction laisse aux auteurs l'entière responsabilité de
leurs textes. Les manuscrits soumis à Québec Science ne sont pas retournés. Les
titres, sous-titres, textes de présentation et rubriques non signés sont attribuables
à la rédaction. Le contenu de ce magazine est produit sur serveur vocal par
l'Audiothèque pour les personnes handicapées de l'imprimé.
Téléphone : Québec (418) 627-8882, Montréal (514) 393-0103

Ministère
du Développement
économique
de l'Innovation
et de l'Exportation

Québec

Canada

Québec Science est supporté par le Cégep de Jonquière et reçoit l'aide financière
du ministère du Développement économique de l'Innovation et de l'Exportation.
Nous reconnaissons l'aide financière accordée par le gouvernement du Canada
pour nos coûts d'envoi postal et nos coûts rédactionnels par l'entremise du
Programme d'aide aux publications et du Fonds du Canada pour les magazines.



La Revue Québec Science
4388, rue Saint-Denis, bureau 300
Montréal (Québec) H2J 2L1
Tél. : (514) 843-6888
Téléc. : (514) 843-4897
courrier@quebecscience.qc.ca



CEGEP de Jonquière

Nettoyer le Nord

Jean-Marc Varin, de Saint-Hubert, a réagi en lisant notre article sur le sociologue Gérard Duhaime (avril 2006) qui mentionnait la présence de déchets industriels dans le Grand Nord. « Le Nord est parsemé de déchets abandonnés. Il serait temps de se pencher sur le problème des résidus miniers, car plus d'un demi-siècle d'attente, ça suffit! Il ne faudrait pas léguer aux générations futures ces cochonneries. À quand le principe de pollueur-payeur applicable aux grandes sociétés minières qui dilapident nos richesses naturelles et celles des peuples du Nord? »

Hasard ou nécessité?

André Stainier, de Sainte-Foy, a apprécié notre dossier sur le créationnisme (avril 2006). « Un dossier clair, concret et étoffé sur le "dessein intelligent" des créationnistes. Il ne faudrait cependant pas occulter le fait que les scientifiques reconnaissent que des questions fondamentales sont encore sans réponse. Le tort des créationnistes est de se donner des réponses tirées, non de la science, mais de leur foi. Les questions que je retiens de mes lectures [...] sont par exemple : Qu'est-ce qui explique que la nature obéisse à des lois? Comment comprendre qu'à la base de tout – en physique en tout cas – il y a les quatre forces bien connues [NDLR: force électromagnétique, force nucléaire forte,

force nucléaire faible, gravitation] (même si on a pu les réduire à deux et qu'on espère arriver à les réunir en une seule formule)? Ou la question de Leibniz : comment se fait-il qu'il existe quelque chose? Ou, au fond : qu'est-ce que être? Dans le temps et l'éternité, je crois, Prigogine et Stengers en arrivaient à dire qu'il y a deux réponses possibles à tout cela : le hasard ou la présence du sens au cœur même de l'être. Et il n'y a rien qui favorise une réponse plutôt que l'autre. Cela me fait autrement vibrer que le "dessein intelligent"! »

L'inexplicable expliqué

Mireille Thibault, de Saint-Gilles de Lotbinière, nous écrit pour commenter le billet de Raymond Lemieux (« Odieux », avril 2006) : « J'y ai retrouvé l'attitude habituelle des scientifiques face à des tentatives d'interprétation qui s'éloignent de leurs hypothèses. Je travaille personnellement dans le domaine des phénomènes inexplicables... J'ai particulièrement étudié les cas de maisons dites hantées.

Savez-vous que certains phénomènes décrits par des témoins trouvent des explications? La blatte américaine, par exemple, peu commune au Québec, dégage une odeur désagréable qui pourrait expliquer les témoignages concernant les "odeurs de mort" notées dans certaines demeures. Savez-vous que la simple présence d'une petite souris suffit à donner une "sensation de présence" à un être humain? [...] La perception, les sens, la mémoire de l'homme présentent tellement d'inconnues encore que seuls des cas rares de maladies étranges nous mettent parfois sur une piste. [...] J'ai, pour ma part, découvert dans le numéro d'avril une intéressante et différente vision de l'évolution de notre planète et, bien qu'étant une darwiniste convaincue, je crois qu'il serait peut-être intéressant de prendre en compte les arguments du dessein intelligent, non pas pour remettre en cause la théorie de l'évolution, mais peut-être pour tenter d'expliquer les lacunes de celle-ci, car toutes les questions sont loin d'être résolues. » 

Écrivez-nous

Vous pouvez nous faire parvenir vos commentaires et suggestions à l'adresse suivante : Québec Science, 4388, rue Saint-Denis, bureau 300, Montréal (Québec) H2J 2L1
Téléc. : (514) 843-4897 ou par courriel : courrier@quebecscience.qc.ca. La rédaction se réserve le droit de publier les extraits les plus significatifs et les plus informatifs. Merci d'indiquer votre nom complet et votre lieu de résidence.

Faites partie de la solution.

La Faculté des sciences de l'UQAM s'investit dans cinq grands domaines d'expertise axés sur les enjeux sociaux et scientifiques actuels.

- Santé : processus biochimiques et prévention
- Environnement : impacts, solutions et politiques publiques
- Ressources naturelles renouvelables et non renouvelables
- Sciences mathématiques et modélisation
- Technologies de l'information et des communications

Renseignez-vous sur nos programmes de formation et de recherche.

www.sciences.uqam.ca

UQAM

Prenez position

Darwin sur la glace

Dans certaines écoles du Nunavik, on interdit aux professeurs d'enseigner la théorie de l'évolution.

par Noémi Mercier

L'accueil qu'a reçu Alexandre April, au début de l'année scolaire 2005, lui a fait l'effet d'une gifle. La directrice de l'école du village avait réuni tout le personnel pour souhaiter la bienvenue aux nouveaux professeurs. Après les formules d'usage, quelques conseils furent prodigués aux enseignants : « Nous ne voulons pas entendre parler de la théorie de l'évolution ici », les a-t-elle avertis d'emblée. Depuis, chaque fois que le jeune enseignant du secondaire évoque l'évolution de l'homme dans ses cours de français et de sciences humaines, il se fait traiter de singe par ses élèves amusés. Certains parents, eux, ont été jusqu'à porter plainte contre ce prof récalcitrant, outrés de savoir qu'il affirmait en classe, malgré l'interdiction de la directrice, que l'être humain descend des primates.

On se croirait dans un de ces bastions créationnistes du Midwest ou du sud des États-Unis. Là-bas, des chrétiens conservateurs mènent une bataille acharnée pour que, dans les cours de science, la théorie de l'évolution soit remplacée par des explications divines des origines de la vie (*Québec Science*, avril 2006). Et pourtant, l'incident s'est déroulé au Québec, à Salluit, un village inuit de 1 150 âmes situé à l'extrême nord du Nunavik.

« Dès que je parle d'une période antérieure à 6 000 ans avant notre ère, date à laquelle Dieu aurait créé la Terre, je suis considéré comme fautif par l'administration de l'école », souligne Alexandre April, lui-même formé en biologie et en enseignement des sciences.

La tension a monté d'un cran en avril 2006, après qu'il eut présenté, dans un cours de première secondaire portant sur l'histoire des civilisations, *Il était une fois l'homme*, une série d'animation qui raconte



JEAN-FRANÇOIS LEBLANC/AGENCE STOCK

Au Nunavik, le débat sur la théorie de l'évolution pourrait prendre une tournure très différente par rapport au reste de l'Amérique du Nord. Ici, on ne craint pas tant la confrontation entre religion et laïcité, droite et gauche, science et pseudo-science, mais entre Inuits et « Blancs du sud ».

l'histoire de l'homme à travers les âges.

La direction l'a alors convoqué pour le sommer de respecter la consigne « anti-évolution ». « Faute de quoi, on m'a averti que je recevrais une lettre sanctionnant mon insubordination », raconte-t-il. Il lui est aussi interdit de répondre aux interrogations des élèves qui sont pourtant nombreux, dit-il, à le questionner sur ce sujet proscrit. « La plupart des professeurs préfèrent ne pas faire de vagues. C'est déjà éprouvant d'enseigner dans une communauté inuite : on est isolé, minoritaire. On ne veut pas froisser les gens, alors on préfère céder. Il s'agit toutefois d'une école publique et les élèves

du Nord devraient avoir droit à la même éducation que les autres », estime l'instituteur qui a déjà remis sa démission et qui quittera la région d'ici quelques semaines. La directrice de l'école, Annie Alaku, et le directeur adjoint, Charles Roy, ont quant à eux refusé de répondre aux questions de *Québec Science*.

Salluit n'est pas le seul village du Nunavik où on escamote une partie de la matière pour ménager les sensibilités des habitants, selon Gaston Pelletier, directeur des services éducatifs à la commission scolaire Kativik. Cette organisation

dessert près de 3 000 élèves dans 14 communautés inuites, sur un territoire de près de 650 000 km². Ce serait surtout la parenté de l'homme avec les chimpanzés et les gorilles qui choquerait certains parents. « Dans quelques écoles, on veut bien parler de l'évolution des animaux, mais on ne parle pas des origines de l'homme. Dans la plupart des établissements, par contre, ces idées sont tolérées : on les explique à titre d'information mais, en général, on s'assure que les enseignants les présentent comme une théorie parmi d'autres, et non comme un fait », explique Gaston Pelletier. Face aux doléances des familles de Salluit, ce dernier a lui-même convenu avec l'administration de l'école « qu'on ne toucherait pas à l'évolution pour l'instant ». « Quand il y a de la résistance dans une communauté, on respecte cela; on ne met pas de pression, par respect pour les croyances et la culture locales. »

Ces croyances n'ont cependant plus grand-chose à voir avec les traditions des Inuits. L'offensive anti-évolutionniste est plutôt associée à la ferveur religieuse des pentecôtistes, un mouvement protestant évangélique qui fait de plus en plus d'adeptes dans le Grand Nord depuis une quinzaine d'années (voir l'encadré). « Au Nunavik, il y a trois ou quatre enclaves où le pentecôtisme a une grande emprise sur une partie de la population. Ces personnes démontrent une certaine méfiance à l'égard de tout ce qui diffère du contenu de la Bible dont ils font une interprétation plutôt austère et traditionaliste », estime Jean Leduc, directeur de l'école de Kangiqsualujuaq, dans la baie d'Ungava, où il travaille depuis bientôt 30 ans. Le mouvement demeure cependant marginal dans la plupart des villages, insiste-t-il. Son école à lui, par exemple, n'a jamais pris position contre la théorie de l'évolution ni reçu de plaintes à ce sujet.

N'empêche que des centaines d'élèves du Nord québécois se voient transmettre une version tronquée du programme, tandis que de nombreux autres apprennent à voir l'évolutionnisme comme une hypothèse qui n'a pas encore fait ses preuves. Au ministère de l'Éducation du Québec (MEQ), on marche sur des œufs. « C'est une question délicate, qui touche autant les écoles, la commission scolaire, le ministère de l'Éducation, les Affaires autochtones... Nous allons vérifier s'il y a des ententes par-

ticulières au sujet de l'évolution, mais c'est à la commission scolaire de s'assurer que le programme du ministère est bien respecté», dit la relationniste Marie-France Boulay. La commission scolaire Kativik, créée en vertu de la Convention de la baie James et du Nord québécois pour permettre aux Inuits de gérer leur propre système d'éducation, jouit bien d'une cer-

taine autonomie, notamment en ce qui concerne la culture inuite et la langue inuktitute. « À part cela, les écoles de Kativik sont censées suivre le même régime pédagogique que tout le monde », affirme Marc Décarie, de la Direction générale de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec du MEQ, qui dit avoir informé ses supérieurs de la situation.

Le débat sur la théorie de l'évolution dans les écoles du Nunavik pourrait prendre une tournure très différente par rapport au reste de l'Amérique du Nord. Ici, on ne craint pas tant la confrontation entre religion et laïcité, droite et gauche, science et pseudo-science, mais plutôt une opposition entre Inuits et « Blancs du sud ». « Nous sommes des Blancs, et nous enseignons dans une culture qui n'est pas la nôtre, poursuit Gaston Pelletier, de la commission scolaire Kativik. Les Inuits ont leurs propres idées et valeurs, et nous devons respecter cela. Nous leur apportons notre expertise, mais nous ne sommes pas des missionnaires et, pour l'instant, ils ne sont pas prêts ! Et vous savez, il y a des problèmes bien plus urgents au Nouveau-Québec que l'enseignement de l'évolution de l'homme... » 

Pentecôtisme : nouveau chamanisme ?

Même si les Inuits ont adopté le christianisme depuis plusieurs décennies, ce n'est qu'au cours des 15 dernières années que le pentecôtisme a fait une percée au nord du 55^e parallèle. Ce mouvement, une faction du protestantisme évangélique, met l'accent sur la présence de l'Esprit saint en chaque individu. Pour les catholiques romains, l'important est de croire. Pour les pentecôtistes, il est essentiel de faire l'expérience de Dieu, d'être habité par Lui; d'où leurs cérémonies spectaculaires au cours desquelles les fidèles tombent sur le dos, lèvent les bras au ciel ou chantent des heures durant.

Ce n'est pas un hasard si les Inuits ont adopté le pentecôtisme, estime Louis Rousseau, professeur au département de sciences des religions de l'UQAM. Selon lui, cette pratique religieuse permettrait indirectement de raviver certaines facettes de leur spiritualité traditionnelle qui était intimement liée à leur mode de vie de chasseurs. On assiste, par exemple, à une réinterprétation de la fonction du chaman qui servait autrefois d'intermédiaire entre les êtres humains et les esprits, explique-t-il. Le chaman était habité par des êtres bienveillants qui, lorsqu'il entrait en transe, le guidaient dans le monde des esprits, quittant momentanément son corps lors de cérémonies rythmées par le tambour. « Le pentecôtisme est un christianisme extatique dont certains rituels rappellent les rites chamaniques », note le professeur.

Dans ce mouvement, on a aussi fortement tendance à attribuer les difficultés d'une communauté à la transgression de certains tabous, règles et valeurs. Au sein de la société traditionnelle inuite, c'était au chaman de voir à l'harmonie de la communauté en s'assurant du respect des règles. Mauvais temps, chasse difficile ou maladie étaient le résultat de la colère des esprits qu'il fallait apaiser. « Ces correspondances établissent un lien entre les deux traditions. C'est pourquoi les Inuits s'identifient plus facilement au pentecôtisme qu'à l'anglicanisme ou au catholicisme. »



Quand les poules avaient des dents

Nos amis à plumes ont conservé, enfouie dans leur ADN, la capacité de se faire des dents. Les généticiens de l'Institut Max-Planck, en Allemagne, n'ont eu qu'à réactiver un gène associé au processus de développement dentaire pour découvrir, sur la mâchoire des embryons de poulets, de surprenantes excroissances coniques, un peu comme on en retrouve dans la bouche des jeunes crocodiles. Les fermiers n'ont qu'à bien se tenir!

Alberto, Beryl, Chris et les autres...

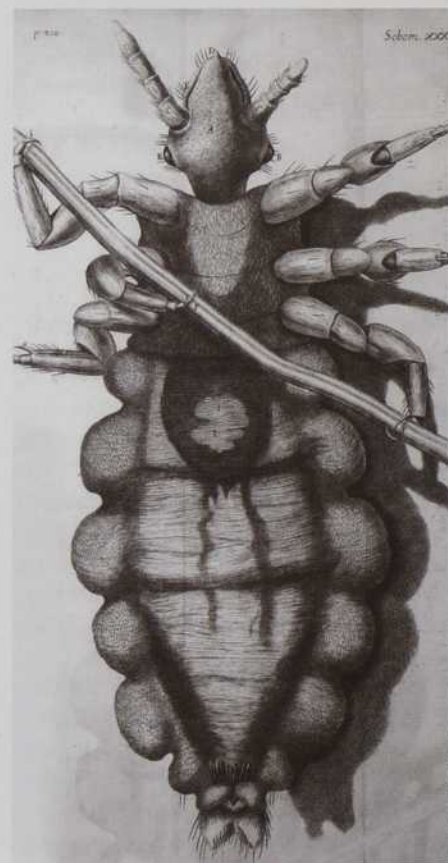
Il fera probablement beau le 1^{er} juin. Ce sera pourtant le début de la saison des ouragans. Depuis 1953, les météorologues baptisent ces tempêtes extrêmes en suivant l'ordre alphabétique. Tous les six ans, on recommence avec les mêmes noms. Cette année, Alberto, Beryl, Chris, Debby, Ernesto, Florence, Gordon, Helene, Isaac, Joyce, Kirk, Leslie, Michael, Nadine, Oscar, Patty, Rafael, Sandy, Tony, Valerie et William seront utilisés, le cas échéant. Mais

on a retiré de la liste les prénoms rappelant des catastrophes qui ont traumatisé l'Amérique en 2005. Katrina, Rita, Dennis, Stan et Wilma ne déferleront plus jamais sur les côtes du golfe du Mexique.

L'usage militaire des poux

Les poux ont-ils modifié le cours de l'histoire? Peut-être bien. Comme on l'apprend dans les manuels scolaires, la Grande Armée de Napoléon a dû battre en retraite devant les troupes russes, en 1812. Ce que l'on ne savait pas, c'est que les poux ont joué un rôle dans cette défaite.

L'analyse des restes des soldats français exhumés a révélé la présence sur la tête des hommes de *Barcetonella quintana*. Cette bactérie caractéristique du typhus aurait été transmise par les poux et aurait entraîné la perte d'un soldat sur trois, estime une équipe de chercheurs de Marseille, en France. Un bon shampoing aurait-il changé la face du monde?



Tout COMPTE FAIT

42°C. C'est la température de l'eau des plages du Nouveau-Brunswick il y a 85 millions d'années. Idéal pour les reptiles! Mais pour les climatologues, ces données montrent combien la planète « chauffait » jadis.

Les cylindres de Marius

La été le premier ethnomusicologue. Charles Marius Barbeau a sillonné les campagnes du Canada français pendant près de 40 ans pour enregistrer des chansons et des contes traditionnels. C'était avant les CD et les cassettes. Il captait sur des cylindres de cire ces pièces du patrimoine oral. Le musée canadien des civilisations en compte près de 3 300. À l'aide d'un « archéophone », le Musée est en train d'achever la numérisation de ces enregistrements. Un exercice qui s'avère ni plus ni moins un sauvetage. On peut entendre quelques extraits sonores des cylindres de cire au <http://geoweb.civilization.ca:8001/>. Dans la case rechercher, inscrivez « Barbeau ».

YVES BRUN/COURTESY OF INDIANA UNIVERSITY

Ça colle!

Quatre fois plus fort que la fameuse Crazy Glue! C'est en étudiant les caractéristiques d'une bactérie appelée *Caulobacter crescentus*, qu'un microbiologiste acadien, M. Yves Brun, aujourd'hui à l'emploi de l'université de l'Indiana, a identifié une substance aux étonnantes propriétés adhésives. Une surface de un centimètre carré enduit de cette colle pourrait fixer un poids de 800 kg! Le plus incroyable, c'est qu'elle adhère aux matériaux, même si la surface est mouillée. La bactérie dont elle est tirée vit d'ailleurs dans les milieux humides, notamment sur les parois des conduites d'eau et les roches du littoral. Cette colle, estime le microbiologiste, pourrait servir à fermer des blessures et à souder des os fracturés.

L'ecstasy rend sourd

C'est « décibel et bien » simple : l'ecstasy peut rendre sourd. Du moins, cette drogue illicite très à la mode dans les raves amplifie dangereusement la musique des DJ. Des neurologues italiens l'ont observé après avoir administré des doses variables de cette molécule chimique (le MDMA) à des rats tout en leur faisant écouter de la musique pendant trois heures. Les dommages neurologiques ont été plus importants chez les cobayes drogués à l'ecstasy que chez les autres. Les chercheurs ne mentionnent pas quelle musique avait été imposée aux rongeurs. Techno, metal ou Beethoven?

En hausse

Les émissions de polluants atmosphériques au Canada

Est-ce vraiment surprenant? En vertu de l'accord de Kyoto, le pays devait réduire ses rejets de gaz à effet de serre de 6% par rapport à ce qu'ils étaient, il y a 15 ans. Or, il doit maintenant composer avec une augmentation de près de 30% de ses émissions. Mauvais exemple, le Canada? Et comment! Selon les dernières statistiques des Nations unies, les émissions d'un océan à l'autre ont augmenté de 4% en 2003-2004. La ministre fédérale de l'Environnement, Rona Ambrose, se dit déçue. Elle promet d'annoncer une stratégie ce printemps.

En baisse

Le sommeil chez les jeunes

Des chercheurs de l'Université Laval à Québec font remarquer que les enfants dorment une à deux heures de moins qu'il y a 40 ans. Coïncidence? Pendant cette même période, la proportion des enfants aux prises avec de l'obésité a doublé. Dans un article paru dans *l'International Journal of Obesity*, les scientifiques ont établi que le lien est réel : le risque d'obésité est en effet trois fois plus élevé chez les jeunes qui dorment peu. Même l'écoute de la télévision ou le manque d'activité physique n'avaient pas une aussi forte incidence sur l'obésité.

Plus de 420 élèves du primaire, âgés de 5 à 10 ans, ont participé à cette étude. Un garçon sur cinq faisait de l'obésité, alors que c'était le cas d'environ une fille sur quatre. Mais surtout, les chercheurs ont remarqué que les enfants qui dormaient moins de 10 heures par nuit avaient un risque 3,5 fois plus élevé de grossir que ceux qui dormaient plus de 12 heures. La grasse matinée, c'est pour les maigres.



CAROLINE HAYEUR/AGENCE STOCK

On a nagé sur la terre

Est-ce le chaînon manquant entre les vertébrés et les poissons ? La découverte du fossile d'un animal qui pouvait ramper à l'aide de ses nageoires fascine les paléontologues.

par Joël Leblanc

Sur l'île d'Ellesmere, dans l'Arctique canadien, à moins de 1 000 km du pôle Nord, se cachent les souvenirs d'un monde tropical. Bien enchâssés dans une formation rocheuse, des fossiles du Dévonien témoignent d'une époque où les poissons ont commencé à sortir de l'eau.

Une équipe de paléontologues des États-Unis vient d'y découvrir un fossile qui risque de faire beaucoup parler de lui : le *Tiktaalik roseae*. Pour le dénicher, Edward Daeschler, de l'Académie des sciences naturelles de Philadelphie, Neil Shubin, de l'université de Chicago, et Farish Jenkins, de l'université Harvard, ont fouillé pendant plusieurs étés cette région inhospitalière.

Le « grand poisson des eaux peu profondes », en inuktitut, fait plus de 2 m de long. Il avait des écailles, des branchies et des nageoires à rayons comme tous les poissons. Mais il était aussi muni de côtes très solides qui protégeaient probablement ses poumons et qui pouvaient supporter son corps hors de l'eau. Ses nageoires comportaient des os qui rappellent ceux des tétrapodes, ces vertébrés terrestres qui apparaîtront quelques millions d'années plus tard.

« L'animal avait même un cou, ou du moins une tête mobile, car les os qui, chez les autres poissons, relient le crâne à la ceinture pectorale, ont disparu. Et la zone de l'oreille s'apparente fortement à celle des premiers tétrapodes », explique Catherine Boisvert, une paléontologue québécoise qui étudie à l'université d'Uppsala, en Suède.

On avait déjà trouvé des fossiles de poissons du Dévonien ressemblant à des tétrapodes : *Panderichthys*, en Lettonie, et *Elpistostege*, à Miguasha, en Gaspésie. Le tétrapode connu qui s'apparentait le plus aux poissons s'appelle *Acanthostega* et il vivait au Groenland. « Entre les deux groupes, le trou vient d'être comblé... en



Le *Tiktaalik roseae* dormait depuis 380 millions d'années dans le sol arctique canadien.

TED DAESCHLER

partie. Le *Tiktaalik* est une espèce transitoire, un poisson qui avait presque des pattes, mais pas encore de doigts », poursuit Catherine Boisvert.

Malgré son âge vénérable – plus de 380 millions d'années –, le nouveau fossile est exceptionnellement bien conservé. Chacun des os de la nageoire pectorale a pu être dégagé de la pierre et manipulé. On a ainsi pu comprendre que la nageoire du *Tiktaalik* avait une épaule, un coude et un poignet flexibles, ce qui lui aurait permis bien sûr de nager, mais aussi de prendre appui et de se soulever au-dessus du sol.

Les sédiments de la formation géologique

de Fram, d'où ont été exhumés les fossiles de *Tiktaalik*, ont révélé que le poisson vivait dans une rivière peu profonde.

« Pour les spécialistes des tétrapodes, la découverte de ce poisson rampant est aussi importante que l'a été celle de l'archéoptéryx pour les scientifiques qui étudient les dinosaures », poursuit Catherine Boisvert. Découvert en Allemagne en 1861, ce fossile de lézard à plumes avait confirmé l'ascendance dinosaurienne des oiseaux.

Cette fois-ci, la trouvaille est encore plus fascinante, car elle éclaire le passé lointain de l'être humain. Eh oui ! nous descendons de la même branche que les poissons ! **65**

VOUS AIMEZ LA NATURE ?

VOICI LA CARTE QU'IL VOUS FAUT !



LA CARTE NATURE VISA DESJARDINS

Avec la **Fondation de la faune du Québec** à soutenir des centaines d'initiatives locales, régionales ou provinciales protégeant et mettant en valeur la faune et ses habitats partout au Québec.

EN ADHÉRANT À LA CARTE...

vous devenez membre de la **Fondation de la faune du Québec** :

20 \$ seront prélevés annuellement sur votre compte et vous recevrez un reçu d'impôt fédéral ;

Services de cartes Desjardins versera à la Fondation une ristourne de 0,25 % sur vos transactions courantes.

VOUS BÉNÉFICIEZ D'AVANTAGES :

rabais chez les pourvoyeurs québécois participants ;

rabais dans plusieurs centres natures du Québec ;

et bien d'autres à découvrir au www.fondationdelafaune.qc.ca

DEUX CARTES, UNE FOULE D'AVANTAGES !

En choisissant la carte **Nature VISA Classique Desjardins**, vous profitez :

- du programme de financement **Accord D** Desjardins¹ pour l'acquisition de biens durables ;
- de l'assurance voyage de trois jours² sans frais ;
- de la responsabilité ZÉRO en cas de fraude.

Vous en voulez plus ? La carte **Nature VISA OR Odyssee Desjardins**³ s'accompagne de privilèges fort recherchés :

- accès au programme de financement **Accord D** Desjardins¹ pour l'acquisition de biens durables ;
- couverture d'assurance complète⁴ ;
- garantie prolongée et protection accrue des achats⁵ ;
- programme de récompenses **BONIDOLLARS** Desjardins ;
- responsabilité ZÉRO en cas de fraude.

Pour plus de renseignements, communiquez avec Services de cartes Desjardins au 1 877 847-8472 ou avec la Fondation de la faune du Québec au (418) 644-7926 ou passez au www.desjardins.com/cartes ou www.fondationdelafaune.qc.ca

1. Soumis à l'approbation du Service de crédit. 2. Une police précisant toutes les modalités sera jointe à l'envoi de votre nouvelle carte. Une protection complémentaire peut être obtenue auprès de l'assureur au tarif en vigueur pour toute la durée du voyage. 3. Pour seulement 90 \$ par année. 4. Les protections d'assurance sont souscrites auprès de Desjardins Sécurité financière. Le présent document a été rédigé à titre informatif. 5. La protection accrue et la garantie prolongée sur achats sont souscrites par la compagnie canadienne d'assurances générales Lombard. Pour les points 4 et 5, consultez les contrats d'assurance. Certaines conditions et restrictions s'appliquent.



Fondation de la faune du Québec



Desjardins
Solutions en ligne

Remplir, signer et poster (ou télécopier) dès aujourd'hui pour obtenir votre carte Nature VISA Desjardins

Numéro de télécopieur : 1 888 393-8625

Demande de carte Nature VISA Desjardins de la Fondation de la faune du Québec

Espace réservé à VISA Desjardins

PROMO = 541

CARTE OR : revenu annuel brut minimum du ménage : 35 000 \$

SECTION 1 CHOIX DE CARTES VISA DESJARDINS DE LA FONDATION			
☐ COCHER UNE SEULE CASE :  ☐ Nature VISA OR Odyssee** Desjardins Frais annuels de 90 \$	☐ Nature VISA CLASSIQUE Desjardins Sans frais annuels	 ☐ milieu forestier	 ☐ milieu urbain
		 ☐ milieu aquatique	

SECTION 2 OPTION	
☐ TAUX D'INTÉRÊT RÉDUIT * - Frais annuels non remboursables de 25 \$	

SECTION 3 RENSEIGNEMENTS PERSONNELS	
☐ MME ☐ M.	PRÉNOM NOM N° ET RUE ADRESSE DE LA RÉSIDENCE PERMANENTE DATE DE NAISSANCE : J. M. A. N° DE TÉLÉPHONE À LA RÉSIDENCE N° D'ASSURANCE SOCIALE CORRESPONDANCE COÛT MENSUEL RÉSIDENCE DEPUIS \$ AN(S) MOIS PROPRIÉTAIRE ☐ DOMICILE DES PARENTS ☐ LOCATAIRE ☐ AUTRE ☐
SI VOUS DÉTENEZ UNE AUTRE CARTE VISA DESJARDINS, S.V.P. VEUILLEZ EN INSCRIRE LE NUMÉRO. 4 5 DÉSIREZ-VOUS CONSERVER VOTRE CARTE ACTUELLE SI VOUS ÊTES ADMISSIBLE AU CRÉDIT SUPPLÉMENTAIRE ? ☐ OUI ☐ NON SI NON, VOTRE SOLDE SERA TRANSFÉRÉ ET VOTRE COMPTE ACTUEL ANNULÉ DÈS LA RÉCEPTION DE VOTRE(S) NOUVELLE(S) CARTE(S). N° D'APP. VILLE PROV. CODE POSTAL PRÉNOM ET NOM DE VOTRE MÈRE À LA NAISSANCE (MESURE DE SÉCURITÉ EN CAS DE PERTE OU DE VOL) FRANÇAIS ☐ ANGLAIS ☐	

SECTION 4 RENSEIGNEMENTS FINANCIERS ET PROFESSIONNELS	
EMPLOYEUR ACTUEL OU SOURCE DE REVENUS N° DE TÉLÉPHONE AU TRAVAIL FONCTION ACTUELLE INSTITUTION FINANCIÈRE (NOM ET ADRESSE) ☐ CAISSE ☐ BANQUE CRÉANCIER HYPOTHÉCAIRE SOLDE VALEUR DE LA PROPRIÉTÉ AUTRES BIENS (PLACEMENTS, IMMOBILIERS, ETC.) LIMITE VERSEMENT MENSUEL AUTRE (S) CARTE (S) DE CRÉDIT LIMITE VERSEMENT MENSUEL	TEMPS ☐ COMPLET ☐ PARTIEL ☐ AUTRE REVENU BRUT PERSONNEL REVENUS BRUT DU MÉNAGE (OPTIONNEL) FOLIO/N° DE COMPTE COMPTE CHEQUES ☐ COMPTE D'ÉPARGNE ☐ \$ / MOIS \$ / MOIS \$ \$

SECTION 5 CARTE SUPPLÉMENTAIRE (ODYSSÉE : FRAIS ANNUELS DE 20 \$)	
SI VOUS DÉSIREZ OBTENIR UNE CARTE SUPPLÉMENTAIRE À VOTRE COMPTE VISA DESJARDINS, INSCRIRE LES RENSEIGNEMENTS SUR LE CODEMANDEUR. N° D'ASSURANCE SOCIALE ☐ MME ☐ M. FIRST NAME LAST NAME DATE DE NAISSANCE J. M. A. EMPLOYEUR REVENU MENSUEL BRUT \$	

SECTION 6 DÉCLARATION

Chacun des demandeurs certifie que les informations mentionnées ci-dessus sont véridiques et demande l'émission d'une carte VISA* ainsi que son renouvellement ou remplacement à la discrétion de la Fédération des caisses Desjardins du Québec (la Fédération). Si une carte VISA est émise, chacun des demandeurs s'engage à l'utiliser selon les modalités du contrat de la Fédération accompagnant la carte. Chacun des demandeurs se porte solidairement responsable de toute dette contractée relativement à l'utilisation des cartes émises à la suite de cette demande. Toute dette est indivisible et peut être réclamée en totalité des héritiers, légataires et ayants droit de chacun des demandeurs. Chacun des demandeurs consent à ce que la Fédération recueille et mette à jour auprès de tout agent de renseignements personnels, institution financière, employeur et émetteur de cartes de crédit (ci-après désignés les tiers) uniquement les renseignements nécessaires à l'objet du dossier, et ce, aux fins d'établir sa solvabilité et de réanalyser ses engagements envers la Fédération dans le cadre de sa relation d'affaires avec elle. Chacun des demandeurs autorise les tiers à communiquer de tels renseignements à la Fédération, et ce, même s'ils figurent dans un dossier fermé ou inactif. Chacun des demandeurs consent également à ce que la Fédération divulgue à tout agent de renseignements personnels, institution financière et émetteur de carte de crédit, les engagements financiers envers la Fédération résultant de l'utilisation de la carte VISA Desjardins.

SIGNATURE(S)

SIGNATURE DU DEMANDEUR

SIGNATURE DU CODEMANDEUR

DATE

Services de cartes Desjardins
succursale centre-ville
case postale 11070
Montréal (Québec) H3C 9Z9



Desjardins
Solutions en ligne

* Visa Int./Fédération des caisses Desjardins du Québec et la Fondation de la faune du Québec, usagers autorisés. * S'il y a l'approbation du service de crédit. ** Si une limite de 5 000 \$ ne peut être accordée selon les informations fournies, l'étude de votre demande sera faite pour une carte classique.

manqué

- 

Rendez-vous à



**PROCUREZ-VOUS
LES NUMÉROS SPÉCIAUX**





Le virus, ingénieur de la vie

Ce drôle d'organisme qui ne peut rien faire tout seul aurait-il « inventé » l'ADN ?

Qu'est-ce que la vie ? Question complexe à laquelle on peut cependant donner une réponse simplifiée. La vie est un ménage à trois entre des molécules porteuses d'information : les deux acides nucléiques (ADN, ARN) et les protéines. Les uns ont besoin des autres et vice versa. Fort bien... mais lesquelles sont apparues en premier ? De récentes recherches confirment que c'est l'acide ribonucléique (ARN). En fait, l'ARN aurait d'abord rempli le rôle dévolu aujourd'hui à l'ADN, c'est-à-dire qu'il transmettait l'information génétique et catalysait les réactions chimiques. Cette hypothèse a été démontrée en laboratoire, lorsqu'on a fabriqué des ARN – des ribozymes – capables de catalyser un grand nombre de réactions chimiques.

Mais comment est-on passé de l'ARN à l'ADN ? Il existe plusieurs hypothèses, mais celle qui suscite le plus d'intérêt ces derniers temps fait intervenir les virus. De « drôles de bestioles », les virus, comme on le sait... Très petits, composés au minimum d'un acide nucléique protégé par une coque protéique, ils ne peuvent rien faire seuls, ce qui leur vaut d'être officiellement classés en dehors du vivant. Ces « poisons » (signification du mot latin *virus*) sont des parasites ; ils doivent absolument utiliser la machinerie d'une cellule-hôte pour se reproduire. Mais ils sont extrêmement diversifiés et ont des stratégies évolutives très efficaces. En 2003, on en a même trouvé un, baptisé Mimi, qui est plus gros que certaines bactéries et qui porte 1 200 gènes.

Depuis plusieurs années, des chercheurs défendent l'idée selon laquelle l'ADN aurait été inventé par des virus qui auraient modifié leur génome. Détaillant sa thèse dans un récent numéro de la revue *Proceedings of the National Academy of Sciences* (27 février 2006), Patrick Forterre, de l'Institut Pasteur à Paris, discute de l'apparition de trois grandes lignées du vivant : les archéobactéries, les bactéries et les eucaryotes (plantes, animaux, etc.).

Il faut imaginer qu'il y a quelques milliards d'années, seuls existaient des virus « à ARN » et des cellules primitives dont le métabolisme était assuré par des ARN-enzymes. Lorsque l'ADN est apparu au sein des virus comme un dérivé de l'ARN, cela permettait aux virus de résister aux enzymes dégradant l'ARN,

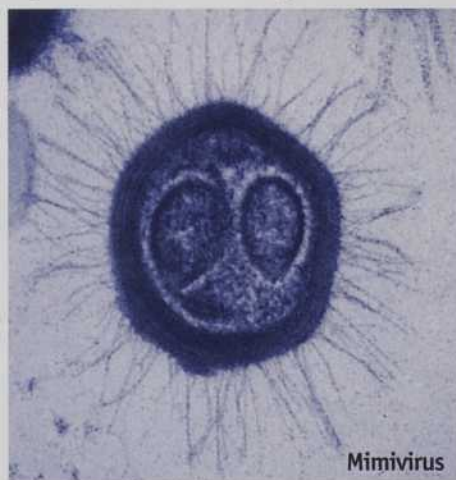
leur procurant un avantage sélectif immédiat. Puis les virus ont introduit l'ADN dans les cellules. Progressivement, l'ADN a remplacé l'ARN pour le codage génétique, notamment parce qu'il se casse moins facilement et se répare mieux.

Belle histoire – du moins pour qui s'intéresse aux origines de la vie –, mais comment expliquer qu'il y ait trois lignées dans le vivant ? « C'est à cause du remplacement du génome à ARN de trois cellules, par le génome à ARN de trois virus différents », soutient Patrick Forterre. Autrement dit, on a affaire à trois transferts indépendants. Chaque lignée a développé son propre système de réplication de l'ADN. Cette nouvelle hypothèse explique le ralentissement brutal de l'évolution des protéines une fois les lignées établies. « Les génomes à ADN se répliquant plus fidèlement que les génomes à ARN », écrit Forterre, la transformation d'une cellule à ARN en cellule à ADN sous l'action

d'un virus devrait être suivie d'une réduction brutale dans le taux d'évolution des protéines. » Et c'est bien ce qui s'est passé. Cela explique aussi pourquoi il n'y a que trois lignées dans le vivant, car une fois établies, les cellules « à ADN » ont éliminé les cellules « à ARN » existantes et, par voie de conséquence, les conditions favorables à de nouvelles lignées. « Les trois lignées actuelles ont pu apparaître dans des endroits différents de la planète, expliquait Forterre dans le magazine français *La Recherche*, en mai 2005. Ce qui leur a sans doute permis de se développer avant que l'une prenne le dessus sur l'autre –

voire l'élimine – ou qu'elles aient adopté des modes d'évolution totalement différents. »

Sacrés virus ! Non contents de nous empoisonner l'existence au quotidien, les voilà promus au rôle de grands entremetteurs du vivant et « inventeurs » de l'ADN. Personnellement, j'ai des raisons mesquines de les haïr ; je ne fais pas partie de leur fan club. Si bien que j'ai tendance à minimiser leur rôle. J'aime penser qu'en remontant encore plus haut dans les origines de la vie – par exemple à l'appariement des bases formant les acides nucléiques –, ils sont absents. À ce niveau, disait l'évolutionniste Leslie Orgel, « ne subsiste que le sourire d'un chat du Cheshire ». J'espère que derrière ce sourire, il n'y a pas de virus. **CS**



Mimivirus

LES CODES LES SECRETS L'ART ET LA SCIENCE

Le succès de *Da Vinci Code* n'a pas fait qu'aviver la controverse sur la vie du Christ. Il a surtout rappelé la puissance du secret : celui des hommes, des religions, des œuvres d'art. Or, si la science a une fonction, c'est bien de chercher des réponses aux grands mystères de la vie et de la nature.

Grâce aux outils modernes, on va de plus en plus loin dans la mise au jour des énigmes. Au Louvre, physiciens et chimistes ont découvert d'incroyables histoires sous la couche picturale de célèbres tableaux ou dans la matière de bijoux et d'objets antiques. Car les artistes ont toujours aimé jouer les cachottiers.

Comme Riopelle ou les surréalistes.

Par jeu ou, plus

gravement, dans l'espoir de communiquer une partie d'eux-mêmes à qui voudrait se donner la peine de décrypter leur message.

Mais le secret ne protège pas que l'intimité des hommes et des peintres. Il a aussi changé le cours de l'histoire en aidant les généraux à gagner

leurs batailles ou les traîtres à fomenter d'iniques complots. Aujourd'hui, la guerre du secret se joue au cœur des réseaux informatiques et ne sert plus à déjouer les machinations royales, mais à protéger les transactions bancaires ou les messages électroniques. Plus que jamais, la science est au rendez-vous.

Mais aussi incroyables soient les progrès technologiques, les secrets ne s'épuiseront jamais.

La science cherchera sans cesse à les décrypter.

Les écrivains à en faire des romans. Et les artistes à les dissimuler dans leurs œuvres.



La radiographie de *L'homme blessé* de Gustave Courbet a révélé le visage d'une femme. Le peintre a-t-il effacé la trace d'un amour douloureux ?



Quand la science parler les œuvres

*Au Louvre et à Québec,
des scientifiques
«déshabillent» les
tableaux, démasquent
les faussaires et
réhabilitent les
artistes oubliés.*

par Pascale Millot

Le peintre Gustave Courbet ne pouvait imaginer que, un siècle après sa mort, sa vie privée serait dévoilée au grand jour grâce... à une radiographie. Son secret était en effet bien gardé! Du moins jusqu'à ce que d'indiscrets détectives se mêlent d'examiner de très près l'une de ses toiles les plus célèbres. Sous la couche picturale de *L'homme blessé*, les rayons X ont révélé le visage d'une femme – la mère de l'enfant du peintre, pense-t-on –, invisible sur le tableau final (notre couverture). Meurtri par leur éphémère liaison, Courbet aurait volontairement effacé la trace de son ancien amour.

Il n'est pas le seul artiste à avoir joué les cachottiers. L'histoire de l'art est truffée de secrets et d'énigmes que les critiques et les amateurs ont de tout temps cherché à décrypter (voir « Le code Riopelle », page 45). L'incroyable succès de *Da Vinci Code* ne tient-il pas à cette fascination envers les mystères de l'art et de la religion?

De nos jours, historiens et néophytes peuvent compter sur une alliée de taille pour percer ces mystères : la science.

Au Centre de conservation du Québec, les techniques modernes ont révélé nombre d'indiscrétions que l'Église catholique avait joliment dissimulées. « Autrefois, la restauration des tableaux



LOUISE BILODEAU

ce fait es d'art

Michael O'Malley, directeur du département des peintures au Centre de conservation du Québec, retouchant *Le Christ dictant la règle à saint François*. Réalisé vers 1675-1680 par Claude François (frère Luc). À droite, détail du tableau avec les repeints. Au second plan : *La Sainte Famille à Nazareth*, XVII^e siècle, de Aubin Vouet. Celui au troisième plan : *Saint François baptisant les infidèles*, 1899 de Charles Huot.

Les deux premiers tableaux appartiennent à la fabrique de Saint-Antoine-de-Tilly; l'autre à la fabrique de Sainte-Anne-de-Portneuf.

MICHEL ÉLIE/CCO



était confiée à des religieuses ou à des artistes plus soucieux de préserver l'image de l'Église que l'œuvre originale. Ils ne se gênaient pas pour repeindre des parties entières afin de se conformer à la morale ou aux bonnes mœurs de l'époque », explique Michael O'Malley, directeur du département des peintures. Mais ces « repeints de pudeur » ne résistent pas au regard perçant des rayons X, des ultraviolets, de la lumière visible ou des infrarouges. Ces méthodes d'examen utilisant des rayonnements de longueurs d'onde variables « déshabillent » littéralement les œuvres. Elles aident à les dater, à les authentifier, à évaluer leur « état de santé » ou à identifier leur auteur. Elles livrent des informations précieuses sur les différentes étapes de fabrication, tout comme elles renseignent sur les « repentirs » de l'artiste, les changements de perspective et les techniques utilisées. Lesdites méthodes sont évidemment très utiles aux restaurateurs.



MUSÉE PICASSO D'ANTIBES

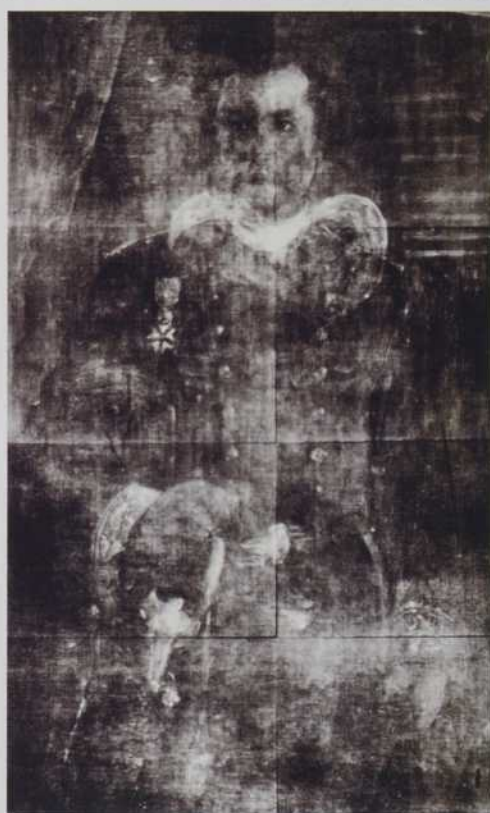
Dans le vaste atelier de peinture de la rue Sempé, à Québec, la restauratrice Elizabeth Forest a mis à nu *La France apportant la foi aux Hurons de Nouvelle-France*. Ce tableau anonyme du XVII^e siècle, grossièrement retouché par les Ursulines pressées de voiler le sexe des angelots avec des nuages, pose de sérieux problèmes aux restaurateurs. « Cette toile a été tellement modifiée que si je lui redonne son aspect original, elle risque d'être assez différente de celle que l'on connaît », explique la jeune femme.

La science de l'art peut réserver de plus grandes surprises encore en révélant une signature oubliée, une date oblitérée, des armoiries dissimulées, un personnage effacé ou même une toile disparue... Comme celle du général Vanderberg, découverte à la radiographie sous *Le gobeur d'oursin*, un tableau de Picasso réalisé en 1946. En effet, l'artiste avait travaillé au musée d'Antibes, dans le sud de la France, peu après la guerre. Comme on manquait cruellement de toiles et de pinceaux en cette période de vaches maigres, il s'était tout simplement servi dans la réserve du musée. C'est

ce qu'ont constaté les scientifiques du Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF), un laboratoire unique au monde dissimulé à 12 m de profondeur sous les fondations du musée du Louvre, à Paris.

Pour pénétrer dans ce temple du mystère et de l'art, il faut d'abord emprunter un petit escalier caché au pied de la Tour de l'horloge, du côté de l'aile de Flore. Derrière les lourdes portes de fer, une armée de détectives s'active à révéler des énigmes toutes aussi fascinantes que celle imaginée par Dan Brown dans son gros livre rouge.

Ils sont physiciens, chimistes, historiens, archéologues, ethnologues, informaticiens ou même médecins et, grâce à leurs redoutables techniques d'enquête, ils peuvent faire parler n'importe quelle œuvre. Quel est le secret des granules d'or des bijoux étrusques ? À quoi ressemble le vert original des *Noces de Cana* de Véronèse ? Que vient



La radiographie du *Gobeur d'oursins*, de Picasso, révèle que le peintre s'est servi d'une toile existante. Elle représente le digne général Vanderberg.

faire le squelette d'un fœtus à l'intérieur d'un obélisque égyptien miniature ? Rien ne résiste à leur analyse.

Pour Élisabeth Ravoux, médecin de formation et chercheuse au C2RMF, l'étude des œuvres d'art ne diffère pas beaucoup de l'auscultation de patients. « On les examine, on pose un diagnostic; on essaie de les soigner quand elles sont malades ou on fait de la prévention pour qu'elles demeurent en bonne santé le plus longtemps possible. » C'est d'ailleurs un médecin qui, le premier, a eu l'idée d'appliquer les rayons X à l'étude des tableaux. Pendant la Première Guerre mondiale, le docteur et amateur d'art Ledoux-Lebart avait monté une équipe volante qui, entre deux blessés, radiographiait dans son ambulance les œuvres des musées rencontrés sur la route. Ces

radios constitueront les premiers dossiers scientifiques du laboratoire du Louvre. Contrairement à certains malades, les œuvres d'art sont toujours dociles; en outre, elles peuvent passer des heures sous les rayons X sans craindre de développer un cancer. Les sculptures et les objets supportent même des doses de radiation quatre fois plus élevées que ce que peuvent subir les êtres vivants.

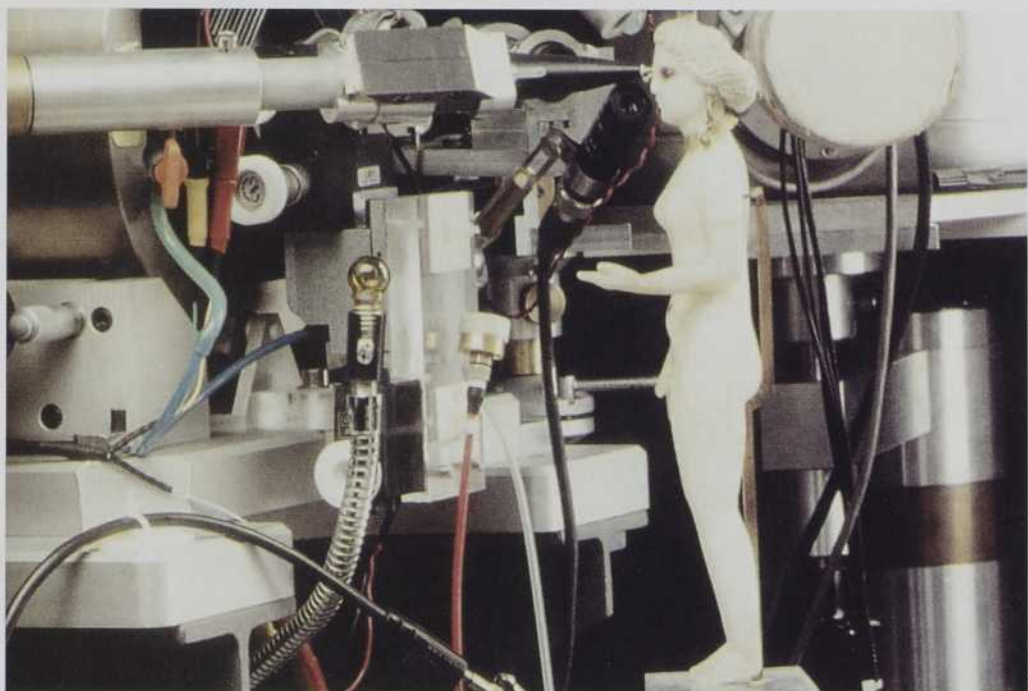
Comme cette *Femme assise*, superbe statuette en terre cuite de Rodin qui tourne doucement sous les rayons X depuis un bon moment déjà. L'appareil fait des clichés sous tous les angles, puis on reconstituera la sculpture à l'ordinateur afin, notamment, de mesurer l'amplitude des fissures et d'évaluer la nécessité d'une restauration. « À sa mort, explique le restaurateur Thierry Borel, Rodin a légué son atelier à l'État français. L'inventaire des œuvres avait été établi au nom du sculpteur alors qu'il partageait les lieux avec Camille Claudel. On a examiné de nombreuses œuvres des deux artistes afin de savoir qui a fait quoi. On détermine de qui sont les esquisses; on analyse les différentes terres utilisées. »

Mais comment décoder la matière sans endommager ces précieuses pièces ? C'est là qu'Aglæ entre en scène.

Le faisceau de protons de l'accélérateur de particules Aglaé a permis de découvrir que les yeux de cette statuette parthe sont faits de rubis. Mieux, on en a retrouvé la provenance, pour le plus grand bonheur des archéologues.

Aglaé est une sorte de James Bond de l'art. Un agent très spécial à l'énergie phénoménale : 2 millions de volts propulsant sur le matériau à analyser des noyaux d'atome à une vitesse de 50 000 km à la seconde. C'est le seul accélérateur de particules entièrement dédié à l'analyse des œuvres d'art et des objets patrimoniaux. À l'intérieur de ce monstrueux cylindre de 26 m de long, un faisceau de protons de l'épaisseur d'un cheveu vient percuter une cible. Il y laisse une empreinte invisible, ce qui permet de déterminer la nature atomique de la matière étudiée : or, gemmes, glaçures métalliques ou autres matériaux plus ou moins précieux.

C'est grâce à Aglaé que la chimiste Maria Filomena Guerra a pu comprendre de quoi sont faits les alliages des bijoux de la collection étrusque du Louvre. Le musée possède plus d'un millier de pièces représentant une période d'environ 14 siècles (entre 2 700 et 1 300 ans avant aujourd'hui). « C'est pas écrit *Made in Taiwan* dessus ! » blague-t-elle en marchant dans les vastes allées



C2RMF

du musée. Dans ce corpus, certains bijoux sont faux (ils ont été copiés au XVIII^e ou au XIX^e siècles), certains sont vrais, et d'autres le sont à moitié. « Les analyses effectuées sur les différents éléments de chaque bracelet, par exemple, montrent l'utilisation d'alliages de composition très hétérogène. Cela prouve bien que l'on a eu recours à des éléments divers et qu'on a peut-être même refondu, ou réutilisé des parties cassées », explique la chercheuse. Selon la teneur plus ou moins élevée des pièces en or, en argent et en cuivre, la conservatrice a réussi à différencier les pastiches des originaux et des objets « partiellement authentiques ».

Grâce à Aglaé, elle a pu apprécier l'art des maîtres joailliers de cette civilisation particulièrement avancée. « Les outils à ciseler, à graver ou à repousser, par exemple, laissent sur la surface du métal des traces caractéristiques de leur forme, mais aussi de la technique employée. »

En étudiant deux pendentifs à l'effigie du dieu grec Acheloos, la jeune femme a mis au jour une technique d'une subtilité inégalée : la granulation fine. « Un des pendentifs a été réalisé au XIX^e siècle. Il est fait de milliers de granules d'or soudés de façon homogène aux sels de cuivre. L'autre, l'original, est composé de filigranes (fils d'or coupés) qu'on laissait tomber dans des charbons ou de l'eau chaude : cela donne des granules de poussière d'or extrêmement fins et parfaitement ronds. »

Quand on observe attentivement les deux pendentifs exposés dans la salle des antiquités étrusques, la différence est effectivement bien visible. Il aura pourtant fallu des années avant de démasquer l'imposture. Et sans doute cette technique exceptionnelle n'aurait-elle jamais pu être dévoilée sans le secours de la physique moderne.

Mais que les amateurs



Grâce à une analyse chimique et à la radiographie, les scientifiques ont dévoilé les secrets de cette statue de Napoléon I^{er}.

C2RMF

MUSEE D'ORSAY



Fonds québécois de la
recherche sur la nature
et les technologies

L'expertise québécoise en sciences et en génie: une contribution essentielle à l'innovation

Le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies est un acteur de premier plan dans la valorisation de la recherche en sciences et technologies.

Son action et les travaux de ses chercheurs participent à la dynamique de l'innovation, celle-ci étant essentielle au développement durable de notre société.

La valorisation de la recherche, pour nous, c'est surtout...

- nos **32 regroupements stratégiques**, soit plus de 1300 chercheurs universitaires, gouvernementaux et industriels qui oeuvrent dans des pôles d'excellence pour le Québec et dont les travaux conduisent à une multitude d'applications
- la **formation d'une main-d'œuvre hautement qualifiée** avec, pour l'année 2004-2005, plus de 4 500 étudiants supervisés et 431 stagiaires postdoctoraux travaillant au sein de ces regroupements
- la **création de nouvelles entreprises** en optique-photonique, en biotechnologies, en nanotechnologies, en télécommunications, en aérospatiale, en micro-électronique telles que Quantiscrypt Nanotechnologies, LTRIM Technologies inc., Logient ou Axiocom
- La **recherche en partenariat** dans des domaines prioritaires comme l'industrie laitière, l'aménagement forestier ou la transformation de l'aluminium
- des **innovations technologiques majeures** pour un grand nombre de secteurs industriels. Des exemples? Des **nanotubes de carbone** (PLASMA-Québec / www.plasmaquebec.ca), un nouveau matériau biocompatibles aux propriétés exceptionnelles; une **fibres optiques** à gaine trouée commercialisée par l'INO (Centre d'optique, photonique et laser / www.copl.ulaval.ca); la mise au point de **nouveaux composites et de nouveaux bétons** (Centre de recherche sur les infrastructures en béton / www.civil.usherbrooke.ca/crib/); le développement de **logiciels spécialisés** dans la gestion des transports (dont HASTUS) et distribués à travers le monde (Centre de recherche sur les transports / www.crt.umontreal.ca); la conception de **matériaux à l'échelle atomique** (Regroupement québécois sur les matériaux de pointe / www.rqmp.ca) ou encore le développement d'un nouvel outil dans la lutte biologique, le **biofongicide «Sporodex»** (Centre de recherche en amélioration végétale / www.centreseve.org)

La mission du **Fonds Nature et Technologies** est de promouvoir et de développer la recherche, d'assurer sa diffusion et d'encourager la formation par la recherche dans les domaines reliés principalement aux sciences naturelles et au génie.

www.fqmnt.gouv.qc.ca

Fonds de recherche
sur la nature
et les technologies

Québec

LES CODES SECRETS DES CHEFS-D'ŒUVRE

de mystères se rassurent. Les œuvres portent en elles une magie et un sens que la science n'épuisera jamais. Car en résolvant quelques questions, cette dernière en soulève d'autres qui continueront d'alimenter les débats pendant bien des années.

D'ailleurs, les découvertes scientifiques elles-mêmes laissent place à l'interprétation. Ainsi, il existe une autre théorie, beaucoup moins romantique, concernant *L'homme blessé* de Courbet. Le personnage féminin révélé par la radiographie ne serait peut-être pas la maîtresse du peintre. L'artiste aurait tout simplement réutilisé un vieux tableau dont il n'était pas satisfait. Et ça, aucun accélérateur de particules ne pourra jamais le savoir. À moins que la physique réussisse un jour à faire parler les morts... **CS**

CENTRE DE CONSERVATION DU QUÉBEC



La confiance d'un bijoutier de Québec

On n'a pas toujours besoin de techniques de pointe pour percer les secrets du temps passé. Le zèle d'une restauratrice peut suffire.

Longtemps, Albert Cyrille Duquet, bijoutier à Québec au XIX^e siècle, a nourri une passion cachée pour Marie-Zélia Séguin. Il l'aimait tellement, sa belle indifférente, qu'il avait confié son secret à un billet qu'il avait inséré à l'intérieur d'un petit lion de bronze. Le garçon avait 28 ans en 1889, et son oncle, horloger, l'avait chargé de nettoyer la «verge noire» du parlement de Québec, ce bâton qui porte ladite statuette, accessoire du «gentilhomme huissier» qui ouvre la porte de la chambre avant chaque séance parlementaire.

Un siècle plus tard, France Rémillard, chimiste et conservatrice au département d'ethnologie du centre de conservation du Québec, à Québec, fut à son tour chargée de restaurer le précieux objet. «Le petit lion était très sale. J'ai dû le dégraisser plusieurs fois, car il était plein de poudre, se souvient-elle. J'ai fini par trouver un papier roulé si serré que j'ai dû l'assouplir en chambre humide pour parvenir à le déplier.» En fait, ce n'est pas une, mais deux lettres que la chimiste a découvertes dans la statuette. La seconde était signée du même homme; elle avait été écrite 13 ans plus tard alors que le bijoutier avait eu une nouvelle fois à redorer le lion de la «verge noire». «Beaucoup de changement c'est (sic) opéré depuis cette date, car me voilà marié à Marie-Zélia Séguin amour d'enfance, et père de trois enfants...», a-t-il écrit en 1902 en demandant à «l'inconnu» qui trouverait son témoignage de faire une prière pour lui. France Rémillard a bien sûr exaucé le vœu de l'artisan en allant brûler un cierge en son honneur.



La France dans les coulisses du futur

Ils cassent des atomes; ils font des chirurgies avec des robots; ils guettent les changements climatiques; ils réinventent Internet... Les chercheurs français sont résolument dans le XXI^e siècle.

Bruce Roberts

La France dans les coulisses du futur

La France, société passéiste et peu ouverte au changement? C'est ce que l'on entend souvent ces temps-ci à propos de nos cousins. Et pourtant, ce que l'on découvre dans les laboratoires et les centres de recherche de l'Hexagone est tout autre.

Des neurologues s'apprêtent à travailler avec le plus puissant scanner du monde; des chirurgiens opèrent avec des robots; dans les entrailles de la Terre, des physiciens cassent des atomes et tentent d'apprivoiser la fusion nucléaire; des climatologues élaborent des modèles complexes pour comprendre les véritables répercussions du réchauffement planétaire; ailleurs, on crée des petites planètes en laboratoire.

La science française est résolument tournée vers le futur et bien ancrée

dans la réalité: elle ne «pellette pas les nuages»; elle cherche des solutions aux grandes questions. Ses savants ont développé une formidable complicité avec les chercheurs du Québec.

Nos journalistes l'ont constaté en parcourant les coulisses du futur pour y voir ce qui, demain, changera le monde.



23 Les leçons d'un été meurtrier

La canicule d'août 2003 a donné aux Français un avant-goût des conséquences du réchauffement de la planète. Et l'Hexagone est devenu un laboratoire grandeur nature pour les climatologues.

par Noémi Mercier

26 100 millions de degrés à l'ombre

Ce serait le pactole: l'énergie du Soleil domestiquée par les physiciens! On y travaillera très fort dans un laboratoire unique situé à Cadarache, dans le sud de la France.

par Raymond Lemieux

29 Homo Picasso

Il y a la grande Lascaux, la sublime Chauvet. Mais il y a aussi des centaines d'autres grottes ornées. Autant de «galeries» qui témoignent de nos racines lointaines.

par Joël Leblanc

32 Casseurs d'atomes

Sous terre, une machine d'une puissance inégalée révélera les liens intimes de la matière.

Pour l'aider: un nouveau réseau informatique plus performant qu'Internet.

par Joël Leblanc



36 Mon chirurgien est un robot

L'aéronautique a beaucoup progressé grâce à la réalité virtuelle. C'est maintenant au tour de la médecine d'en profiter. Visite du plus gros bloc opératoire du monde.

par Marie-Pier Elie

39 Le cerveau en direct

NeuroSpin, en banlieue de Paris, abritera un scanner super puissant. On y sondera les tréfonds de notre matière grise.

par Marie-Pier Elie



41 Usine à planètes

Dans un laboratoire de Grenoble, on fait tourner des astres artificiels remplis de liquide pour mieux comprendre le champ magnétique terrestre.

par Joël Leblanc

43 Les mots de la science

Au pays de Pasteur et de Marie Curie, la science française a parfois mal à sa langue.

propos recueillis par Pascale Millot

PAGE COUVERTURE ET CHIFFRES: BRUCE ROBERTS

Québec Science

Rédacteur en chef Raymond Lemieux
rlemieux@quebecscience.qc.ca

Rédactrice en chef adjointe Pascale Millot
p.millot@quebecscience.qc.ca

Journalistes Marie-Pier Elie, Joël Leblanc
et Noémi Mercier

Directeur artistique François Émond
Direction Sylvie Bergeron

Promotion et relations médias Dominique Owen

PUBLICITÉ LOCALE ET NATIONALE :
Tél. : (514) 843-6888 Téléc. : (514) 843-4897

SITES INTERNET

www.cybersciences.com

www.cybersciences-junior.org

Abonnements

(taxes incluses) Au Canada : 1 an = 43,45 \$,
2 ans = 74,85 \$, 3 ans = 103,95 \$.

À l'étranger : 1 an = 54 \$, 2 ans = 95 \$, 3 ans = 139 \$.

Pour abonnement et changement d'adresse

Tél. : (514) 521-5376 ou 1 866 828-9879

Québec Science, Service à la clientèle,
1251, rue Rachel Est, Montréal (Québec) H2J 2J9

Pour la France, faites votre chèque à l'ordre de :
Rowecom France, rue de la Prairie, Villebon sur
Yvette, 91763, Palaiseau cedex, France

La Revue Québec Science
4388, rue Saint-Denis, bureau 300
Montréal (Québec) H2J 2L1
Tél. : (514) 843-6888
Téléc. : (514) 843-4897
courrier@quebecscience.qc.ca

Relations
internationales

Québec



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Consulat général
de France à Québec



Les leçons d'un été meurtrier

La canicule d'août 2003 a donné aux Français un avant-goût des conséquences du réchauffement de la planète. Et l'Hexagone est devenu un laboratoire grandeur nature pour les climatologues.

par Noémi Mercier

Difficile de nier la gravité des changements climatiques dans un pays qui est encore sous le choc du mois d'août 2003. Cet été-là, le mercure a dépassé de 6 °C les températures normales – un record! – et l'Europe a reçu la moitié moins de pluie qu'à l'habitude. La France a déploré 15 000 morts en trois semaines; il y en a eu 35 000 en Europe! L'hécatombe a été telle que, dans certaines régions, des en-

trepôts frigorifiques ont dû être reconvertis en morgue.

Signe avant-coureur du réchauffement de la planète? Tous les experts s'entendent là-dessus : au cours des prochaines décennies, les vagues de chaleur seront plus fréquentes, plus intenses et plus longues. « Selon les hypothèses les plus pessimistes, un été sur deux ressemblera à celui de 2003 d'ici la fin du XXI^e siècle », affirme Jean-Marc Moisselin, climatologue au Centre national de recherches météorologiques (CNRM) de Météo-France, en périphérie de Toulouse. Pessimiste, mais plausible : si rien n'est fait pour restreindre

Campagnes, montagnes, forêts ancestrales, c'est tout le paysage français qui sera bouleversé si les climatologues disent vrai. Fini le contraste entre la région méditerranéenne, chaude et ensoleillée à l'instar de la Grèce, et le nord gris et pluvieux, qui fait penser à Londres.

les émissions de gaz à effet de serre, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère sera trois fois plus élevée en 2100 qu'avant l'ère industrielle. « Si c'est le cas, il y aura, chaque année en France, 14 fois plus de jours où le mercure dépassera 35 °C », ajoute Serge Planton, directeur du groupe de recherche climatique à Météo-France.

La canicule de 2003 a servi de laboratoire grandeur nature aux scientifiques. Si on se fie à cet été torride, l'impact des changements climatiques sera brutal pour les écosystèmes européens. La végétation sera la première à écopier, comme l'ont constaté une trentaine de chercheurs en mesurant le CO₂ et la vapeur d'eau que la végétation a libérés ou absorbés, à l'aide d'une quinzaine de tours dotées de capteurs, réparties partout en Europe. Des experts en modélisation ont simulé les mêmes processus, grâce à leurs supercalculateurs, à l'échelle du continent tout entier.

Selon leurs résultats, publiés en septembre dernier dans la revue *Nature*, la croissance végétale européenne en 2003 a été de 30 % inférieure à celle de l'année précédente, dans les forêts comme sur les surfaces cultivées. On n'avait pas vu un tel creux depuis un siècle. Les récoltes en ont grandement souffert et les arbres, moins résistants au froid après une sécheresse aussi marquée, en ont fait les frais l'hiver suivant.

Mais il y a pire : les plantes ont subi un tel stress que la photo-

synthèse s'est pour ainsi dire inversée. Cette année-là, la végétation a largué dans l'atmosphère quelque 500 millions de tonnes de gaz carbonique, soit l'équivalent de ce qu'elle absorbe généralement en quatre ans. « De quoi tempérer l'optimisme général qui veut que la forêt va sauver la planète en continuant à stocker – comme c'est le cas actuellement – de 10 % à 20 % des émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine », dit André Granier, spécialiste de l'écologie forestière à l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), à Nancy, qui a participé aux travaux.

En temps normal, les plantes absorbent du CO₂ lors de la photosynthèse et en relâchent, en quantité moindre, lorsqu'elles respirent. On a longtemps cru que la hausse des températures, en allongeant la saison de croissance de la végétation, allait permettre aux plantes d'absorber davantage de carbone et, ainsi, d'atténuer le réchauffement lié aux émissions de gaz à effet de serre. Or, quand il fait trop sec, les végétaux ferment leurs stomates (les pores microscopiques des feuilles) afin de limiter les pertes d'eau, ce qui a pour effet de réduire les échanges de gaz carbonique et de ralentir la croissance des plantes. À l'été 2003, le couvert végétal a été si « stressé » qu'il a expiré davantage de CO₂ qu'il n'en a absorbé.

De puits de carbone, les écosystèmes pourraient donc se transformer en sources de carbone. À la longue, un cercle vicieux pour-



Du champagne en Grande-Bretagne ?

Ajustez vos papilles ! Le réchauffement climatique risque de transformer de fond en comble la viticulture française. « Déjà, partout au pays, la floraison des vignes et les vendanges surviennent plus tôt qu'auparavant », dit Serge Planton, directeur du groupe de recherche climatique à Météo-France. À Châteauneuf-du-Pape, dans la vallée du Rhône, on récolte les raisins un mois plus tôt qu'il y a 60 ans !

Or, en règle générale, les raisins ont besoin de mûrir lentement pour exprimer tous leurs arômes. Dans une industrie où le moindre écart de température ou de précipitations peut modifier l'acidité, la teneur en sucres ou la coloration des fruits, il va falloir revoir la manière de produire les grands crus. Surtout si, comme le prévoient les climatologues, les zones des cépages se déplacent. Selon l'Observatoire national des effets du réchauffement climatique, si la température augmente d'un seul petit degré, les régions viticoles remonteraient de 180 km vers le nord. Et – sacrilège ! – la vigne pourrait même se retrouver dans le sud de l'Angleterre d'ici quelques dizaines d'années. « Des financiers britanniques ont flairé la bonne affaire... Ils s'intéressent déjà à la possibilité de produire du champagne en Grande-Bretagne ! » dit André Granier, spécialiste de l'écologie forestière à l'Institut national de la recherche agronomique, à Nancy. Il y a de quoi perdre le nord...

La mémoire des vignes

Les Français prennent leur vin au sérieux, ce qui rend un fier service aux climatologues. Une équipe du Centre national de la recherche scientifique et de l'Institut national de la recherche agronomique a mis à profit la méticulosité des vignerons français pour reconstituer le climat depuis le Moyen Âge, époque où – on s'en doute – les bulletins météo n'existaient pas. Les chercheurs ont scruté les manuscrits dans lesquels, depuis 1370, les viticulteurs de Bourgogne ont minutieusement enregistré les dates de vendange du pinot noir, cépage vedette de la région. Puis, à l'aide d'un modèle de développement de la vigne, ils en ont déduit l'information climatique. L'analyse a notamment permis de confirmer que l'année 2003 fut de loin la plus chaude en Bourgogne en plus de 600 ans.

rait s'installer, car la hausse des gaz à effet de serre entraînera une multiplication des sécheresses. Il s'agirait d'ailleurs d'un phénomène essentiellement européen. Sur ce continent, les arbres sont habitués à recevoir de la pluie tout au long de l'été, alors que les forêts nord-américaines, déjà acclimatées à des sécheresses marquées, ne souffriraient pas autant d'une canicule de cette ampleur.

Campagnes, montagnes, forêts ancestrales, c'est tout le paysage français qui sera bouleversé si les climatologues disent vrai. Fini le contraste entre la région méditerranéenne, chaude et ensoleillée à l'instar de la Grèce, et le nord gris et pluvieux, qui fait penser à Londres. Les zones climatiques vont remonter, entraînant la végétation à leur suite.

Et inutile d'espérer que les écosystèmes s'adaptent, car le climat se réchauffera à un rythme beaucoup plus rapide que les fluctuations climatiques naturelles. « Les arbres ne pourront pas se dé-

placer de 500 km en 50 ans ! La forêt aura eu le temps de subir des sécheresses et de dépérir », prédit André Granier.

Les gestionnaires de la forêt française envisagent dès maintenant de revoir leurs pratiques. « On pourrait contrer les changements climatiques en plantant des espèces importées qui résisteraient mieux aux nouvelles conditions. C'est totalement déstabilisant pour les forestiers français, qui sont des gens de tradition, souligne André Granier. Toutes les étapes de l'intervention sylvicole sont codifiées dans des manuels datant de l'époque de Louis XIV qui décrivent, par exemple, comment gérer une forêt de chênes ou de hêtres afin d'en tirer des mats et des charpentes de navires. » C'est un changement de cap brutal qui attend le vaisseau français. Car si, en Amérique du Nord, certains croient encore que les climatologues nous mènent en bateau avec leurs scénarios catastrophe, les Français, depuis la canicule de 2003, ne doutent plus guère de ce qui les attend. **CS**

La ruée vers l'or blanc

La neige, dans les Alpes françaises, est-elle en voie de disparition ? Les skieurs vont en tout cas devoir grimper de plus en plus haut pour en trouver, selon un rapport de *Greenpeace*. Entre 1 500 m et 2 500 m d'altitude, il suffirait d'un réchauffement de 2 °C pour que la période d'enneigement raccourcisse d'un mois et que l'épaisseur de la neige diminue de près de la moitié. Voilà de quoi remettre en question l'existence même de nombreuses stations de ski ! Seules celles qui dépassent 2 500 m – comme Argentières et Chamonix Mont-Blanc – seraient épargnées.

Quant aux glaciers alpins, ces baromètres des caprices du climat, ils n'ont jamais été aussi mal en point depuis les quatre derniers siècles. Si plusieurs ont pris du volume entre 1954 et 1981, ils fondent comme... neige au soleil depuis 1982. La faute à qui ? Aux étés de plus en plus chauds que n'arrivent plus à contrebalancer les chutes de neige hivernales. Pour chaque hausse du mercure de 1 °C, il faudrait qu'ils reçoivent de 25 % à 30 % plus de neige en hiver afin de rester intacts. Impensable...

Alors, verra-t-on vraiment les Alpes sans leur manteau de glace ? Il est déjà trop tard pour les petits glaciers qui culminent à moins de 2 900 m : ils sont condamnés à disparaître, même si le climat demeure parfaitement stable. Trois degrés de plus, et la plupart des glaciers français seraient réduits à néant. Seuls les plus gros, situés à plus de 4 000 m dans le massif du mont Blanc, tiendraient le coup. Autrefois visible depuis la ville de Chamonix, la célèbre Mer de glace, le deuxième plus important glacier des Alpes, pourrait bientôt n'être plus qu'un beau souvenir...

Le glacier de Rochemelon, qui culmine à quelque 3 200 m dans les Alpes, entre la France et l'Italie, bat en retraite. Si la planète se réchauffe encore de 3 °C, il sera condamné à disparaître.





100 millions de degrés à l'ombre

Ce serait le pactole : l'énergie du Soleil domestiquée par les physiciens ! On y travaillera très fort dans un laboratoire unique situé à Cadarache, dans le sud de la France.

par Raymond Lemieux

Il faut dompter l'énergie des étoiles. C'est ainsi que l'on pourrait s'affranchir de la dépendance au pétrole, avançant les instigateurs d'un ambitieux projet qui devrait conduire à domestiquer l'énergie nucléaire d'une manière plus sécuritaire. Et c'est à Cadarache, dans le sud de la France, que les responsables scientifiques de l'Union européenne, du Japon, de la Chine, de la Russie, de la Corée du Sud et des États-Unis ont choisi de bâtir l'International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER).

La réalisation de ce projet de réacteur expérimental, qui devrait générer de l'électricité à partir de la fusion nucléaire, représente un investissement de 4,7 milliards d'euros (6,5 milliards \$) jusqu'à sa mise en marche, en 2016. Il faudra ensuite ajouter 5 milliards d'euros (7 milliards \$) pour le faire fonctionner pen-

dant 20 ans. Cher ? Tout est relatif, explique Jean Jacquinot, conseiller au Commissariat à l'énergie atomique de France (CEA) qui a déjà dirigé un projet de recherche en fusion nucléaire au Royaume-Uni : « On planche depuis un demi-siècle pour réussir à industrialiser le procédé de fusion. Il nous fallait passer à une autre étape afin de mettre au point un réacteur. C'est beaucoup d'argent, mais si on compare ce coût à ceux qui sont associés à la production et à la consommation de l'énergie mondiale, qui frôlent les 3 000 milliards d'euros par année, cela remet les choses en perspective. Il s'agit d'un investissement normal pour pouvoir développer une nouvelle façon de produire de l'énergie. »

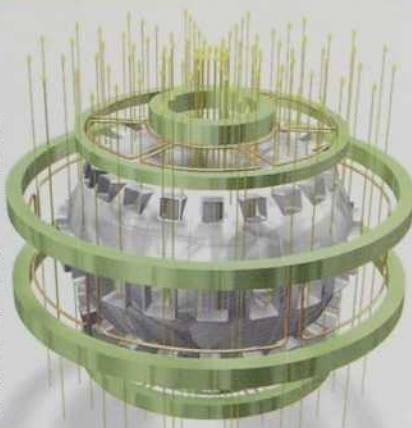
Le bâtiment abritant ITER fera 30 m de haut et comprendra un anneau à plasma de 6 m de rayon. Un millier de personnes y travailleront. Ce réacteur expérimental devrait fonctionner une

vingtaine d'années afin que soit mise au point une version commercialisable. Vers 2060, un réacteur de type industriel devrait fournir le premier kilowatt.

Le parc nucléaire de la planète compte actuellement près de 450 centrales dont 60 sont situées en France, ce qui en fait le pays le plus « nucléarisé » de la planète. Ces centrales fonctionnent toutes sur le mode de la fission. Pour libérer l'énergie qui lie les atomes, on y brise en deux leur noyau à l'aide d'uranium. La fusion nucléaire, elle, implique le mariage forcé de très petits noyaux. Comme ce qui se produit dans les étoiles (ou au cœur du Soleil). Pour produire de l'énergie par fusion nucléaire, on utiliserait deux isotopes de l'hydrogène : le deutérium et le tritium.

Quelque 250 kg de ce « mélange » isotopique pourraient générer 1 000 mégawatts pendant un an, soit l'équivalent de la production de 5 600 éoliennes ou 1 800 000 tonnes de pétrole.

Si la fission génère un important volume de déchets radioactifs, ce n'est pas le cas de la fusion. Le tritium est le plus faible des radionucléides. Sa demi-vie – c'est-à-dire le temps au bout duquel



il perd la moitié de son pouvoir de radiation – est de 12 ans comparativement à... 25 000 ans pour le plutonium 239, le métal dont sont composés les déchets de plusieurs centrales nucléaires. À la fin de sa vie, ITER aura généré 25 000 tonnes de déchets qui seront complètement recyclés après 50 ans.

Cela dit, pour arriver à provoquer une réaction comme on l'observe au cœur des étoiles, il faut inventer l'enfer, ni plus ni moins. Alors que le Soleil n'a besoin que de 10 à 15 millions de degrés Cel-

sus pour engendrer des réactions de fusion, ITER devra pousser la température des atomes à plus de 100 millions de degrés ! Il y a des sceptiques qui rappellent combien il y a loin de la coupe aux lèvres.

Comment contenir une réaction nucléaire dans un plasma plus chaud que le Soleil ? En créant un champ magnétique qui envelopperait ce plasma, un procédé que l'on a étudié pendant plusieurs années dans les laboratoires d'Hydro-Québec, à Varennes. « Cela dit, on ne sait pas encore comment fabriquer un matériau qui contiendrait correctement ce champ magnétique tout en résistant à des neutrons très énergétiques. C'est un problème fondamental », explique Jacques Treiner, physicien à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris.

Mais à ceux qui accusent ITER d'être un projet plus politique que scientifique, Jean Jacquinot rétorque : « Ce sont les chercheurs qui ont donné des billes aux chefs politiques. Ces derniers ne savaient même pas ce qu'est la fusion. » **CS**

Des atomes contre un ballon

Les Français aussi ont leurs « bars des sciences » : une activité si populaire qu'elle supplante même la retransmission des matchs de soccer dans les bistrots de l'Hexagone !

Sur tous les téléviseurs, on a cessé la retransmission du match. Pour quelques heures, le soccer laissera sa place à la science...

Nous sommes au bistrot *Au bureau*, à Dijon. Quelque 200 personnes s'apprêtent à débattre de la fusion nucléaire. Est-ce une vraie solution de remplacement au pétrole ou une lubie technologique ?



Michel Boivineau et Frédéric Métin, les deux animateurs du bar des sciences de Dijon.

« La discussion fait ressortir les inquiétudes et la curiosité des gens. C'est le propre des bars des sciences », dit Michel Boivineau, physicien et coanimateur de la discussion.

Comme à Montréal ou à Jonquière, les bars des sciences permettent aux Dijonnais d'avoir accès à de la science vivante. Si le sujet – le projet de réacteur nucléaire ITER – est pointu, il ne rebute personne. Peut-être parce que la France, paradis des bistrots, est aussi un pays où règne le plaisir de la rhétorique et de la discussion. « On parle bien de sport dans les bars, pourquoi pas de science ? » ajoute Michel Boivineau.

Créées en 1997 à l'initiative de la Société française de physique sous l'égide de Marie-Odile Monchicourt, une journaliste bien connue pour ses chroniques à la radio, ces rencontres ont fourni de multiples occasions de discuter de science sur la place publique. L'idée a fait son chemin. Aujourd'hui, il ne se passe pas une journée en France sans qu'un de ces bars ait lieu. Plus d'un millier de ces événements sont organisés chaque année au pays de Diderot et de d'Alembert, auxquels participent plus de 100 000 personnes. « Plusieurs mériteraient une rediffusion à la radio nationale », dit Michel Boivineau. Ils pourraient effectivement s'inspirer du Québec où les bars des sciences organisés par *Québec Science* sont retransmis à l'émission *Les années-lumière*, à Radio-Canada.

Un réseau
d'amitié
unique

**Bienvenue à l'Association
Québec-France**

Vous aimez la France?
Vous rêvez d'y aller ou d'y retourner?
En stages, en vacances, pour des
études ou pour un congé sabbatique?

Alors adhérez à l'Association
Québec-France et votre carte de
membre deviendra votre passeport
pour l'amitié franco-québécoise.

www.quebecfrance.qc.ca

Bienvenue dans notre réseau!

ASSOCIATION
Québec-France

PLUS QU'UN MAGAZINE DE SCIENCE !

Astronomie ~ Environnement ~ Nouvelles technologies ~ Archéologie ~ Santé ~ Histoire ~ Physique ~ Enjeux de société



Je veux comprendre le monde qui change
Je veux explorer de nouveaux univers
Je veux être de tous les débats de société
Je lis **Québec Science**



Téléphonez au (514) 521-5376 ou au 1 866 828-9879

→ Abonnez-vous en ligne !

www.cybersciences.com

Homo Picasso

Il y a la grande Lascaux, la sublime Chauvet. Mais il y a aussi des centaines d'autres grottes ornées. Autant de «galeries» qui témoignent de nos racines lointaines.

par Joël Leblanc

Dans le Salon Noir de la grotte de Niaux, les dessins pariétaux regroupés en six panneaux sont tracés avec un incroyable réalisme.

Il nous ont laissé un patrimoine inestimable. Des peintures qui ne se retrouveront jamais au musée. Leurs œuvres ornent des centaines de grottes comme celles de Chauvet et de Lascaux. Elles témoignent du temps où des mam-mouths, des rhinocéros et des fauves se baladaient dans le sud de la France.

L'Hexagone n'est plus ce qu'il était et, pour les chercheurs, ces trésors préhistoriques en disent long sur la vie quotidienne d'avant les Gaulois. « Contrairement à l'image que nous en avions, les hommes de la préhistoire avaient le temps de voyager

et de peindre, raconte Michel Barbaza, directeur de l'Unité toulousaine d'archéologie et d'histoire (UTAH). Ils n'avaient pas à combattre constamment pour assurer leur survie quotidienne. Leur milieu était propice à la chasse et leurs besoins primaires étaient comblés. Ces conditions favorisent la réflexion et l'apparition d'une pensée abstraite, et d'une production artistique. »

Comme plusieurs chercheurs qui s'intéressent à la préhistoire, Michel Barbaza reste fasciné par les œuvres rupestres. Il est d'ailleurs souvent appelé à en faire l'évaluation. « On découvre deux à trois grottes ornées chaque année », dit-il. En Charente,

La science en ACTION pour un monde en ÉVOLUTION

INRS



Ensemble pour un monde en santé

Première et seule institution de recherche en Amérique du Nord associée au Réseau international des Instituts Pasteur, le centre INRS – Institut Armand-Frappier participe à l'effort mondial de lutte contre les maladies infectieuses.

En collaboration avec les 28 autres instituts membres du Réseau dispersés à travers le monde, les équipes du centre de recherche INRS–Institut Armand-Frappier sont notamment engagées dans la lutte contre :

- la grippe et le SRAS
- le sida et l'hépatite C
- la salmonellose et la leishmaniose

S'appuyant sur cette reconnaissance internationale, le Centre renforce ses activités de recherche, de formation et de transfert technologique qui visent à préserver et à promouvoir la santé publique.



Université du Québec

Institut national de la recherche scientifique

Téléphone : (450) 687-5010

www.iaf.inrs.ca

on vient d'ailleurs de mettre au jour un site qui a servi de lieu de sépulture, le troisième du genre découvert en Europe! « En fait, ce sont souvent des spéléologues amateurs qui découvrent ces endroits, fréquentés il y a plus de 15 000 ans. »

Que nous apprennent-ils à propos de nos ancêtres? « On peut supposer que ces *Homo sapiens* étaient des chasseurs semi-nomades, poursuit le préhistorien, puisqu'ils passaient du temps dans ces grottes. » Curieusement, les représentations humaines sont très rares et les scènes de chasse, complètement absentes. On trouve par contre de nombreux dessins d'animaux, parfois blessés.

Carole Fritz, chercheuse à l'UTAH, précise : « Au moment où l'homme moderne arrive en Europe, les dessins représentent surtout des félins, des mammouths, des rhinocéros. C'est ce que l'on peut voir sur les parois de la grotte Chauvet, dont les œuvres remontent à près de 30 000 ans; 15 000 ans plus tard, soit six fois le temps qui nous sépare de l'empire romain, les artistes dessinent surtout des chevaux, des bisons et des bouquetins. Ce qui est curieux, car les peuplades d'alors chassaient surtout le renne. Le comble, c'est que le renne est très peu représenté dans les œuvres. »

Et il y a plus intrigant : ces hommes et ces femmes n'habitaient pas les grottes ornées. C'est ce que Michel Barbaza a constaté en étudiant celle de Niaux, près de Toulouse. « Elle était un sanctuaire, alors que les humains habitaient une autre caverne située juste en face, sur le versant opposé de la vallée. »

N'empêche que les artistes qui devaient passer des heures au fond des cavernes apportaient avec eux des objets, de la nourriture. « On fouille dans les poubelles, dit Carole Fritz. Les sites ont parfois été utilisés pendant très longtemps, créant des couches de déchets de plusieurs mètres d'épaisseur par endroits. Les fouilles stratigraphiques nous ont permis de découvrir des restes de toutes sortes, des traces de pas, des ossements, des outils. Cela nous a fourni des informations précieuses sur les modes de vie et les pratiques artistiques au paléolithique. »

Que voulaient exprimer ces premiers artistes? Invoquaient-ils les esprits pour obtenir leurs faveurs avant la chasse? Difficile de le savoir, mais les représentations symboliques laissées sur les parois présentent des constantes assez extraordinaires, remarque Georges Sauvet, chimiste attaché à l'université de Paris XIII. « Ces dessins avaient un sens et dénotent une grande application de la part de leurs auteurs. Ils sont très structurés. Les artistes utilisaient le relief de la pierre. Les détails sont fins; les dégradés, subtils. Ils maîtrisaient des techniques poussées de relief et de perspective. Vraisemblablement, seuls les maîtres étaient autorisés à peindre sur les parois. »

Georges Sauvet a examiné de nombreuses grottes et fait des relevés minutieux de tous les tableaux. Il a pu révéler les grandes lignes de ce qu'il appelle la grammaire paléolithique. « Certains animaux sont souvent montrés ensemble, comme le cheval et le bison, alors qu'on ne verra jamais, par exemple, un mammouth dessiné près

La salle des taureaux, dans la grotte de Lascaux, abrite une vaste fresque de 30 mètres de long. C'est une des plus impressionnantes de l'art paléolithique.



Il existait une grammaire paléolithique qui devait respecter des règles et des contraintes sémantiques précises.

Et ces règles, malgré quelques variantes régionales, semblent avoir été respectées sur un vaste territoire. « Le long des Pyrénées, poursuit Georges Sauvet, de la Méditerranée à l'Atlantique, côté français ou espagnol, les grottes affichent toutes

d'une biche. Dès que trois animaux ou plus sont représentés, il y a presque toujours un bison, un cheval ou un bouquetin. L'association d'un bison avec un petit bouquetin est aussi très fréquente, le bouquetin étant souvent situé entre les pattes du bison. Il y avait donc des règles, des contraintes sémantiques. Comme dans une grammaire, on avait le droit d'"écrire" certaines choses, mais pas d'autres. »

la même grammaire. Les humains de cette grande région avaient donc certainement des échanges constants. Peut-être voyageaient-ils et se regroupaient-ils à certains moments de l'année. Il y a même un petit signe, formé de quelques lignes simples, qui a été vu dans des grottes éloignées de plusieurs centaines de kilomètres. Peut-être la signature d'un même artiste. » Un peintre en résidence ? Homo Picasso ? **CS**



**Collège international
Marie de France**

4635, Chemin Queen Mary, Montréal QC H3W 1W3 (514) 737 1177

Au service de l'excellence depuis 1939...

L'enseignement des sciences au Collège international Marie de France

s'articule autour de quatre concepts :

s'informer, raisonner, réaliser et communiquer

Disposant de matériel très moderne, le Collège procure à l'étudiant un environnement idéal d'appropriation du savoir.

L'expérimentation assistée par ordinateur (EXAO) renforce le suivi scientifique, l'apprentissage de protocoles universitaires et le développement de la rigueur d'analyse scientifique.

Des cours de Physique et de Mathématiques enrichis sont offerts aux étudiants du secondaire.

Faire des études collégiales scientifiques à Marie de France, c'est se donner l'accès aux meilleures universités et une opportunité sur une carrière scientifique internationale.

www.mariedefrance.qc.ca

Casseurs d'atomes

Sous terre, une machine d'une puissance inégalée révélera les liens intimes de la matière. Pour l'aider: un nouveau réseau informatique plus performant qu'Internet.

par Joël Leblanc

Le vaste monte-charge s'ébranle dans un boucan d'enfer. Des ouvriers et des ingénieurs amorcent une descente de 75 m qui mène dans les entrailles de la terre. Destination: le cœur du LHC (Large Hadron Collider), l'accélérateur de particules le plus puissant jamais conçu. Ce complexe souterrain chevauche la frontière franco-suisse. On commencera à y casser de l'atome à l'été 2007.

Helenka Przysiezniak Frey hausse la voix pour couvrir le bruit de l'ascenseur. Cette physicienne québécoise travaille au Laboratoire d'Annecy de physique des particules (LAPP). Elle est l'une des artisanes de ce méga-chantier placé sous l'égide du CERN (Conseil Européen de la Recherche Nucléaire), où planchent quelque 6 500 chercheurs: « Les accélérateurs de particules nous permettent de recréer les conditions qui régnaient – quelques fractions de seconde après le big-bang – au début de l'Univers, à un moment où il était infiniment petit et immensément énergétique. Ces conditions engendrent des phénomènes étranges que seules les théories quantiques et relativistes peuvent expliquer. Mais malgré la puissance des accélérateurs, on n'atteint encore qu'une petite fraction de l'énergie des rayons cosmiques qui

nous arrivent tous les jours de l'espace. Le LHC sera le plus puissant de tous, mais il restera encore bien modeste. »

Le LHC remplacera le LEP (Large Electron Positron), inauguré en 1989 dans les mêmes tunnels. Le LEP permettait d'accélérer des électrons (charge négative) et des positons (charge positive), et de provoquer des collisions entre eux. Le LHC, lui, est voué à l'accélération des protons, particules plus massives, provoquant des collisions à des échelles d'énergie beaucoup plus élevées.

La porte de l'ascenseur s'ouvre sur un couloir d'un blanc immaculé. Tout au bout, un balcon surplombe une salle immense: l'ancre de la bête. Quand on baisse les yeux, on aperçoit un détecteur de collisions qui doit bien faire sept étages et où fourmillent de minuscules ouvriers en bleu de travail.

« Voici ATLAS, poursuit la chercheuse, l'un des cinq détecteurs de collisions. À l'intérieur de cette structure, les protons vont se heurter à très grande vitesse et projeter des gerbes de particules, dont certaines sont encore inconnues. Les différents appareils de mesure que traverseront ces particules au sein d'ATLAS permettront d'en mesurer précisément la charge, l'énergie, la trajectoire... »



JOËL LEBLANC





L'accélérateur, lui, est en fait un grand tunnel de 27 km de circonférence. Dans ce circuit souterrain fermé, les protons circuleront en boucle à des vitesses frôlant celle de la lumière. Pour le moment, des ouvriers y pilotent des chariots et travaillent à assembler les différentes sections de l'accélérateur.

Ghislain Roy est chargé de tester la qualité des pièces : « Chaque section, explique l'ingénieur, est formée d'un cylindre d'une quinzaine de mètres. Au centre, on trouve deux petits tuyaux parallèles dans lesquels les protons seront accélérés sous vide grâce à un système d'électroaimants alimentés par des circuits supraconducteurs qui produiront les champs magnétiques nécessaires à leur propulsion. Il faudra refroidir ces supraconducteurs avec de l'hélium liquide. »

Pour digérer toutes les données produites par ce super-accélérateur de particules, on mise sur un vaste réseau informatique d'une puissance de stockage de 15 petaoctets !

Les protons parcourront les 27 km 10 000 fois par seconde. Ils circuleront en sens inverse dans chaque tuyau et il suffira de faire converger leurs trajectoires pour provoquer des collisions aux endroits voulus. « Un proton, ce n'est pas très lourd, mais à ces vitesses, il acquiert une énergie de 7 téra électrons-volts (TeV), pour une énergie totale de collision de 14 TeV », poursuit Helenka Przysieczniak Frey. Un TeV, c'est à peu près l'énergie cinétique d'un moustique en vol. Mais ce qui rend le LHC si extraordinaire, c'est qu'il concentrera cette énergie dans un volume environ mille milliards de fois inférieur à celui d'un moustique. « À cette échelle, 14 TeV sont suffisants pour casser les protons et les décom-

Dépassé, le modèle standard?

Les premiers accélérateurs ont été mis au point au début du XX^e siècle et ont ouvert la voie à un nouveau champ d'étude : la physique des particules. En provoquant des collisions à grande vitesse, on s'est aperçu que l'on pouvait générer des particules encore inconnues. Ces découvertes ont permis d'élaborer un modèle théorique, le modèle standard. D'après ce modèle, notre univers serait constitué de 12 particules élémentaires (six quarks et six leptons, dont l'électron) plus les 12 antiparticules qui leur sont associées. De plus, quatre autres familles de particules seraient les messagères des forces fondamentales. Parmi ces dernières, le photon, le graviton, le gluon, le boson... Des agencements entre ces pièces de base formeraient des particules plus grosses : mésons, baryons, pentaquarks, etc. Le proton et le neutron, tous deux formés de trois quarks et de quelques gluons, appartiennent au groupe des baryons.

Avec l'augmentation de la puissance des accélérateurs et l'amélioration de la sensibilité des détecteurs, les particules annoncées par le modèle standard ont presque toutes été observées, et les prédictions sur leur comportement ont été testées; mais le plus important manque toujours. Le boson de Higgs, auquel est associé le champ de Higgs qui permet à toutes les particules d'acquérir une masse, reste encore aujourd'hui inobservé. De futures expériences permettront de vérifier si cette particule existe vraiment, et si d'autres modèles théoriques à part le modèle standard sont viables, comme la super-symétrie et l'existence d'autres dimensions... Einstein doit se retourner dans sa tombe.

poser en leurs différentes particules élémentaires : quarks et gluons, entre autres. »

Spécialistes des particules élémentaires et de l'infiniment petit, la physicienne québécoise et ses collègues espèrent bientôt trouver le fameux boson de Higgs. « C'est une des dernières particules du modèle standard qui n'a pas encore été observée (voir l'encadré). Sans le boson de Higgs, souligne-t-elle, la majorité des théories quantiques sur lesquelles repose la physique des particules s'écroulent. Le détecteur ATLAS a été spécialement conçu pour repérer le boson. S'il existe, on devrait rapidement le "voir". »

Et s'il n'existait pas ? Ce n'est pas ce que croit le physicien Yves Sirois, qui cherche la fameuse particule avec le CMS (Compact Muon Solenoid), un autre détecteur en construction. « Nous l'avons conçu avec en tête un modèle différent du modèle standard, celui des dimensions multiples », explique-t-il.

Quand on trouvera le boson de Higgs, ce sera une vraie révolution ! « Cela modifiera le modèle standard qui est à la fois incomplet et trop complexe, poursuit Yves Sirois. Avec ses centaines de particules, il n'explique pas tout et il cache probablement quelque chose de plus simple, qu'on n'a pas encore réussi à déterminer. Les expériences menées au LHC devraient permettre de tirer tout ça au clair. »

Les collisions provoquées dans ces détecteurs produiront de faramineuses quantités de données à analyser qui seront relayées au Centre informatique du CERN, un immeuble de cinq étages. Au sous-sol, des milliers d'ordinateurs vrombissent à l'unisson. « Il y en a 50 000, précise François Grey, chef du service informatique. En réseau, ils représentent une énorme puissance de calcul entièrement dédiée aux travaux des physiciens. »

Et cette puissance de calcul, les chercheurs du CERN en dépendent. « Le détecteur CMS, explique François Grey, est composé de plusieurs couches disposées autour du site de collision, comme un oignon cylindrique. Chaque couche est conçue pour détecter un phénomène spécifique. Ensemble, elles permettent d'identifier toutes les particules produites par les collisions entre protons, et de mesurer avec précision leur énergie. Au plus fort des expériences, des paquets de protons se traverseront mutuellement 40 millions de fois par seconde et, chaque fois, il se produira en moyenne

20 collisions, soit 800 millions de collisions par seconde. » Ce que l'on guette, en fait, ce sont les collisions frontales, très rares. Ce sont elles qui peuvent révéler les particules élémentaires que l'on n'a pas encore vues. Le boson de Higgs, par exemple, n'apparaîtra que lors d'une collision sur 10 000 milliards, et il faudra le discerner parmi toutes les autres particules.

Pour digérer toutes ces données, on mise sur un vaste réseau informatique; un Web nouvelle version : la Grille. « La Grille, ex-

plique Marc-Elia Bégin, spécialiste des réseaux, permettra de relier entre eux les grands centres de calcul de la planète pour stocker et analyser les données produites par le CERN. La puissance de stockage et de traitement permettra de gérer les 15 petaoctets d'information générés chaque année. » Un petaoctet représente un million de gigaoctets, ou un milliard de mégaoctets. C'est assez de données pour remplir une pile de CD-ROM haute de 1,5 km. Restera à trouver le boson dans la pile ! **CS**



depuis 1938

Pré-maternelle,
maternelle,
primaire,
secondaire
et
collégial.

S COLLÈGE S
STANISLAS

780, boulevard Dollard à Outremont,
à l'angle de la rue Van Horne, station de métro Outremont.
www.stanislas.qc.ca (514) 273-9521



Collège privé à pédagogie et programmes
français adaptés aux exigences du Québec

PORTES OUVERTES

SAMEDI 14 OCTOBRE 2006 DE 10 H À 16 H

**EXAMEN D'ENTRÉE
EN 1^{RE} SECONDAIRE**

SAMEDI 28 OCTOBRE 2006

un cursus
complet dans le même établissement dès l'âge de 4 ans

un
enseignement
précoce avec de véritables apprentissages dès la pré-maternelle

une
démarche
intellectuelle différente grâce à des méthodes pédagogiques éprouvées

une culture
générale
solide à travers une tradition humaniste assurée par la maîtrise
du français et des langues vivantes

un
avenir avec chaque année près de 100% de réussite au baccalauréat français
et d'admission à l'université

une vie étudiante riche et variée qui permet à chacun d'exprimer
ses talents et ses passions

une reconnaissance
internationale des études effectuées dans un collège membre
du réseau mondial des écoles françaises

et bien sûr, un enseignement
performant et attrayant dispensé
par un personnel français et québécois hautement qualifié



Mon chirurgien est

L'aéronautique a beaucoup progressé grâce à la réalité virtuelle. C'est maintenant au tour de la médecine d'en profiter. Visite du plus gros bloc opératoire du monde.

par Marie-Pier Elie

Le bistouri fouille dans le corps allongé sur la table d'opération. Le chirurgien, lui, a les deux bras croisés et les yeux rivés sur son écran plat. Il n'est pas nerveux. Il connaît le déroulement de l'intervention dans tous ses détails et peut anticiper chacun des mouvements du robot: il les a déjà répétés mille fois sur un clone virtuel de son patient. Puis il a entré une série de données dans l'ordinateur. Et la machine s'occupe du reste. Elle est capable d'effectuer la moindre micro-suture avec une précision inégalée et de visualiser les reliefs de tous les organes. Dans le bloc opératoire du futur, l'imprévu n'a pas sa place.

Et le futur n'est pas si loin. À l'Institut européen de téléchirurgie

(EITS), à Strasbourg en France, le professeur Luc Soler nous convie à une balade virtuelle dans... le côlon de monsieur X. « Parfaitement fidèle à l'original », jure ce crack de l'informatique, qui enseigne la médecine à l'Université Louis-Pasteur, également à Strasbourg. À l'écran, on avance et on recule dans le long tunnel contournant chaque polype qui orne la paroi intestinale. Cette image, obtenue grâce à la résonance magnétique et à une reconstruction en trois dimensions, permettra au chirurgien de planifier son intervention et d'éviter les mauvaises surprises: une tumeur dont on ignorait l'existence, une variation vasculaire imprévue ou une spécificité morphologique insoupçonnée.

« L'aéronautique a énormément progressé grâce à la réalité virtuelle, et il en sera de même pour la chirurgie », pense le pro-

PHILIPPE BROCHARD

fesseur Soler. Avant le décollage, poursuit-il, les pilotes d'avion consultent toujours une liste de contrôle de leur plan de vol, contrairement au chirurgien « qui compte beaucoup trop sur sa capacité personnelle à s'adapter aux difficultés imprévues ». Pourtant, poursuit-il, aujourd'hui, « même les militaires savent ce qui les attend sur le terrain ». Comme le pilote qui s'entraîne des milliers d'heures grâce à un simulateur avant de prendre les commandes de son appareil, le chirurgien répètera bientôt chaque geste sur son patient virtuel avant d'empoigner son scalpel.

Puis, grâce à ce que l'équipe de l'EITS nomme la « réalité augmentée », il superposera l'image virtuelle à l'image réelle, afin de savoir exactement ce qui se trouve où. Par exemple, cette veine rénale qu'il ne faut surtout pas couper apparaîtra à l'écran en mar-ron foncé, alors qu'elle serait normalement invisible, parce que dissimulée par l'organe à opérer. « À l'heure actuelle, il ne faut pas se leurrer : les chirurgiens s'entraînent sur les patients », confie Luc Soler. Ils commencent avec des opérations simples, comme retirer un appendice, puis passent à des interventions de plus en plus complexes. « À moins de 12 interventions du même type, le chirurgien est encore en apprentissage. Notre but, c'est que sa toute première opération soit parfaite. »

Et pourquoi ne pas substituer la main d'un robot à la sienne ? En 1988, la première laparoscopie a ouvert la voie à la robotisation de l'acte chirurgical. Plutôt que d'éventrer son patient et de plonger les deux mains dans le sang, le chirurgien pratique trois incisions d'à peine 1 cm : une au centre pour y introduire une minicaméra, et une de chaque côté pour y insérer les instruments chirurgicaux qu'il manipule en gardant continuellement les yeux sur l'image vidéo retransmise à l'écran. Avec la laparoscopie as-

possibilités qu'offrait dorénavant la téléchirurgie : opérer un soldat sur le champ de bataille ou un patient dans une région isolée, et rendre les techniques de pointe accessibles aux populations des pays en voie de développement, etc. On envisageait même d'opérer les astronautes à bord de la Station spatiale internationale.

De tels exploits n'ont pourtant jamais été concrétisés. Et même le docteur Marescaux, dans son bureau placardé de diplômes et de doctorats honorifiques reconnaît que son coup de publicité était, en soi, inutile. « Soyons sérieux : enlever une vésicule biliaire de New York à Strasbourg, ça ne sert à rien d'un point de vue médical. L'important, c'était de prouver qu'on était capable de le faire. » L'intervention représentait d'abord et avant tout un exploit technique, car le délai entre le moment où le chirurgien effectue un geste et celui où lui parvient l'image sur écran vidéo doit être le plus court possible. Car, dans la réalité, les ciseaux qui se trouvent tout près de l'artère, à l'écran, l'ont peut-être déjà coupée. Le défi : ramener ce délai en deçà de 200 millisecondes. Impossible pour cela de compter sur les satellites : l'inexorable vitesse



INSTITUT EUROPÉEN DE TÉLÉCHIRURGIE

un robot

sistée par ordinateur, le chirurgien contrôle des manettes plutôt que les longues baguettes insérées dans le corps du patient. Le mouvement de ces dernières est ensuite retransmis à des bras robotisés qui réduisent l'amplitude du geste : le chirurgien déplace sa manette de 1 cm pour que le robot bouge de 1 mm. Drôlement pratique ! « Cette technique nous évite les contraintes de la laparoscopie traditionnelle. Travailler en deux dimensions dans un monde tridimensionnel, les coudes en l'air, tandis que le moindre tremblement est multiplié par 20, ce n'est pas facile », dit Jacques Marescaux, fondateur de l'EITS et chef du service de chirurgie digestive et endocrinienne du CHU de Strasbourg. D'autant que les extrémités du robot, contrairement au poignet du chirurgien, peuvent pivoter dans tous les sens et ne se fatiguent jamais !

Le 7 septembre 2001, Jacques Marescaux lui-même exploitait de façon spectaculaire cette nouvelle technologie. Confortablement assis dans un bureau de New York, il opérait une patiente sans y toucher à 6 500 km de distance ! En 45 minutes, Jacques Marescaux, ou plutôt le robot ZEUS, lui a retiré la vésicule biliaire. Exactement la même durée que si le chirurgien s'était trouvé dans le bloc opératoire. À l'époque, l'intervention avait fait pas mal de bruit. Partout, on spéculait sur les

de la lumière impose un délai minimal de 600 millisecondes pour traverser l'Atlantique, qu'on doit multiplier par deux pour un aller-retour. Il a donc fallu faire voyager l'information par fibre optique, grâce à un câble transatlantique de France Télécom. Le temps de latence a finalement été réduit à 155 millisecondes.

Et maintenant qu'on a prouvé qu'on peut, on fait quoi ? Le super-chirurgien à la main toute puissante, qui opère ses patients à distance aux quatre coins de la planète, très peu pour le docteur Marescaux. « C'est irréaliste, compte tenu des infrastructures nécessaires. » Par contre, il croit beaucoup au « télécompagnonnage », au partage du geste, qui permettrait aux chirurgiens débutants de bénéficier, à distance, du soutien d'un collègue plus expérimenté, prêt à prendre le relais en cas de pépin. « Il y a parfois des inégalités flagrantes entre différentes équipes. Par exemple, pour certaines chirurgies cardiaques, les meilleures ont un taux de réussite de 100 %, alors que d'autres ne dépassent pas 80 % : le surcoût que représente ces 20 % serait largement compensé par le prix du robot. » Même à 1,4 million \$? « On sait très bien qu'un robot qui coûte 1,4 million \$ aujourd'hui en coûtera 10 fois moins dans quelques années. Et même une telle somme, ce n'est rien comparativement aux coûts des fautes professionnelles », estime le praticien, soulignant qu'au moins la moitié des accidents mortels de

chirurgie pourraient être évités si l'équipe responsable était en lien avec d'autres experts.

Mais le mythe du chirurgien surhomme a la vie dure. « On commence à peine à réaliser qu'il ne faut pas opérer un lendemain de garde... Un pilote de la Lufthansa me confiait récemment que si les pilotes d'avion fonctionnaient comme les chirurgiens, il y aurait deux crashes par jour à Francfort seulement! » poursuit Jacques Marescaux.

Pour l'instant, les 3 000 chirurgiens du monde entier qui viennent chaque année perfectionner leur technique à l'EITS ne s'entraînent pas sur des clones virtuels et ne manipulent aucun robot. Le bloc opératoire qui les accueille, le plus gros du monde, comprend 17 tables sur lesquelles sont étendus autant de cochons. Trois anesthésistes les ont plongés dans un sommeil d'où ils n'émergeront jamais. Au programme aujourd'hui : hystérectomie et curage ganglionnaire. Dans l'abdomen de chaque bête sont plantées trois longues baguettes : une laparoscopie tout ce qu'il y a de plus conventionnelle.

De l'extérieur, on a du mal à croire que les chirurgiens en for-

d'un patient à l'autre, tant en ce qui a trait à la taille qu'à la vascularisation. » Si un simple passage dans le scanner permet de le visualiser, le risque d'erreur reste élevé car, insiste-t-il, l'œil humain est bien imparfait. « Même le meilleur spécialiste risque de manquer à l'IRM une tumeur pourtant bien présente, puisque l'œil humain ne peut percevoir que 16 nuances de gris. » Il risque donc de passer à côté si la tumeur n'est pas suffisamment contrastée, ou de confondre trois petites tumeurs très rapprochées l'une de l'autre avec une seule grosse. Or, on ne peut faire une transplantation du foie que si l'organe à remplacer ne présente pas plus de trois tumeurs.

L'humain a toutefois un avantage sur la machine : son cerveau peut, en temps réel, corriger les erreurs dues à une perception fautive, alors que l'ordinateur est toujours prisonnier de ce qu'il « voit ». Le métier de chirurgien n'est donc pas près de disparaître ? « Tout dépend de ce que l'on entend par chirurgien. On travaillera toujours, mais plus en amont. On aura droit à l'erreur, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui », répond Jacques Marescaux. En fait, le chirurgien sera une sorte de metteur en scène : il n'aura qu'à sélectionner les prises parfaites parmi celles qu'il a répétées mille fois, puis à les rejouer en bénéficiant d'un soutien technologique lui as-



Comme le pilote qui s'entraîne des milliers d'heures grâce à un simulateur avant de prendre les commandes de son appareil, le chirurgien répétera bientôt chaque geste sur son patient virtuel avant d'empoigner son scalpel.

INSTITUT EUROPÉEN DE TÉLÉCHIRURGIE

mation ont commencé à opérer. Les abdomens tout roses se soulèvent et s'abaissent, aucune large incision à l'horizon, pas d'effusion de sang... Mais sur chacun des écrans les surplombant, les images ne mentent pas. Ici, une vessie est suspendue dans le coin droit pendant que les chirurgiens se battent avec les intestins. Là, on cherche désespérément l'urètre en tentant de se frayer un chemin parmi cette masse informe d'organes gluants.

Michel Patry et Natacha Malmedy, du Centre hospitalier régional de Trois-Rivières, font partie des stagiaires en formation à Strasbourg. Ils sont ravis de travailler avec de l'équipement aussi perfectionné, mais ils haussent les épaules lorsqu'on leur parle de réalité augmentée, de robotisation et de téléchirurgie. « Les cas où tout cela s'avérera vraiment utile sont rares », soutient le docteur Patry.

Il admet qu'il serait intéressant de pouvoir bénéficier de l'opinion d'un collègue plus expérimenté, mais que cela ne servirait dans les faits que très rarement. « Et le super-chirurgien sera-t-il là lors des soins post-opératoires, là où ça compte vraiment ? »

Quant à la réalité augmentée, censée faciliter leur travail en superposant une image tridimensionnelle des structures entourant l'organe à opérer, Natacha Malmedy doute que cela réponde à un réel besoin : « On connaît notre anatomie ! » Luc Soler n'est pas d'accord : « Le foie, par exemple, est un organe qui varie énormément

surant une performance quasi impeccable. Il pourrait même éventuellement rester en coulisse pendant que les acteurs robotisés s'exécutent. À condition de surmonter un obstacle de taille : pour remplacer complètement l'homme, le robot doit pouvoir tenir compte de chaque minuscule mouvement du patient, qu'il s'agisse de sa respiration ou de ses battements cardiaques.

Mais on y travaille déjà ! Quelques cochons ont été sacrifiés sur l'autel du progrès. Grâce à des capteurs placés sur leur torse, on peut, par exemple, modéliser leur respiration et appliquer ce modèle en temps réel pour faire suivre les mouvements par le robot. « C'est purement expérimental pour l'instant, mais on entraîne le robot à toujours rester à 2 cm de sa cible. Il arrive ainsi à tenir compte des mouvements cardiaques avec une précision de 0,5 mm, et des mouvements respiratoires avec une précision de 90 microns », explique Luc Soler qui promet, d'ici un an, la première intervention entièrement automatisée : la thermoablation d'une tumeur sur un valeureux cochon.

À plus long terme, Jacques Marescaux évoque quant à lui des chirurgies à cœur ouvert entièrement robotisées, sans qu'il soit nécessaire d'arrêter le muscle cardiaque. La machine découperait l'organe palpitant, le rapiècerait puis le recoudrait. Devant mon regard dubitatif, celui du docteur Marescaux s'illumine : « Et il y a aussi tout ce qu'on n'imagine pas encore... » **CS**

Le cerveau en direct

NeuroSpin, en banlieue de Paris, abritera un scanner super puissant. On y sondera les tréfonds de notre matière grise comme jamais auparavant.

par Marie-Pier Elie



S. FRASER/SPL/PHOTODISC

Deux immenses grues jaunes surplombent un paysage gris. L'endroit n'a rien de bien inspirant et, pourtant, il fait déjà rêver les chercheurs du monde entier. Dans un coin perdu, à Saclay en banlieue de Paris, la charpente du futur centre de recherche NeuroSpin se dessine lentement sur les terrains du Commissariat à l'énergie atomique (CEA). On y retrouvera les outils les plus pointus en matière d'imagerie cérébrale. « On a un grand retard sur l'Amérique, reconnaît Xavier Charlot, chef de projet. Du coup, on a frappé très fort et nous serons les meilleurs ! » affirme-t-il avec assurance. Les deux pieds dans la boue, un casque vissé sur la tête, il faut un peu d'imagination pour visualiser le chantier achevé, rêve qui deviendra réalité en 2009.

L'endroit abritera quatre scanners. L'un d'eux, le plus puissant du monde avec son champ magnétique de 11,7 teslas (T) – 200 000 fois le champ magnétique terrestre ! – sondera les tréfonds de notre matière grise comme jamais auparavant. « La plupart des

hôpitaux sont équipés d'appareils de 1,5 T, parfois 3 T », fait remarquer Xavier Charlot en montrant du doigt l'énorme cylindre bétonné qui abritera cette super-machine.

Comme tous les appareils d'imagerie par résonance magnétique (IRM), celui de NeuroSpin mettra le magnétisme à profit afin d'observer l'activité de nos neurones. Lorsque le sang afflue vers eux pour les approvisionner en oxygène lors d'une activation intense, le fer présent dans les globules rouges entraîne une modification du champ magnétique. Les aimants de l'appareil parviennent à détecter ce subtil changement dans les molécules d'eau qui constituent les deux tiers du cerveau. Un petit traitement informatique, et hop !, on obtient une cartographie détaillée du cerveau en action. Et à 11,7 T, l'image promet d'être plus précise que jamais.

Concrètement, cela permettra de visualiser ce qu'on appelle les colonnes corticales – ces regroupements de neurones assemblés, comme leur nom l'indique, en étroites colonnes qui correspondraient chacune à une fonction cognitive précise.

En gagnant en puissance, on gagne aussi en résolution temporelle.

Chaque image générée par l'IRM traditionnelle représente l'activité moyenne survenue dans un laps de temps d'environ une seconde. « C'est beaucoup trop long pour être vraiment représentatif des processus en jeu. Sur le plan électrique, il se passe énormément de choses dans des laps de temps beaucoup plus courts, de l'ordre de 10 millisecondes », dit Frank Lethimonnier, ingénieur de recherche au CEA et coordonnateur du volet IRM de NeuroSpin. Il souhaite réduire le laps de temps de chaque image à une centaine de millisecondes. « Par exemple, on aimerait bien voir le décalage entre le moment où la zone dédiée au traitement visuel de l'information et celle dédiée au calcul s'activent lorsqu'on montre à un volontaire une addition qu'il doit effectuer. »

NeuroSpin permettra aussi de mieux comprendre les nombreuses pathologies qui affectent notre matière grise, et tout particulièrement les maladies neurodégénératives comme l'alzheimer. « En réussissant à obtenir des informations plus précises sur des

« Les chercheurs en neurosciences en sont aujourd'hui au même point que les navigateurs à l'époque de Christophe Colomb : ils mettent le cap sur une *terra incognita*. »

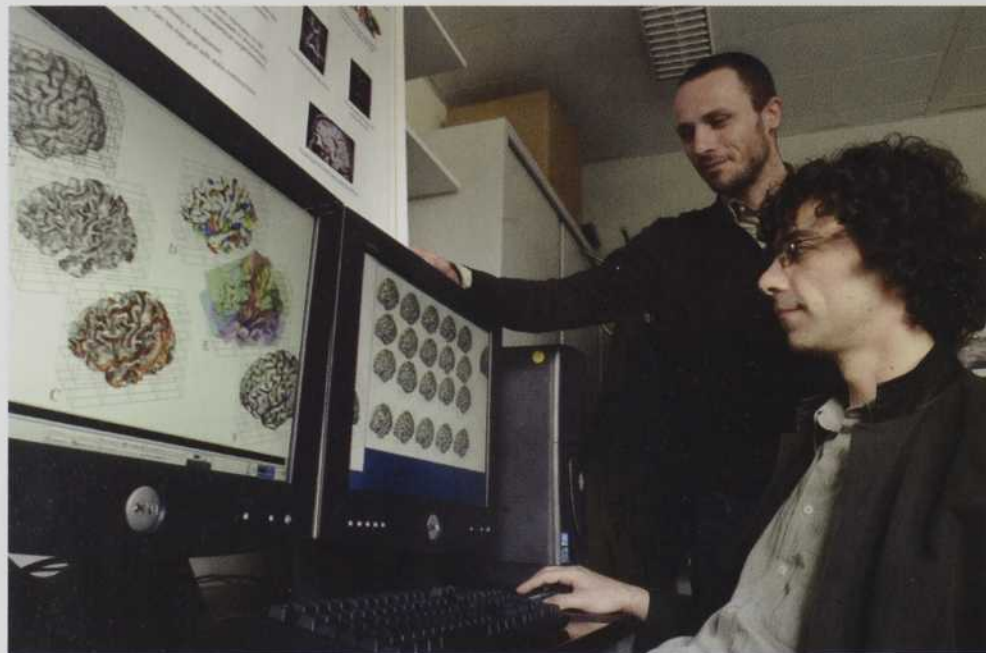
conducteurs puisqu'ils n'offrent aucune résistance au courant électrique, sont particulièrement capricieux, ce qui force les concepteurs à composer avec nombre de limites. Entre autres, maintenir une température suffisamment basse pour que le nobium-titane (le supraconducteur en question) conserve ses propriétés : environ 4 kelvins, ce qui n'est pas loin du zéro absolu !

Il subsiste également une variable inconnue : l'innocuité sur l'être humain d'un champ magnétique aussi puissant. Pierre Védrine l'avoue franchement : « Personne n'en

connaît les effets, car on n'a encore jamais essayé. » Seul signe encourageant à l'heure actuelle : les petits rongeurs, pour lesquels il existe des scanners de puissance équivalente – toutes proportions gardées – s'y sont déjà engouffrés à maintes reprises sans que l'on dénote de problème particulier. Et, ajoute Frank Lethimonnier, des appareils de 7 T, 8 T et 9,4 T ont récemment scruté la matière grise de volontaires humains qui, aux dernières nouvelles, se portent à merveille. « À long terme, on est encore dans l'ignorance mais, il

y a 20 ans, on se posait exactement les mêmes questions pour les appareils à 1,5 T et 3 T. »

Chose certaine, c'est un animal qui se glissera le premier dans le super-scanner lors de son inauguration. Puis, on devrait passer aux humains. Déjà, les artisans du projet NeuroSpin ont reçu des demandes de chercheurs des États-Unis, d'Europe, du Japon, et même de l'Université McGill, à Montréal. Tous souhaitent utiliser les futures installations pour explorer le cerveau humain, un peu comme les astronomes le font avec les rares télescopes assez puissants pour mener à bien leur étude du cosmos. « Les chercheurs en neurosciences en sont aujourd'hui au même point que les navigateurs à l'époque de Christophe Colomb : ils mettent le cap sur une *terra incognita* et ont besoin d'instruments adéquats pour les mener à bon port », dit Frank Lethimonnier.



Les cerveaux humains sont tous différents. C'est grâce à l'informatique que les neurologues peuvent aujourd'hui repérer correctement anomalies et pathologies.

groupes de neurones restreints, on pourra effectuer des diagnostics précoces, par exemple en détectant beaucoup plus rapidement les protéines qui s'accumulent à l'intérieur des neurones chez les personnes atteintes », espère Frank Lethimonnier.

Des promesses tellement alléchantes qu'on se demande bien pourquoi un tel scanner n'existe encore nulle part dans le monde ! Après tout, il suffit d'un aimant assez puissant pour générer cet impressionnant champ magnétique... Mais c'est en soi un énorme défi.

Pierre Védrine, responsable de la fabrication de l'aimant principal de NeuroSpin, travaille depuis deux ans sur les études préalables à sa construction. « L'aimant d'un appareil d'IRM doit fournir une homogénéité de champ très difficile à obtenir. Il faut une précision de l'ordre de quelques parties par million, qu'on obtient en positionnant les matériaux de façon extrêmement précise. » Et les matériaux en question, qu'on qualifie de supra-

Si on parvient à démontrer qu'il n'y a aucun danger à soumettre nos neurones à ces champs magnétiques vertigineux, l'ingénieur nous promet des appareils de plus en plus performants. « On n'est pas près de les rassasier, nos explorateurs ! »

Même dans ses rêves les plus fous, Pierre Védrine se voit toutefois difficilement concevoir un aimant de plus de 20 T, compte tenu des contraintes inhérentes aux supraconducteurs. Et les lois de la physique étant ce qu'elles sont, il existe une limite à la résolution que l'on peut obtenir. Cette dernière correspond à ce qu'on appelle le mouvement brownien de la molécule d'eau, un mouvement aléatoire qu'on retrouve dans tous les liquides. À cause de lui, on ne peut atteindre des résolutions inférieures à quelques microns. « C'est notre vitesse de la lumière à nous, les ingénieurs ! » s'exclame Frank Lethimonnier. **CS**

Usine à planètes

Dans un laboratoire de Grenoble, on fait tourner des astres artificiels remplis de liquide pour mieux comprendre le champ magnétique terrestre.

par Joël Leblanc



Il y a bien longtemps, quelque part en Chine, des curieux remarquèrent qu'une aiguille aimantée flottant sur de l'huile pointait bizarrement toujours dans la même direction. Ils venaient, sans le savoir, de découvrir le champ magnétique de la Terre. Plus de 2 000 ans plus tard, à Grenoble en France, on se questionne encore sur la nature de cette force mystérieuse.

« Dans les années 1830, le mathématicien allemand Carl Gauss a confirmé que le champ magnétique mesuré sur la Terre provenait bien de l'intérieur de la planète et non de l'espace, comme certains le croyaient alors. Mais on ignore encore aujourd'hui la façon exacte dont il est généré. » Thierry Alboussière, géophysicien au groupe Géodynamo du Laboratoire de géophysique interne et tectonophysique (LGIT) de l'Université Joseph-Fourier, à Grenoble, cherche à comprendre comment la dynamique du noyau terrestre peut créer un champ magnétique.

Comme un aimant, la Terre a un pôle nord et un pôle sud, à peu près orientés sur son axe de rotation. Les lignes de champ magnétique relient les deux pôles et c'est parallèlement à ces lignes que nos boussoles s'orientent.

« Mais là s'arrête la comparaison avec un aimant, précise Dominique Jault, directeur du LGIT. Car le magnétisme terrestre est très mouvant et son intensité varie selon le lieu et le moment. On sait par exemple que les lignes de champ changent de forme, que les pôles se déplacent et qu'ils peuvent même s'inverser. Il faut aussi tenir compte de l'influence du vent solaire qui balaie la Terre et dont les particules chargées interagissent avec son champ magnétique. »

En fait, ce dernier est le fruit d'un processus encore très mal compris. « À l'intérieur, schématise Thierry Alboussière, la Terre est une mer de métal liquide contenue entre deux sphères solides. Au centre, on trouve un noyau de fer massif de 1 220 km de rayon. À l'extérieur, c'est le manteau, dont la base commence à 3 480 km du centre. Entre les deux, c'est le noyau externe, liquide, composé principalement de fer et de nickel fondus, en plus de quelques autres éléments dont on ignore encore la nature exacte. » Ce sont les mouvements dans ce noyau externe qui seraient à l'origine du champ magnétique terrestre. On sait que tout métal liquide, s'il est agité vigoureusement, génère spontanément un champ magnétique par ce qu'on appelle l'effet dynamo. « Dans le cas de la Terre, on parle de géodynamo et le brassage est assuré surtout par la rotation », ajoute Thierry Alboussière. Un peu comme la dynamo d'un vélo.

Dans ce petit dispositif, les aimants, qui possèdent leur propre champ magnétique, tournent à l'intérieur d'une bobine et génèrent un courant électrique dans le fil. Si cette électricité circule dans une bobine

KATY LEMAY

autour d'une barre de fer, celle-ci devient un électro-aimant et acquiert son propre champ magnétique. Imaginez alors que ce nouveau champ puisse se substituer aux aimants initiaux et vous obtenez un champ magnétique qui s'« auto-entretient », grâce à la rotation de la roue du vélo. Par sa rotation, la Terre engendrerait un effet dynamo du même ordre : brassage du métal liquide, génération de courant électrique, production d'un champ magnétique qui entretient à son tour la circulation électrique.

Comprendre le fonctionnement du champ magnétique de la Terre pourra nous permettre de déduire de nombreuses informations sur l'intérieur des autres planètes dont le champ magnétique est mesurable à l'aide des sondes spatiales.

Pour vérifier la validité des théories sur le magnétisme terrestre, les chercheurs de Grenoble ont justement recréé de petites planètes en laboratoire. « Nous concevons des sphères que nous pouvons remplir d'un liquide conducteur et faire tourner selon

différents paramètres », explique Denys Schmitt, géophysicien spécialiste en écoulements de fluides en rotation rapide. L'une d'elles est remplie d'eau salée; l'autre, de gallium, un métal qui se liquéfie à 30 °C; une autre de sodium, qui, lui, est liquide à 98 °C. « On la surnomme gentiment DTS, pour deviche tourneur au sodium. Pour elle, il a fallu construire un petit laboratoire à l'écart du bâtiment principal à cause des risques d'explosion qu'engendrerait le contact du sodium avec l'humidité. »

Ces planètes artificielles, bien que de taille très modeste (moins d'un mètre de diamètre), sont des répliques assez fiables de leurs sœurs géantes. Étant donné leur petitesse, il faut les faire tourner beaucoup plus vite que les vraies planètes pour atteindre des mouvements énergétiques aussi importants que dans le noyau terrestre. « On n'a pas encore réussi à obtenir un champ

La Terre est une mer de métal liquide contenue entre deux sphères solides.

magnétique auto-entretenu, concède Denys Schmitt, mais il y a quand même des phénomènes mesurables. Par exemple, lorsqu'on impose un champ magnétique externe à la sphère qui tourne, on enregistre des perturbations dans ce champ. Ces mesures ne sont pas faciles à prendre, puisque les capteurs sont insérés à différentes profondeurs dans les sphères et doivent tourner avec elles sans cesser de nous envoyer leurs mesures. »

Ces mini-planètes permettent de vérifier les calculs théoriques élaborés par ordinateur. « Les calculs de la dynamo sont très difficiles, car il faut coupler les équations de Maxwell sur l'électromagnétisme à celles de la mécanique des fluides, deux domaines qui n'ont *a priori* pas grand-chose à voir l'un avec l'autre, explique Alexandre Fournier, spécialiste en modélisation numérique de la géodynamo. Il y a dans le noyau un équilibre subtil entre la force de Coriolis due à la rotation de la Terre, les mouvements de convection provoqués par des différences locales de température et les forces électromagnétiques. Ça rend les calculs encore plus complexes que ceux des météorologues ou des océanographes. »

Mais on disposera bientôt d'ordinateurs assez puissants pour répondre à ces questions que les Chinois de l'Antiquité se posaient déjà. **CS**



On n'est jamais trop curieux.

www.ledevoir.com

Les mots de la science

Au pays de Pasteur et de Marie Curie, la science française a parfois mal à sa langue.

La science n'est pas obligée de ne s'exprimer qu'en anglais, estime Michel Petit qui dirige le comité de terminologie et de néologie de l'Académie des sciences de Paris. Ce comité a pour mission de proposer des termes français pour exprimer de nouvelles réalités scientifiques ou de traduire des mots étrangers.

Mais au pays de Pasteur et de Marie Curie, la science a parfois du mal à parler français.

Québec Science: Pourquoi est-ce important de traduire les termes techniques et scientifiques en français ?

Michel Petit: D'abord et avant tout pour que les gens sachent de quoi on parle. Savez-vous ce que signifie « RFID » ? Cela veut dire *Radio Frequency Identification*. Personne ne peut comprendre. On est en train de chercher un équivalent français. Ensuite, pour garder la langue vivante. J'adore jouer avec les mots et je trouve fascinant d'en trouver de nouveaux; ou des termes français qui permettent d'exprimer correctement un concept. Car il n'y a pas que la traduction. Nous proposons aussi des mots inédits pour exprimer de nouvelles réalités scientifiques ou technologiques.

J'avais d'abord créé la Commission de terminologie des sciences et des technologies spatiales – un domaine dans lequel la France occupe une place importante. Nous avons dû inventer des néologismes pour désigner des concepts qui n'existaient pas auparavant. Celui d'architecte industriel, par exemple, ou de « mission dégradée ». On emploie ce dernier terme quand un vaisseau spatial est toujours en orbite, mais ne peut plus fonctionner selon les plans initiaux et qu'il est utilisé à d'autres fins.

QS Est-ce facile de trouver des traductions adéquates ?

MP Non. Une des difficultés tient au fait que les termes français sont plus longs que les termes anglais. On n'a jamais été capable, par exemple, de trouver quelque chose pour remplacer le mot *spam*. Dans notre base de données terminologiques (CRITER), on suggère le mot « arrosage ».

QS Pourquoi ne pas utiliser « pourriel » comme au Québec ?

MP Je me suis battu pour que l'on accepte ce terme. Nous travaillons même avec l'Office de la langue française du Québec. Mais l'Académie française a refusé, parce qu'elle trouvait que cela ressemblait trop à « courriel ». Du coup, le mot *spam* va être intégré à la langue française.

QS La prédominance de l'anglais comme langue de science préoccupe beaucoup de chercheurs francophones...

MP Oui. Mais ça, c'est un autre problème. On peut parfaitement avoir une littérature primaire scientifique en anglais. Mais quand on veut faire de la vulgarisation, parler au grand public, il faut se faire comprendre en français. Et si on émaille notre discours de mots étrangers qui ne disent rien à personne, c'est bien plus difficile que si on a traduit préalablement.

QS Donnez-nous des exemples de termes qui ont été proposés par votre comité et acceptés.

MP Le mot « courriel » par exemple. Cela dit, ce n'est pas un gage qu'il sera employé par tous, mais je ne désespère pas qu'il finisse pas s'imposer.

QS Dans quels domaines a-t-on dû créer le plus de nouveaux mots ?

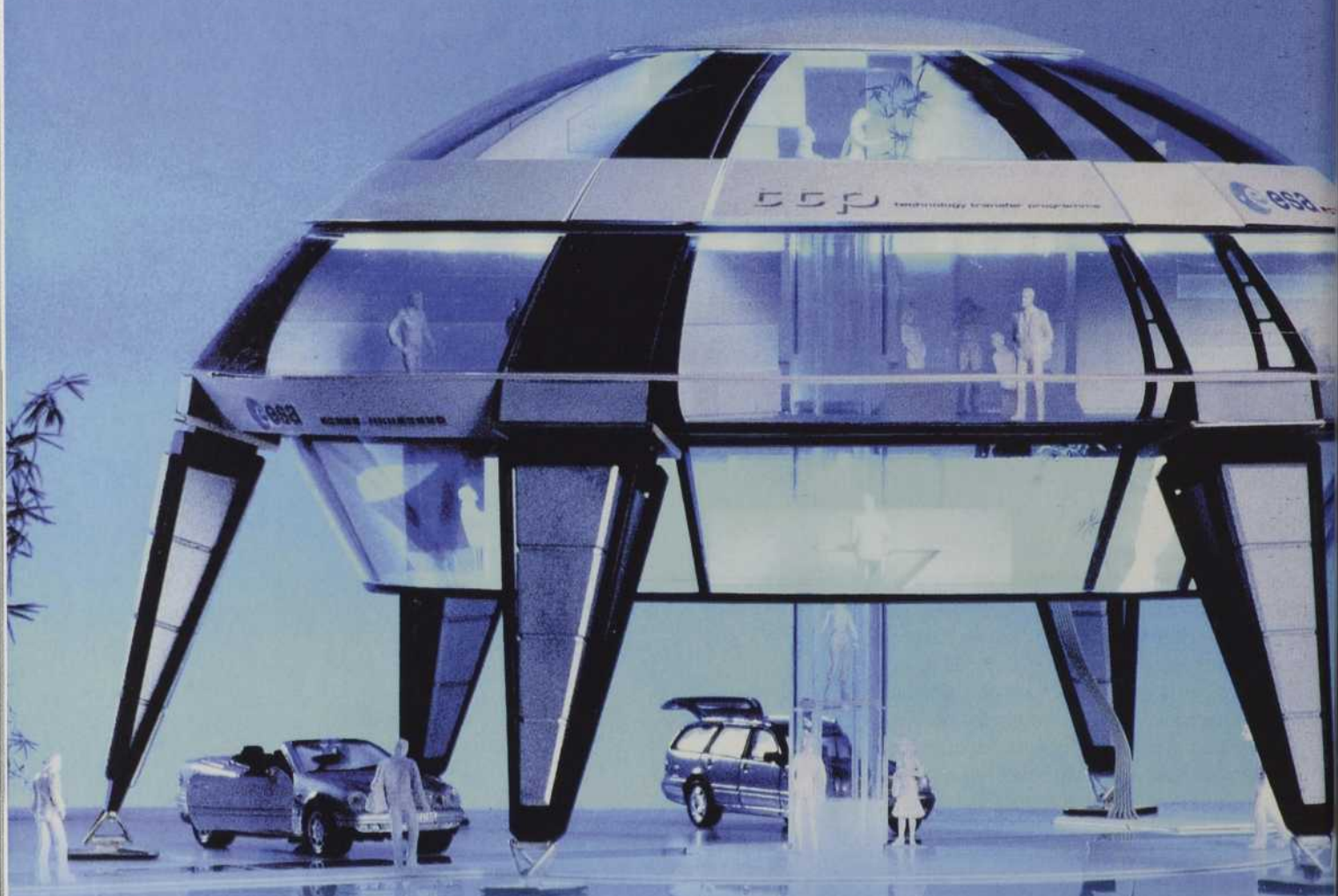
MP En aérospatiale et en informatique, bien sûr. Mais aussi en biologie moléculaire. Par exemple, le mot ADN est français et tout le monde l'utilise [NDLR: en anglais, on parle de DNA]. Mais il y a beaucoup d'autres termes que nous sommes incapables de traduire.

propos recueillis
par Pascale Millot



→ Pour en savoir plus

On peut consulter la base de données terminologiques CRITER au : www.culture.gouv.fr/culture/dgllf/terminologie/base-donnees.html#83542



Vivez dans le futur

SUR

www.cybersciences.com

Le site Internet d'actualité de Québec Science

Code RIOPELLE



Détail de *L'Hommage à Rosa Luxemburg*, 1992

*Riopelle, maître de l'abstraction et aussi... du secret.
Comme Jean-Paul Lemieux et bien des surréalistes.*

par Hélène de Billy

ardien au Musée national des beaux-arts du Québec depuis deux ans, Nic Boucher a tout le loisir d'admirer les œuvres qui y sont exposées. Fonctionnaire à la retraite avec un emploi à temps partiel dans une agence de sécurité, il n'avait jamais manifesté de goût pour la peinture jusqu'à ce que son patron l'envoie patrouiller l'institution située sur les Plaines d'Abraham. « J'étais complètement ignorant de ces choses », dit-il. Mais au fil du temps, les œuvres lui ont révélé leurs secrets et leur pouvoir ensorcelant.

Il a ainsi découvert chez Jean-Paul Lemieux la présence d'une tache orange « parfois très discrète » dans la grande majorité des tableaux. Il s'est aussi penché sur les constellations nocturnes du peintre de l'île aux Coudres, qui lui font penser aux ciels de son enfance, à Kamouraska, et dans lesquelles il croit apercevoir une présence divine. Selon lui, on peut aussi distinguer, dissimulée dans un grand format abstrait, signé Jean-Paul Riopelle, au premier étage du musée, la face cachée de Don Quichotte.

Ce n'est sûrement pas Riopelle qui le démentirait, lui qui adorait confondre les journalistes, les historiens d'art et les critiques.

Comme les surréalistes qu'il avait côtoyés, le peintre québécois mort en 2002 chargeait volontiers ses tableaux de symboles. Il raffolait des jeux de mots, des codes, des secrets que seuls quelques initiés ou ceux qui voulaient s'en donner la peine pouvaient saisir.

Ainsi, celui qui fut sans conteste l'un des plus grands peintres abstraits de sa génération aimait se définir comme un figuratif. Évidemment, personne ne le croyait. Pourtant c'était vrai, même si à l'heure de sa consécration, à Paris dans les années 1950, il avait pris bien soin de se taire sur les « repères figuratifs » qui se dissimulaient dans son œuvre. Par opportunisme ? Tout



Si on regarde de près *La visite des dames* (1971), de Jean-Paul Lemieux, on remarque des formes géométriques en transparence dans la matière qui évoqueraient une exposition fantôme.

à fait. « Dans l'esprit des gens qui fréquentaient alors le monde de l'art, il y avait un profond désir, un besoin de magie de l'inconnu. Que le tableau soit trop aisément identifiable [...] le merveilleux disparaissait par la même occasion », expliquait-il dans un livre d'entretiens avec l'historien d'art Gilbert Érouart, publié en 1993.

Le merveilleux n'a jamais disparu de ses tableaux, comme il était toujours présent dans sa conversation. Prolifique, séduisant, intuitif, le « trappeur supérieur » nous régalaient de fables extraordinaires sur la chasse qu'il pratiquait, les figures légendaires qu'il avait côtoyées (Beckett, Calder, Giacometti, Miró) ou les voitures sport qu'il conduisait à vive allure sur les circuits de France. Et quand on essayait de démêler le vrai du faux, on se rendait finalement compte que les anecdotes les plus invraisemblables étaient souvent les plus authentiques. Car Riopelle était un grand mystificateur qui se servait également de la vérité pour confondre, transmutant le réel par la voie de l'imaginaire. D'où cette œuvre éclatée aux accents surréalistes et aux pouvoirs magiques.

Il aimait donner des indices sur ses secrets d'atelier. Il m'a ainsi invitée à repérer les chevrons dans *15 Chevaux Citroën*, une mosaïque qu'il a réalisée dans les années

1950. Le double chevron étant le logo de la marque Citroën, il n'avait pas titré son tableau au hasard. Pour son ami Gilles Vigneault, il a aussi décodé son *Hommage à Calder*. « La roue, a-t-il expliqué un jour au chansonnier, c'est pour le cirque, les fers à cheval renvoient au premier métier de Calder qui fut un temps forgeron. Les cintres évoquent ses mobiles. »

À Gilbert Érouart, il faisait remarquer qu'il avait intitulé un de ses mixtes médias *Oka* après avoir appris que le mot désignait « petit ours » chez les Amérindiens. L'admirateur attentif pourra effectivement y débusquer l'ours. « Pour moi c'est bien clair, il s'y trouve. Pour les autres... Il faut savoir lire la peinture », disait le grand artiste.

lire la peinture : tout le défi est là. Que l'on soit connaisseur ou non, on s'attache à l'art avec l'espoir d'y découvrir du même coup une partie de son âme. Combien de Québécois se penchent ainsi sur *L'Hommage à Rosa Luxemburg*, exposé au Musée national des beaux-arts du Québec, en tentant de retrouver dans cette fresque-testament une part de leur identité? Il y a effectivement plusieurs lectures possibles dans le poème

autobiographique de Riopelle qui, par l'entremise du personnage de la révolutionnaire allemande, a voulu évoquer sa furieuse compagne, la peintre américaine Joan Mitchell, à ses côtés durant 24 ans. Et pour ajouter encore à la subtilité de l'interprétation, on se souviendra que Riopelle avait surnommé sa bien-aimée Rosa Malheur, en référence à Rosa Bonheur, peintre animalier du XIX^e siècle! L'artiste aimait décidément pratiquer l'allégorie.

Au-delà de la composante autobiographique, si l'on s'émerveille devant les oies de Riopelle, c'est qu'elles traduisent merveilleusement bien la résilience d'un peuple ancré dans la terre nordique de ses ancêtres. Pour les Québécois, elles agissent comme un symbole, un mythe fondateur, un appel à l'inconscient collectif.

Notre amour des symboles renvoie d'ailleurs à nos vieilles croyances religieuses. Et il n'est pas besoin d'être grand connaisseur pour saisir le pouvoir sacré des images. Il suffit de se laisser envoûter.

Comme l'a spontanément deviné Nic Boucher, le peintre Jean-Paul Lemieux se prête bien à cet exercice de décryptage. Ses tableaux semblent se laisser appréhender sans difficulté, mais ils nous interpellent, au-delà des personnages et des paysages mélanco-

liques qu'il nous donne à voir. *La visite des dames*, une huile de 1971, représente cinq femmes en robe longue coiffées de chapeaux, debout dans un espace clos. Cette toile est dominée par le blanc, mais si on regarde de près, on remarque des formes géométriques en transparence dans la matière. Croyant avoir affaire à des repentirs du peintre, le musée a fait radiographier l'œuvre. À leur grand étonnement, les spécialistes ont découvert que ces rectangles avaient volontairement été tracés par l'artiste pour évoquer une exposition fantôme. Le tableau a revêtu alors une tout autre signification. Car ces dames déambulant dans un musée disparu depuis longtemps sont un peu notre reflet. Alors que nous pensions les contempler d'un côté du miroir, la frontière s'efface entre elles et nous. Soudainement, le temps n'existe plus.

Il y a une douzaine d'années, la Québécoise Suzanne Giroux a présenté une installation à la Foire internationale de l'art contemporain de Paris qui prétendait révéler le secret du mystère de *La Joconde*. En grossissant plusieurs fois le chef-d'œuvre de Léonard de Vinci sur son ordinateur, puis en le tournant à 45°, l'artiste d'origine beauceronne s'est rendu compte que le célèbre sourire cachait un magnifique dos d'homme... ce qui lui permettait en même temps d'évoquer les prétendues préférences sexuelles du grand portraitiste et ingénieur de la Renaissance. Inutile de souligner que ces révélations ont fait la une des magazines et des bulletins de nouvelles, au Québec comme en France.

Autrefois réticent à fouiller dans les tiroirs de la biographie (où se cachent bien des

secrets), les professionnels de l'art ne se gênent plus aujourd'hui pour satisfaire la curiosité de leur public. Au Musée national des beaux-arts du Québec, à l'occasion d'une exposition de voitures ayant appartenu à Riopelle, le directeur général John Porter s'est laissé prendre au jeu. En recoupant témoignages d'amis et interviews du peintre, il a fini par comprendre l'énigme qui se cachait derrière les titres des œuvres de la série des *Ficelles* qui date des années 1970 et dont le Musée possède plusieurs exemplaires. « Bien malin celui qui, de prime abord, pouvait comprendre que "F-de" doit se lire "Ficelle Delage", du nom d'une célèbre voiture de course du début du siècle; que la ficelle "cad" fait référence à la Cadillac; la "lat" à la Latil; la "Stud" à la Studebaker, etc. », expliquait-il dans le texte accompagnant le boîtier *Riopelle en mouvement*, publié par le Musée.

Friande de révélations, notre époque prétend tout dévoiler. On n'imagine plus aujourd'hui soustraire des œuvres au regard du public sous prétexte que leur vue pourrait scandaliser. C'est pourtant le sort qui fut réservé à *L'origine du monde* jusqu'à l'acquisition de cette toile par le Musée d'Orsay, en 1995. Depuis sa réalisation, en 1866 par Gustave Courbet, seuls quelques amateurs triés sur le volet avaient pu admirer chez ses différents propriétaires ce nu particulièrement osé où

on voit en gros plan le sexe d'une femme. Il aura fallu plus de 120 ans pour que le tableau, l'un des plus commentés de l'histoire de l'art français, sorte enfin de l'ombre.

Les interdits qui pèsent sur une image nous renseignent sur les mœurs d'une époque. Mais encore ? Très ouverts sur la question de la liberté sexuelle, les surréalistes (André Breton, en particulier) ne toléraient pourtant pas le libertinage. Est-ce pour cette raison que Breton tronqua la photo de Man Ray utilisée pour illustrer son poème *L'amour fou* publié dans la revue *Minotaure* en 1934 ? Connue sous le titre *Érotique voilée*, la photo représente une femme nue (Meret Oppenheim) appuyée à une grande roue de presse à gravure. À la hauteur de son sexe, le manche de la presse forme un pénis. Encore au-



Érotique voilée de Man Ray

jourd'hui, cette image de l'ambiguïté nous est souvent présentée amputée de son étonnante prothèse.

Faut-il parler de censure ou de discrétion ? Peut-être au fond que cette omission est un clin d'œil aux initiés, les meilleurs secrets étant destinés à n'être partagés que par un petit nombre. Une chose est certaine : Joan, Marie-Madeleine, Meret ou Rosa, les dames y sont souvent pour quelque chose. Et, comme le prouve le succès d'un livre comme *Da Vinci Code*, le public ne s'en lasse jamais. 

ÉOLE CAP-CHAT

Parmi les 20 coups de cœur du
Guide des vacances au Québec ! 

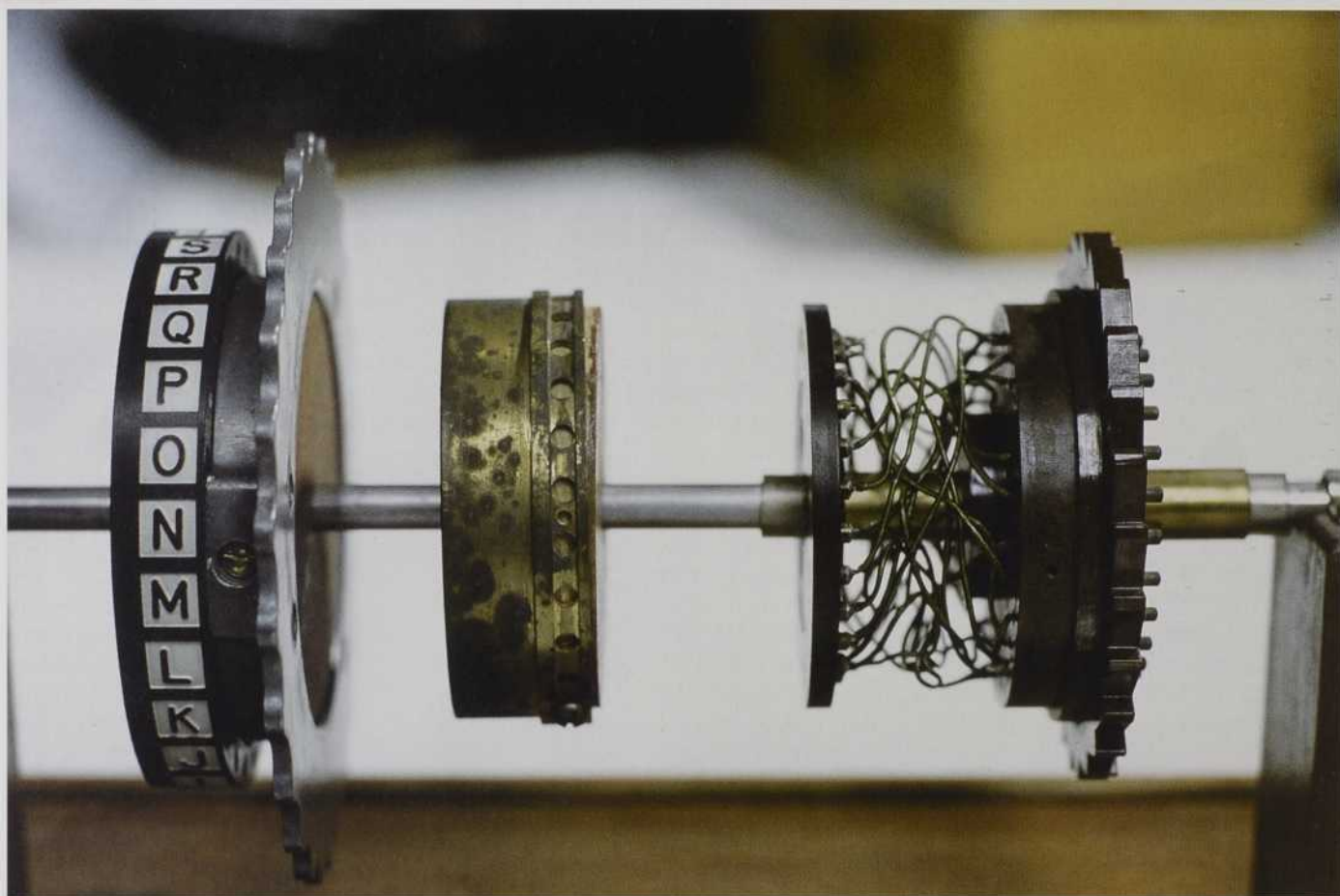
DÉCOUVERTE des SECRETS de ÉOLE Cap-Chat, site officiel de l'interprétation de l'énergie éolienne depuis 1988.

Visites guidées du parc éolien le NORDAIS le plus important à l'est du Canada, ENTREZ à L'INTÉRIEUR de la plus haute ÉOLIENNE au monde à axe vertical ! Tour du site. Interprétation accessible à tous permettant de voir et de comprendre le mécanisme des équipements, les progrès technologiques, les principaux acteurs de cette énergie dans une ère d'inquiétude, de sauvegarde environnementale. (vidéo).

ÉOLE CAP-CHAT

Route 132, route Village du Cap, C.P. 10, Cap-Chat (Québec) G0J 1E0
Téléphone : (418) 786-5719 - Télécopieur : (418) 786-2528
Courriel : blandinc@globetrotter.net - www.vacanceshaute-gaspésie.com





Des chiffres et des lettres

Machinations déjouées, identités révélées, guerres perdues ou gagnées : les codes secrets ont changé le cours de l'histoire.

par Noémi Mercier

L

orsque Marie Stuart, reine d'Écosse, comparut devant le tribunal de Fotheringhay où elle allait être jugée pour trahison, un matin d'octobre 1586, elle ne se doutait pas que son sort était déjà scellé. Accusée d'avoir conspiré afin d'assassiner la reine d'Angleterre



Élisabeth I^{re} et de s'emparer de son trône, Marie se croyait à l'abri de tout soupçon. Depuis sa cellule, elle avait échangé avec ses complices de nombreuses missives codées : chaque lettre de l'alphabet y était remplacée par un caractère inventé.

Mais son courrier avait été intercepté, recopié et transmis à un expert en décryptage, qui brisa rapidement le « chiffre de Marie ». Aucun aveu n'aurait été plus limpide : ses lettres autorisaient sans

a b c d e f g h i k
o † ^ # a □ θ ∞ i ð

équivoque le complot contre sa cousine Élisabeth I^{re}, qui la fit bien vite décapiter.

« La cryptographie est une bataille constante entre les inventeurs et les briseurs de codes, et on ne sait pas encore qui va l'emporter », dit Alain Tapp, professeur au département d'informatique et de recherche opérationnelle de l'Université de Montréal. Machinations déjouées, identités révélées, cartes au trésor énigmatiques, guerres perdues ou gagnées ; l'astuce des concepteurs de codes et l'acharnement des déchiffreurs ont plusieurs

fois changé le cours de l'histoire.

Marie Stuart aurait peut-être eu la vie sauve si elle avait su qu'une simple substitution de caractères ne résiste pas longtemps à un œil averti. Les savants arabes, à qui l'on doit l'invention de la cryptanalyse (le décodage), l'avaient découvert dès le IX^e siècle. Dans toute langue, certaines lettres sont plus courantes que d'autres. Il suffit donc de repérer les symboles qui apparaissent le plus souvent dans le texte chiffré et de les associer aux lettres les plus fréquentes de la langue d'origine. En français, les caractères arrivant au premier, deuxième et troisième rang dans le message codé correspondraient au « e », au « a » et au « s ». Un jeu d'enfant qui était pourtant demeuré impénétrable pendant des siècles !

Cette technique de déchiffrement, appelée analyse de fréquences, aurait déjoué Jules César tout aussi facilement si elle avait été connue à son époque. L'empereur romain avait l'habitude de décaler l'alphabet de trois lettres pour crypter ses messages. Au lieu de « Veni, vidi, vici », sa célèbre phrase se serait ainsi traduite par « Yhql, ylgf, ylfj » !



a cryptographie doit beaucoup au zèle de quelques érudits qui se sont évertués dans l'ombre à percer les grandes énigmes de leur temps, comme celle de la légende de l'homme au masque de fer.

Ce personnage, pensait-on, n'aurait été nul autre que le frère jumeau de Louis XIV, de huit heures son cadet, emprisonné pour l'empêcher de prétendre au trône. La clé de l'énigme était enfouie quelque part dans les archives du XVII^e siècle, préservée grâce au « Grand Chiffre de Louis XIV », réservé aux messages les plus secrets du roi. Et il a fallu attendre la fin du XIX^e siècle pour que soit brisé ce code numérique. C'est Étienne Bazeries, cryptographe dans l'armée française, qui réussit cet exploit en s'attaquant à une liasse de lettres cryptées, un charabia composé de 587 nombres différents. Pressentant qu'une suite de chiffres répétée plusieurs fois par page (124-22-125-46-345) représente « les-en-ne-mi-s », il comprend que chaque nombre remplace une syllabe. Après des mois de tâtonnement, Bazeries reconstitue enfin la table de déchiffrement... et découvre que l'homme au masque de fer était en fait Vivien de Bulonde, un général emprisonné pour avoir déguerpé devant l'ennemi et qui fut en outre condamné à porter un masque lors de ses promenades sur les remparts.

Le codage entre dans une nouvelle ère lorsque les cryptographes

n o p q r s t u x y z
ø ∇ ∫ m f Δ ε c 7 8 9

abandonnent papier et crayon pour se tourner vers la mécanique et l'électricité. La guerre de 1914 avait convaincu les grandes puissances de se doter de moyens plus efficaces pour chiffrer leurs télégrammes et leurs échanges radio, systématiquement interceptés par l'ennemi. Tous avaient en tête le fameux « radiogramme de la Victoire », un message décodé de justesse en juin 1918, qui avait permis aux forces françaises de repousser une attaque allemande près de Paris, contribuant ainsi à la victoire des Alliés quelques mois plus tard.

La cryptographie est une bataille constante entre les inventeurs et les briseurs de codes, et on ne sait pas encore qui va l'emporter.



Entre les deux guerres, les Allemands se dotent donc d'un nouveau système, de la taille d'une machine à écrire mais d'une puissance sans précédent : la redoutable Enigma. Avant même qu'éclate le second conflit mondial, 30 000 exemplaires de l'appareil sont déjà déployés ; les communications allemandes sont devenues impénétrables.

Pour crypter un message, l'opérateur d'Enigma tape chaque lettre sur le clavier ; la lettre codée s'allume alors sur un panneau de voyants. Le texte chiffré est ensuite transmis par radio au destinataire, qui détient lui aussi une machine Enigma. Il tape le cryptogramme au clavier, et la machine lui renvoie le message clair sur le panneau lumineux. Tous deux doivent avoir réglé leur machine de la même façon, ces réglages constituant les « clés » d'Enigma. Modifiées chaque jour, elles sont répertoriées dans des carnets de codes dont disposent

tous les préposés aux communications.

L'appareil est équipé de trois brouilleurs, ou « rotors ». Ce sont de petites roues graduées qui peuvent être positionnées sur l'un de 26 crans – un pour chaque lettre de l'alphabet. La lettre tapée au clavier, transformée en signal électrique, passe par des câblages secrets situés à l'intérieur des rotors qui, chacun leur tour, effectuent une substitution. Chaque lettre est donc transposée trois fois – une fois par rotor – et chaque rotor peut chiffrer la lettre selon 26 alphabets différents. Les rotors eux-mêmes sont interchangeables : on peut les ordonner dans l'appareil de six façons. Finalement, un tableau de prises électriques relié au clavier permet de raccorder des paires de lettres, ce qui aura pour effet d'invertir leur signal avant qu'il pénètre dans le circuit des rotors. Toutes ces variables portent le nombre total de clés possibles à 10 millions de milliards !

Dès 1933, des decodeurs polonais avaient pourtant réussi à reconstituer des répliques exactes d'Enigma. À force d'intercepter des textes chiffrés, ils avaient fini par repérer certains cycles de lettres récurrents, à partir desquels ils sont arrivés à déduire la position initiale des rotors : une prouesse intellectuelle qui stupéfie encore les experts aujourd'hui. Mais à la fin de 1938, les Allemands ajoutent des composantes à leurs machines : le nombre de clés pos-

sibles bondit à 159 milliards de milliards ! C'est à Bletchley Park, un manoir victorien du nord de Londres, que les plus brillants cerveaux anglais se sont réunis pour briser ce code renforcé. Ils sont mathématiciens, linguistes, champions d'échecs et de bridge, experts cruciverbistes : une véritable armée de génies excentriques qui comptera plus de 8 000 personnes en 1945.

Chaque fois que les Allemands modifient leurs machines ou leurs protocoles, les cryptologues de Bletchley Park exploitent de nouvelles failles du système, trouvent des raccourcis inédits. Leur travail est considérablement facilité par un autre point tournant dans l'évolution de la cryptographie : l'invention des « bombes », d'énormes engins constitués de rotors reliés électriquement, qui épluchent automatiquement tous les réglages possibles à une vitesse que les Allemands n'avaient pas anticipée.

À la fin de la guerre, Bletchley Park abritera quelque 200 bombes, dont les plus rapides peuvent tester jusqu'à 20 280 combinaisons à la seconde. Elles peuvent percer en 50 secondes la clé d'une Enigma à trois rotors, et en 20 minutes celle des redoutables « M4 », les appareils à quatre rotors utilisés à bord des sous-marins. « Le mécanisme était élémentaire et non programmable, mais il faut se replacer dans le contexte des années 1940 pour mesurer l'exploit technologique que cela représentait, souligne Claude Crépeau, professeur d'informatique à l'Université McGill. C'était une première ébauche d'ordinateur, mise au point en relativement peu de temps, à une époque où le calcul automatisé en était à ses premiers balbutiements. »

La plupart des historiens estiment que les exploits réalisés à Bletchley Park ont au moins écourté les hostilités d'un an dans le Pacifique et de deux ans en Europe. Depuis Enigma, les experts en cryptographie ont compris l'importance d'éviter tout raccourci qui introduirait un biais dans le système, comme ceux qu'utilisaient les Allemands pour chiffrer leurs messages. En fait, un seul type de code est d'une sûreté absolue : le masque jetable, ou chiffre à usage unique. « Il repose sur trois principes, explique Alain Tapp. La clé secrète doit être aussi longue que le message à chiffrer, elle doit être parfaitement aléatoire et elle ne peut être utilisée qu'une seule fois. » À la fin des années 1940, Claude Shannon, le père de la théorie de l'information, a démontré mathématiquement son inviolabilité. Le hic, c'est que le masque jetable exige un stock de clés sans cesse renouvelé. Et le parfait hasard est une chose extrêmement difficile à fabriquer : de nos jours, la cryptographie repose plutôt sur des clés « pseudo-aléatoires » qui ont seulement l'apparence du vrai.

Car le masque jetable et ses clés parfaitement aléatoires sont réservés à ceux qui ont beaucoup de temps et de moyens à consacrer au cryptage de leur correspondance. Les dirigeants russe et états-unien, pendant la guerre froide, étaient de ceux-là : la ligne directe entre Washington et Moscou (le fameux téléphone rouge) était protégée par cette méthode. Des émissaires devaient acheminer les clés uniques aux interlocuteurs dans des valises diplomatiques, ces colis officiels scellés qui ne peuvent en aucun cas être ouverts ou retenus.

Bientôt, dans une valise près de chez vous : l'issue de la prochaine grande discorde mondiale !

→ Pour en savoir plus

>SINGH, Simon. *Histoire des codes secrets : de l'Égypte des pharaons à l'ordinateur quantique*, Éditions Jean-Claude Lattès, 1999.

>Enigma, long métrage réalisé par Michael Apted, 2001.

Le secret es



L'art de dissimuler des informations a bien changé. Aujourd'hui, il permet de sécuriser les transactions bancaires ou les communications sur Internet.

par Binh An Vu Van

Le problème a donné des maux de tête aux stratèges, aux espions et aux amants clandestins de tous les temps : comment transmettre un message que seul l'interlocuteur sera en mesure de déchiffrer ? Avec le développement d'Internet et des nouvelles technologies de l'information, cet art du secret – ou cryptographie – est devenu crucial. Car c'est sur la capacité de transmettre des informations secrètes que reposent la sûreté des transactions bancaires, du commerce électronique, des courriels sécurisés, des conversations chiffrées par téléphone cellulaire, des cartes à puce, etc.

Les deux systèmes de chiffage de données numériques longtemps les plus utilisés s'appellent DES (Data Encryption Stan-

es dans la clé

dard) et AES (Advanced Encryption Standard). Tous deux, encore largement répandus, reposent sur l'existence d'une clé secrète connue seulement des deux correspondants.

Mais dans les années 1970, les mathématiciens Whitfield Diffie et Martin Hellman jettent les bases d'un cryptosystème encore plus ingénieux. Leur hypothèse de départ : il est possible de tenir une conversation publique menant à un échange d'information secrète. Pour le prouver, ils inventent une fable mettant en vedette les deux personnages les plus célèbres de la cryptographie : Alice et Bob.

Alice veut envoyer une lettre à Bob en étant certaine qu'Ève (pour *eavesdropper*: « oreilles indiscreètes » en anglais) ne pourra pas lire le message.

Alice met son billet dans une boîte, la cadenasse et l'envoie. Bob reçoit la boîte, y ajoute son propre cadenas et la renvoie à Alice. Alice reçoit la boîte, enlève son cadenas grâce à sa clé, puis la renvoie. Bob reçoit la boîte, enlève lui aussi son cadenas grâce à sa clé et

lit sa lettre. Ève n'a rien pu intercepter puisqu'elle n'a aucune clé!

La fable d'Alice et Bob sera transposée en langage mathématique et informatique sous le nom de **RSA**, devenu aujourd'hui la protection la plus couramment utilisée dans le monde. On lui doit le développement phénoménal du commerce électronique et de l'ensemble des communications électroniques sécurisées.

Le fonctionnement de RSA diffère légèrement de celui suggéré par les premières aventures d'Alice et Bob. Il est basé sur un système à deux clés : l'une publique et l'autre privée. Alice choisit deux **nombre premiers** à partir desquels elle obtient une clé qu'elle garde secrète. Sur sa page Web personnelle, par exemple, elle rend public le résultat de la multiplication de ces deux nombres avec quelques autres informations nécessaires au décryptage du message. Bob n'a plus

Nombre premier : tout nombre seulement divisible par un et par lui-même. Exemple : 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, etc.

qu'à se servir de cette clé publique pour encoder son message avec l'assurance que seule Alice pourra le lire. Étrangement, et même si des millions de dollars sont en jeu, personne n'a encore réussi à prouver l'efficacité absolue de ce système. En fait, il repose entièrement sur l'impossibilité dans laquelle nous sommes actuellement de factoriser rapidement de grands nombres en nombres premiers, une opération qui exige plusieurs années de calcul

Internet: deux clés valent mieux qu'une

Avant d'entrer votre numéro de carte de crédit dans un site Internet, assurez-vous que l'adresse de la page soit introduite par « https ». Vous saurez alors que les données envoyées sont chiffrées grâce au cryptosystème DES ou AES, et pas seulement par RSA. Pour cela, votre ordinateur et celui du commerçant doivent contenir une clé que le cryptosystème RSA se charge de vous attribuer au début de la communication.

Pourquoi conserver un système à clé secrète et ne pas confier tout le secret à RSA? Parce que ce dernier s'avère nettement plus lent pour crypter de longs messages.

aux ordinateurs les plus performants. Il y a donc peu à craindre des pirates informatiques de ce côté-là. Ils s'attaquent plutôt aux failles de mise en place des systèmes de sécurité, aux faiblesses des serveurs, des systèmes d'exploitation ou des réseaux.

Mais ce n'est peut-être qu'une question de temps, car un informaticien du Massachusetts Institute of Technology à Boston, Peter Shor, a créé un algorithme qui permet de factoriser en un claquement de doigts de grands nombres en nombres premiers. Cela dit, la technologie pour mettre cet algorithme en pratique n'existe pas encore. Il s'agit de l'ordinateur quantique, une machine exploitant les propriétés surprenantes de l'univers des atomes.

Alors que les bits traditionnels ne peuvent prendre que les valeurs 1 ou 0, leurs équivalents quantiques, les « qubits » (pour *quantum bits*), peuvent être à la fois 1 et 0. Deux qubits peuvent donc théoriquement exprimer ce qu'expriment quatre bits. Dix

qubits peuvent remplacer 2^{10} bits (1 024 bits) et 300 qubits... autant de bits qu'il y a d'atomes dans l'Univers! Grâce à cette puissance de calcul, la factorisation rapide de grands nombres en nombres premiers pourrait vite devenir réalité. Ce serait d'ailleurs l'application initiale imaginée pour les ordinateurs quantiques.

Après une quête de la sécurité absolue de près de 4 000 ans, nous y sommes presque, enfin. **CS**

→ Pour les concours de la RSA Security

<http://www.rsasecurity.com/rsalabs/node.asp?id=2093>

Numéros gagnants

Quels sont les deux **nombre premiers** qui, multipliés l'un par l'autre, donnent : 740375634795617128280467960974295731425931888892312890849362326 389727650340282662768919964196251178439958943305021275853701189 680982867331732731089309005525051168770632990723963807867100860 96962537934650563796359? Pour la RSA (l'une des plus importantes firmes spécialisées en sécurité informatique), cette information vaut de l'or. Et celui qui saura y répondre empochera environ 35 000 \$.

À ce jour, le plus long nombre factorisé est de 192 chiffres. L'équipe qui a réalisé cet exploit, en novembre 2005, a reçu 23 000 \$ de la RSA. Pour y parvenir, les gagnants ont utilisé la puissance de calcul de 80 processeurs Opteron de 2,2 GHz pendant cinq mois.

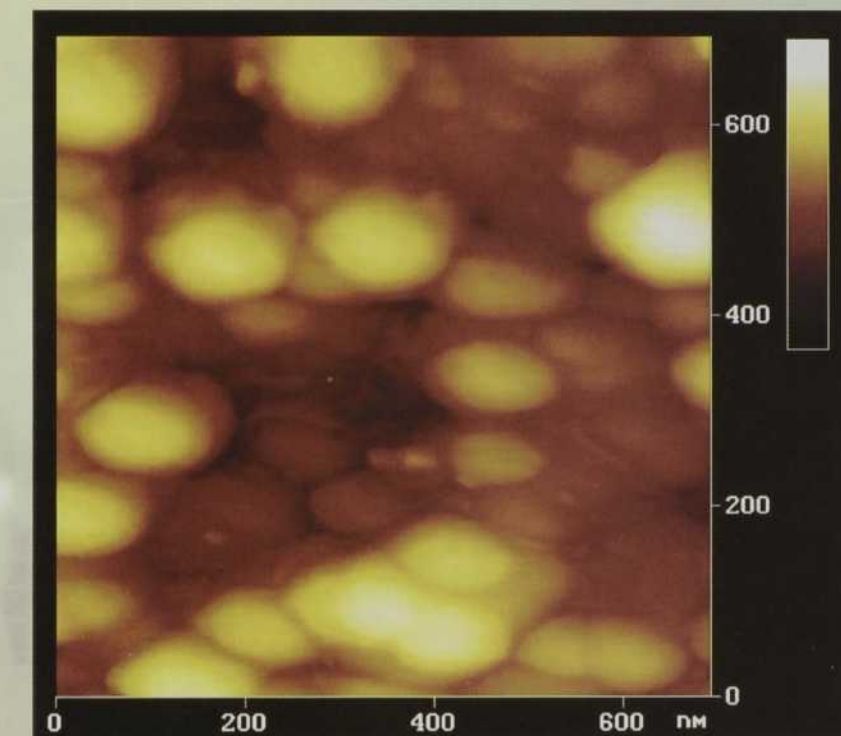
De nos jours, les clés utilisées pour le cryptosystème RSA sont des nombres de 1 024 bits, c'est-à-dire de 309 chiffres. Les experts estiment que de telles clés suffiront à nos besoins jusqu'en 2010.

Proprement petites

Piles à l'hydrogène, production d'eau potable presque sans chlore, voitures propres... Pour bien des chercheurs, la diminution de la pollution passe par la réduction à l'échelle nanoscopique. Et bien qu'elles soient petites, les nanotechnologies font déjà largement leur part pour protéger l'environnement.

«De façon générale, quand on aborde la question de la protection environnementale, les gens pensent tout d'abord aux coûts supplémentaires qui seront engendrés», croit Robert Hausler, chercheur à la Station expérimentale des procédés pilotes en environnement et professeur à l'École de technologie supérieure de Montréal. Mais les nanotechnologies, de plus en plus utilisées dans le domaine de l'environnement, pourraient bientôt changer les mentalités. «Les coûts actuels du traitement de l'eau, par exemple, sont énormes: les usines d'épuration consomment beaucoup d'énergie avec leurs pompes et leurs instruments, souligne le docteur Hausler. Mais cela pourrait changer si l'on mettait au point des techniques moins énergivores.» Les scientifiques pourraient ainsi réduire les besoins énergétiques... ainsi que les coûts qui y sont associés. Un argument convaincant pour inciter les investisseurs à prendre le virage nanotechnologique.

En collaboration avec l'École nationale supérieure des mines de St-Étienne, en France, le docteur Hausler et son équipe travaillent justement à développer des molécules capables d'épurer les eaux, une alternative plus écologique que les processus actuellement utilisés. La cible de Robert Hausler? Les eaux de débordement: «Toutes les villes ont des stations d'épuration, mais quand il pleut beaucoup, l'excès d'eau qui ne peut pas être traité est renvoyé à la rivière, explique le chercheur. Ces rejets contiennent souvent des bactéries, des virus qui peuvent contaminer les cours d'eau. On développe donc des macromolécules pour essayer de les détruire, tout comme les polluants métalliques ou organiques qui pourraient s'y retrouver.» Les molécules épuratrices sont fabriquées sur mesure: «On a préféré les construire de toutes pièces plutôt que d'utiliser des particules d'origine



Membrane photographiée à l'aide d'un nanoscope à force atomique. Les pores ici illustrés mesurent environ 1 nm de rayon équivalent. Source: Rémy E. Lebrun.

naturelle. Cela s'inscrit directement dans l'esprit des nanotechnologies», ajoute le docteur Hausler.

Parmi ces nouvelles particules, on compte notamment les membranes de nanofiltration, l'une des avenues les plus prometteuses en matière de traitement de l'eau. «On exploite les interactions entre les molécules comme la répulsion électrostatique, précise Rémy E. Lebrun, chercheur à l'Université du Québec à Trois-Rivières. À l'échelle nanoscopique, les forces entre les particules sont de très haute intensité et agissent sur de très faibles distances. Les membranes sur lesquelles nous travaillons sont des systèmes poreux qui vont nous permettre d'utiliser ces forces à notre avantage.»

L'une de ces utilisations consisterait à retenir certains types de polluants de manière très précise. «Nous créons des membranes qui, grâce à leurs propriétés physico-chimiques, attirent les particules indésirables et laissent passer les autres que l'on souhaite conserver», explique le docteur Lebrun. La préconcentration de l'eau d'érable serait d'ailleurs l'une des «plus belles applications de ces membranes actuellement en usage au Québec, poursuit-il. On prend l'eau des arbres, on la filtre et l'on concentre les sucres par nanofiltration, mais on conserve aussi certains sels qui permettent de garder toutes les propriétés organoleptiques de l'eau d'érable.» Un véritable délice technologique.



nano
québec

l'avenir des nanos est ici
nanotech's future is here

nanoquébec.ca

Mais les membranes de nanofiltration peuvent faire beaucoup plus: la ville de Lebel-sur-Quévillon, dans le nord du Québec, possède depuis quelques années une usine de traitement de l'eau potable qui exploite cette technologie. «Le gros avantage de ce procédé, c'est qu'on enlève la matière organique de l'eau. Auparavant, on réalisait cette opération à l'aide de chlore que l'on ajoutait à l'eau. Maintenant, on va continuer à en utiliser pour la sécurité des consommateurs, mais seulement en très petites quantités. Le goût de l'eau est donc meilleur et l'on dépense moins d'argent en produits chimiques que si l'on traitait directement l'eau d'un lac, ce qui se fait encore dans certaines municipalités», ajoute le docteur Lebrun.

Les membranes de nanofiltration pourront aussi servir dans le traitement d'autres liquides ou de gaz, pour le dessalement d'eau de mer ou même pour l'élimination de particules radioactives ou de vapeurs dans l'air. «On fait aussi de la récupération, soutient le docteur Lebrun. Quand ça en vaut la peine et qu'ils sont bien conçus, nos systèmes permettent de récupérer des acides ou des gaz qu'on peut réintroduire dans les procédés de fabrication, sans les rejeter dans l'environnement. On a également développé des systèmes de régénération d'acides usés qui sont utilisés dans l'industrie électronique. Dans les bains de gravure ou d'électroplacage, on peut maintenant recycler des métaux dangereux pour l'environnement.»

«On s'achemine vers la chimie verte, la *green chemistry*, croit pour sa part Raymond Le Van Mao, professeur de chimie industrielle et chercheur à l'Université Concordia. Les nanoboîtes de silice développées par ce scientifique s'inscrivent justement dans cette lancée: «Non seulement peuvent-elles éliminer directement certains polluants atmosphériques ou en phase liquide, mais leur structure nanométrique solide leur permettra de réaliser des réactions catalytiques qui raccourciront les processus de fabrication.» Un avantage important pour les industriels qui pourraient ainsi voir diminuer leurs coûts de production. «Je prévois pour ce type de nanocomposés de nombreuses applications commerciales importantes qui mettront le Québec à l'avant-garde de la science nanotechnologique», prédit le docteur Le Van Mao.

Donnez-moi de l'hydrogène

Au Réseau québécois sur les piles à combustible et l'hydrogène (PACH₂), on cherche plutôt à développer des sources d'énergie plus écologiques que celles actuellement en vogue. Selon le site Internet du Réseau, pas moins de 75 % de l'énergie planétaire mondiale proviendrait de combustibles fossiles comme le pétrole, le charbon ou le gaz naturel. En plus d'être non-renouvelables, ces combustibles entraînent l'émission de polluants et de gaz à effet de serre dont les conséquences sur la santé et l'environnement se font sentir depuis longtemps.

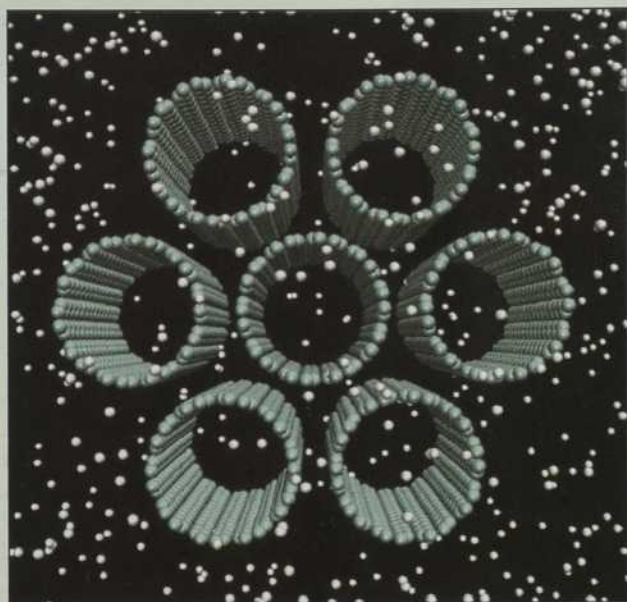
Voilà donc pourquoi Pierre Bénard, chercheur au département de physique et à l'Institut de recherche sur l'hydrogène de l'Université du Québec à Trois-Rivières, mise tant sur les possibilités de l'hydrogène. «On pourrait notamment utiliser ce gaz comme carburant pour les voitures. L'avantage pour l'environnement, c'est qu'il n'y aurait pas – tout dépendant de la façon dont on produit l'hydrogène – d'émissions de CO₂ ni même de composés de carbone ou de particules de pollution qui seraient normalement émis par les véhicules.»

L'hydrogène se laisse cependant désirer: il n'existe à peu près pas sur la Terre sous forme naturelle. On ne peut donc pas le puiser directement du sol comme le pétrole. Les scientifiques doivent plutôt l'extraire à partir d'autres matières comme de l'eau (par électrolyse) ou en utilisant d'autres procédés pour le retirer d'autres molécules comme du méthane ou du gaz naturel.

Une fois l'hydrogène isolé, il reste à le stocker en quantité suffisante. «Le problème, c'est que ce gaz a une très faible densité, explique Pierre Bénard. Si l'on veut l'utiliser comme carburant dans une voiture ou dans une pile à combustible pour alimenter un téléphone cellulaire, il faut augmenter la densité d'hydrogène que l'on met dans un réservoir.» À l'heure actuelle, c'est par compression qu'on emmagasine le gaz. «Mais on est limité par ce procédé et il coûte cher, indique le docteur Bénard. Nous nous servons donc de nanomatériaux pour dissoudre l'hydrogène et réduire la pression de stockage, qui est l'un des problèmes de la compression.» Le carbone semble être le matériau de prédilection pour réaliser cette opération, qu'il s'agisse de charbon activé classique, de nanotubes ou encore de nanofibres de carbone. «Nous allons parfois doper ces matériaux avec des métaux et les traiter chimiquement de différentes façons pour essayer d'augmenter le stockage d'hydrogène en changeant la nature de leurs surfaces», ajoute Pierre Bénard.

Et qu'en est-il des risques potentiels de ce gaz comme carburant? Pas grand chose, à en croire Pierre Bénard: «Les risques de l'hydrogène sont sensiblement les mêmes que l'on retrouve avec d'autres types de carburants, affirme-t-il. Ce qui est le plus dangereux, c'est la possibilité d'explosion, mais c'est la même chose avec d'autres combustibles.»

L'existence d'un parc automobile fonctionnant entièrement à l'hydrogène n'est cependant pas pour demain. En effet, la communauté scientifique ne prévoit pas pouvoir mettre au point un prototype commercialisable avant 15 ou 20 ans. Toutefois, pour les micro-applications comme les piles pour les ordinateurs portables, les échelles de temps sont beaucoup plus réduites. «On peut déjà avoir des densités énergétiques intéressantes qui nous permettraient de remplacer les piles au lithium qui sont utilisées actuellement, croit Pierre Bénard. On n'est pas très loin d'avoir un gain net sur les technologies actuelles.»



Phénomène d'absorption de l'hydrogène à température pièce: faisceau de nanotube de carbone en présence de molécules d'hydrogène. Source: Pierre Bénard.

Ne touchez pas

LES MÉDECINS FONT-ILS

par Catherine Dubé

Le cancer fait peur. Trop peur pour rien ! C'est un médecin qui le dit. Le docteur Fernand Turcotte, 64 ans, prêche par l'exemple : « Je n'ai jamais subi de test de dépistage du cancer de la prostate. Si je suis atteint, je ne veux pas le savoir ! » Cet épidémiologiste, professeur à l'Université Laval, est convaincu que cette peur nous entraîne sur une pente dangereuse. On fait trop de dépistage, estime-t-il, et cela a des conséquences très fâcheuses : tests et traitements inutiles, anxiété, etc.

Il vient de traduire le livre d'un confrère américain, le docteur Gilbert Welch, dont le titre donne le ton : *Dois-je me faire tester pour le cancer ? Peut-être pas et voici pourquoi.*

À son âge, le docteur Turcotte aurait déjà subi au moins six ou sept tests s'il s'était plié aux recommandations en vogue visant à s'assurer de la bonne santé de la prostate des Québécois de plus de 50 ans. S'il n'en a rien fait, ce n'est pas qu'il n'aime pas la vie. C'est plutôt que le cancer de la prostate n'est pas ce tueur redoutable que l'on craint. « Pour la majorité des hommes, c'est une pseudo-maladie : ça ne les tue pas et ça ne les rend même pas malades ! » affirme le médecin.

Ce type de tumeur évolue tellement lentement que la plupart de ceux qui en sont atteints meurent « avec » leur cancer plutôt que « du » cancer. Des autopsies menées sur des hommes de 60 ans et plus, décédés d'autres causes, ont montré que plus de la moitié avaient une bosse à la prostate sans même le savoir ! « Cette maladie deviendra un problème de santé publique seulement si l'espérance de vie est un jour de 120 ans », dit le docteur Turcotte.

Si au moins les tests de dépistage permettaient de repérer à coup sûr les cancers réellement dangereux, comme celui qui a



L'épidémiologiste
Fernand Turcotte :
« Si j'ai le cancer
de la prostate,
je ne veux pas
le savoir ! »

LOUISE BILDEAU

À mon cancer !

ROP DE DÉPISTAGE ?

emporté le musicien Frank Zappa en 1993 et l'ancien président français François Mitterand en 1995. Mais ce n'est pas le cas. Ce sont justement ceux-là qu'on risque le plus de rater, car ils se développent très rapidement, souvent entre deux tests annuels.

Fernand Turcotte a aussi une dent contre les outils de dépistage eux-mêmes, qu'il juge peu fiables. Le toucher rectal, honni des hommes aux tempes grisonnantes, ne permet de déceler que la moitié des cancers. Les médecins comptent aussi sur le dosage de l'antigène prostatique spécifique (APS), une protéine sécrétée par la prostate, que l'on peut détecter dans le sang. Si le taux de cette protéine est supérieur à 4 nanogrammes par millilitre de sang, cela peut être le signe d'une activité cancéreuse. Mais, parfois, cela indique simplement un grossissement de la prostate. Or, cet organe prend du volume chez presque tous les hommes dans la soixantaine !

En fait, près de 80 % de ceux dont l'un des tests (toucher rectal ou APS) est positif n'ont pas le cancer. Mais pour en avoir le cœur net, ils doivent se soumettre à une biopsie, un examen encore plus désagréable, qui consiste à insérer une aiguille (on devine par quel orifice...) dans la prostate, de façon à prélever de tous petits échantillons de tissu qui pourront être analysés au microscope.

« Si la biopsie révèle une bosse, la plupart des hommes ont le même réflexe, celui de dire à leur médecin : "Enlevez-moi ça !" », affirme le travailleur social Robert Fontaine, qui est lui-même passé par là. Aujourd'hui, il anime à Québec un groupe de soutien mis sur pied par la Fondation québécoise du cancer, pour des hommes atteints de ce mal. « Pour la plupart des gens, un diagnostic de cancer est synonyme de mort. » Ce qui est faux, dans la majorité des cas de cancers de la prostate. Et ce, qu'ils soient ou non traités.

En 1995, l'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS) estimait que 84 % des cancers détectés par dépistage précoce ne s'avèreraient pas mortels, même s'ils n'étaient pas traités. Pis en-

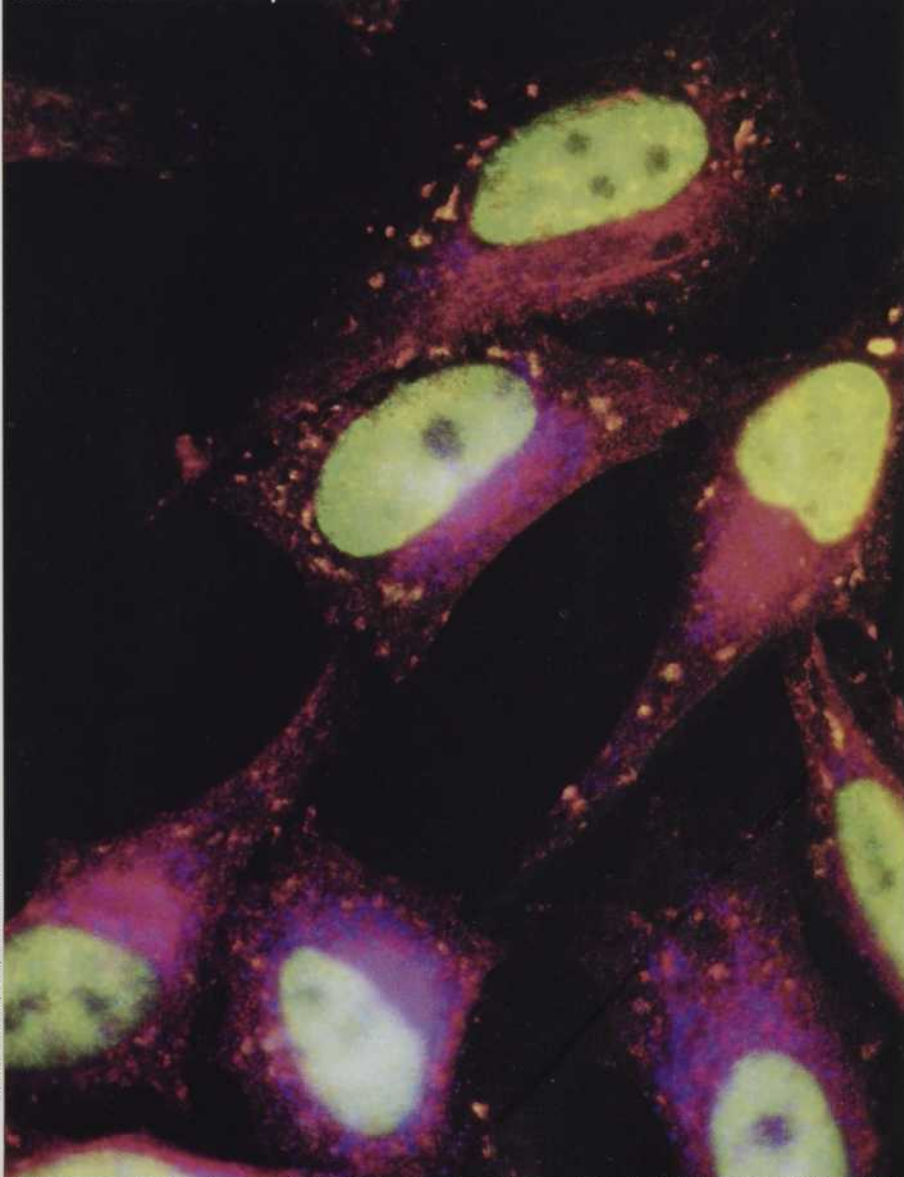
core : sur 100 hommes à qui on aurait ôté la prostate, un seul serait vraiment mort sans cette opération. Le rapport publié sur la question par l'AETMIS date d'il y a 10 ans, mais aucune étude d'envergure n'a encore pu prouver le contraire.

Fernand Turcotte estime même que le remède est parfois pire que le mal. Les statistiques laissent en effet songeur. Pour 100 ablations de la prostate, on dénombre en moyenne 7 cas de complications graves

(infarctus ou embolie pulmonaire), 10 cas d'incontinence totale ou partielle et 60 cas d'impuissance chez des hommes dont les fonctions sexuelles étaient pourtant normales avant la chirurgie. « Est-ce plus agréable de finir sa vie avec un cancer inoffensif ou avec une couche ? » s'interroge Fernand Turcotte.

Quand des hommes en pleine forme, à qui on vient de diagnostiquer une tumeur à la prostate, viennent le voir, l'épidémiologiste

Cellules cancéreuses de la prostate



N. KEDERSHA/SPL/PHOTO

leur recommande tout simplement de l'ignorer. Il va même plus loin : il voudrait que l'on cesse toute forme de dépistage ! « Éthiquement, on n'a pas le droit de proposer des tests et des traitements qui n'apportent aucun bénéfice aux patients », dit-il.

Quand un homme a des symptômes inquiétants, par contre, c'est une autre histoire. « Dans ces cas-là, bien sûr qu'il faut diagnostiquer et traiter », poursuit le docteur Turcotte. Ce qu'il déplore, c'est le dépistage précoce, celui qu'on fait subir à des gens en parfaite santé sous le seul prétexte qu'ils viennent de franchir la barre des 50 ans.

L'omnipraticien Gilles Pineau a une tout autre opinion. Vice-président de la division québécoise de la Société canadienne du cancer, il se soumet religieusement à tous les tests de dépistage disponibles et les propose à ses patients,

symptôme... jusqu'à la fin. « Il y a 20 ans, 50 % des cas étaient diagnostiqués alors que des métastases étaient déjà présentes dans l'organisme. Aujourd'hui, seulement 10 % des cancers détectés en sont déjà à ce stade », souligne le docteur Saad.

Environ 900 Québécois sont emportés par le cancer de la prostate chaque année. Ce chiffre relativement peu élevé cache cependant une cruelle réalité. « Les patients qui meurent d'un infarctus, par exemple, ne comptent pas dans les statistiques du cancer. Mais certains ont le temps de beaucoup en souffrir. C'est l'un des cancers les plus douloureux, à cause des métastases qui se logent dans les os », poursuit l'urologue.

Malheureusement, le dépistage ne prémunit pas contre le pire. Parlez-en à la famille de Gabriel Lessard. Cet homme de Québec est décédé alors qu'il s'était porté volontaire pour participer à une recherche visant justement à dépister le

Après tout, les médecins sont formés pour diagnostiquer des maladies !

Mais plus on cherche, plus on trouve. Le corps humain est une formidable pépinière à cancers. Tous les jours, des cellules un peu bizarres surgissent dans l'un ou l'autre de nos organes. Le système immunitaire les combat de son mieux et s'en tire plutôt bien, car nous ne mourons pas tous du cancer !

Alors qu'auparavant, ces petites erreurs de la nature passaient inaperçues, elles nous sont aujourd'hui révélées par des outils de plus en plus perfectionnés. Au Japon, on a réalisé un dépistage de masse auprès de 4 000 volontaires, grâce à une nouvelle technologie qui permet d'obtenir des images du poumon : le scanner en spirale. On a trouvé 10 fois plus de cancer du poumon qu'avec une radiographie ordinaire. Et on a repéré

Le corps humain est une formidable pépinière à cancers. Tous les jours, des cellules un peu bizarres surgissent dans l'un ou l'autre de nos organes. Le système immunitaire les combat de son mieux et s'en tire plutôt bien, car nous ne mourons pas tous du cancer !

surtout s'il y a déjà eu des cancers dans la famille. « Il y aura toujours des cas particuliers, reconnaît Fernand Turcotte. Mais à l'échelle d'une population, les chiffres montrent que le dépistage systématique fait plus de tort que de bien. » Là-dessus, personne ne le contredira. Pas même la Société canadienne du cancer. « Les outils actuels ne sont pas suffisamment fiables pour organiser un programme de dépistage national du cancer de la prostate », convient le docteur Pineau.

Médecin spécialiste au Centre hospitalier de l'Université de Montréal, le docteur Fred Saad soigne de nombreux malades en phase terminale. Ce réputé urologue ne prône pas non plus le toucher rectal pour tous, mais son travail quotidien lui fait croire que le dépistage précoce a du bon. « Près de la moitié des patients que je traite finissent par mourir de leur cancer, dit-il. Pour la majorité, ce sont des hommes dont la maladie a été découverte trop tard. Ils auraient tous souhaité être pris en charge à temps. » Car le cancer de la prostate peut être très pernicieux et n'engendrer absolument aucun

cancer de la prostate. Ce n'est pas l'équipe de la recherche à laquelle il s'est soumis qui a dépisté sa tumeur, mais un urologue de l'hôpital de l'Enfant-Jésus à Québec. Les chercheurs auraient omis d'informer M. Lessard des anomalies remarquées à sa prostate. Ce dernier les a poursuivies, mais il est décédé avant que son fils ne règle finalement l'affaire hors cour en novembre 2005, après presque 10 ans de procédures.

Des poursuites contre des médecins ayant mal interprété des résultats de tests ou tardé à poser un diagnostic auprès d'un patient se plaignant de symptômes, il y en a. Mais les médecins n'ont guère à craindre les procès pour avoir omis d'offrir un dépistage à une personne en bonne santé, au Canada en tout cas. De mémoire de syndic, jamais une plainte de cette nature n'a même été déposée au Collège des médecins.

Ce qui motive les praticiens québécois à utiliser le dépistage, c'est la volonté de ne pas « passer à côté » d'un cancer. « Plus on le détecte tôt, plus on améliore les chances de survie », dit le docteur Gilles Pineau.

presque autant de tumeurs chez les non-fumeurs que chez les fumeurs ! Bref, après un tel examen, des non-fumeurs en parfaite santé se sont découverts tout à coup cancéreux.

Mais s'agit-il bien d'un cancer ? Pour le confirmer, il faut passer une batterie de tests effrayants et désagréables, qui engendrent inconfort et anxiété. Le docteur Turcotte appelle cela la « panique au cancer ».

Depuis l'instauration, en 1998, du programme québécois de dépistage du cancer du sein (chaque province a le sien), beaucoup de femmes se retrouvent plongées dans cette « panique ».

L'infirmière Louise Bouchard, chercheuse à l'Université de Montréal, en a étudié l'impact psychologique. En 2003, 20 000 des 210 000 femmes ayant subi une mammographie ont reçu une lettre ou un coup de téléphone les avisant qu'on avait détecté une anomalie. La majorité n'avait finalement pas de cancer. « Mais la moitié de ces femmes ont été passablement inquiètes jusqu'à ce que ce diagnostic soit écarté. » Dans l'attente des résultats, elles passent de l'anxiété à la

panique, perdent l'appétit, ont de la difficulté à trouver le sommeil. Cela en mène certaines jusqu'à la dépression.

Fernand Turcotte ne remet pas en question ce programme de dépistage. « Les données prouvent qu'il réduit la mortalité par cancer du sein », dit-il. Tout comme le dépistage par le test Pap d'ailleurs, qui a fait diminuer le taux de mortalité du cancer du col de l'utérus de 60 % depuis 1977.

Mais l'épidémiologiste s'inquiète du fait qu'on fait sonner le système d'alarme à la moindre lésion suspecte. C'est un fait méconnu, mais l'évaluation est un art plutôt subjectif! L'œil rivé à leur microscope, les pathologistes observent les cellules prélevées lors de la biopsie; ils s'entendent tous sur ce qui est visiblement normal ou notoirement cancéreux. C'est une autre paire de manches avec les cellules anormales de ce qui est peut-être le début d'un cancer... Dans le doute, plusieurs choisissent l'option cancer.

Or, beaucoup de ces micro-tumeurs pourraient probablement rester là des années sans causer le moindre mal à leurs porteuses, croit le docteur Turcotte. Des chercheurs du Centre médical de l'université Vanderbilt, au Tennessee, ont examiné des biopsies datant des années 1960, en cherchant à savoir ce qu'il était advenu des femmes qui les avaient subies. Dans l'étude, publiée en 2005 dans *Cancer*, ils affirment que moins de 40 % de ces micro-cancers étaient devenus envahissants, parfois au bout de plus de 20 ans. La majorité étaient donc demeurés microscopiques, même si les patientes n'avaient pas été traitées.

« Les médecins sont des gens d'action. Comme ils sont incapables de déterminer

Faut-il avoir peur du cancer ?

Deux Canadiens sur cinq auront le cancer au cours de leur vie; un Canadien sur quatre en mourra. C'est peut-être à cause de ces statistiques que cette maladie fait peur. Ce qu'on oublie, c'est que ces chiffres sont gonflés à bloc par le cancer du poumon qui devance, de très loin, tous les autres aux chapitres de l'incidence et de la mortalité. Et celui-là, ce n'est pas avec le dépistage qu'on réussira à le faire diminuer. « C'est en arrêtant de fumer! » dit le docteur Gilles Pineau, vice-président de la division québécoise de la Société canadienne du cancer.

Le cancer du sein peut tuer lui aussi. « Mais peu, en comparaison! » dit l'épidémiologiste Fernand Turcotte. La Société canadienne du cancer estime que le cancer du poumon fauchera 19 300 vies (dont celles de 8 600 femmes) en 2006, alors que le cancer du sein en emportera 5 300.

Quant aux femmes qui ont 60 ans, avant leur soixante-dixième anniversaire leur risque d'être atteintes du cancer du sein est de seulement 3,1 %. De quoi se rendre à son rendez-vous de mammographie le cœur un peu plus léger...

quelles tumeurs resteront petites et lesquelles grossiront, ils les enlèvent toutes. Résultat: du "surdiagnostic" et du "surtraitement" », poursuit le docteur Turcotte.

Il y a 15 ans, la journaliste Michèle Labrèche-Larouche a fait les frais d'un faux diagnostic. Après une mammographie, son médecin lui a annoncé qu'elle avait une tumeur maligne au sein gauche et qu'il fallait l'opérer d'urgence. C'est le choc, mais elle retrouve vite son sang-froid. « Je ne me sentais pas du tout malade! Je n'avais pas envie de vivre le risque d'une anesthésie générale pour rien, se souvient-elle. J'ai refusé l'intervention et j'ai consulté d'autres spécialistes. » L'un d'eux lui a finalement dit... qu'elle n'avait rien du tout à part des seins plein de kystes.

On lui avait fait le même coup une dizaine d'années auparavant. Les outils de diagnostic étant moins perfectionnés qu'aujourd'hui,

son médecin lui avait annoncé qu'il fallait lui ouvrir le sein pour vérifier la malignité de la tumeur. Par bonheur, elle n'avait pas le cancer. Mais elle a gardé de l'intervention un très mauvais souvenir et une cicatrice.

Aujourd'hui dans la soixantaine, Michèle Labrèche-Larouche n'est pas contre le dépistage pour autant. En 1997, grâce à un test Pap de routine, son médecin a découvert qu'elle avait le cancer de l'utérus. Un vrai, cette fois. Elle s'est soumise à la chirurgie sans regimber, ce qui lui a sauvé la vie. Comme quoi, le dépistage peut être très utile. À condition de faire preuve de discernement. **CS**

→ Faisons-nous trop de dépistage?

Donnez votre opinion sur notre site www.cybersciences.com

Bientôt dans Québec Science

Ces mystères démystifiés



Les pistes de la Nazca; la pyramide de Khéops; l'île de Pâques; le Déluge; l'Atlantide... Ces mystères font rêver depuis des

générations. Les scientifiques ont trouvé le moyen de mieux les comprendre. Une incursion inusitée dans des mondes oubliés.

Urgence culture scientifique

Michel Côté a conçu le Musée de la civilisation de Québec. Ce visionnaire éclectique œuvre maintenant à mettre sur pied le musée des Confluences, à Lyon en France. Objectif: créer un lieu pour réconcilier culture et science. Utopie?



Forêts : alerte à la sécheresse

Il fait plus chaud. Les forêts boréales s'assèchent plus facilement et deviennent plus vulnérables aux incendies. Comment, dans ces conditions, les exploiter durablement?



Science Culture

»»» par Mélanie Saint-Hilaire

Paradis terrestre

Tous au jardin! Une invitation du musée du château Ramezay, qui nous ramène aux débuts de la botanique.

En 1601, Jean Robin, apothicaire du roi Henri IV, reçoit de Samuel de Champlain un cadeau précieux : un jeune arbre de Nouvelle-France. Le maître ès herbes médicinales plante dans son jardin de Paris ce qui deviendra une beauté épineuse aux fleurs blanches et au parfum entêtant. Le *Robinia pseudoacacia*, ou robinier, ne lui donnera aucune substance utile en pharmacie. Mais jamais il ne sera déraciné, car il a une valeur inestimable, ce témoin du Nouveau Monde.

Encore aujourd'hui, le beau feuillu embaume le Jardin des plantes, à Paris. Sa fragrance est une ode à la gloire de la botanique, une science qui se développa aux XVII^e et XVIII^e siècles.

Dès 1492, la découverte de l'Amérique fait bourgeonner dans la tête des savants le désir de mieux comprendre le monde vivant. De leurs voyages au bout du monde, les explorateurs rapportent des centaines de pousses et de graines inconnues. D'abord, des aliments étranges : pomme de terre, maïs, haricot, tomate, ananas, cacao. Puis des remèdes inespérés. En 1544, l'apothicaire parisien Pierre Quthe cultive dans son jardin la « racine de méchoacan » des « Indes Occidentales » (jalap du Mexique). « Douez de singulières vertuz », ce purgatif est employé contre toutes les maladies. L'« herbe petum », le tabac rapporté d'Amérique en 1560, passe pour guérir « viscères chancreux, écrouelles, ulcères »!

Peu à peu, le jardin devient un haut lieu d'échanges scientifiques, où se croisent apothicaires, voyageurs et botanistes. Sous Louis XIV, le médecin royal Guy de la Brosse crée le Jardin des plantes pour

acclimater et étudier les végétaux du monde, tandis que le jardinier royal Jean-Baptiste de La Quintinie perfectionne le forçage afin d'offrir aux convives de Versailles oranges, fraises et raisins en toute saison. La botanique, sous-discipline de la médecine, devient une science à part entière. Et elle éclot comme une fleur. En 1708, Sébastien Vaillant découvre la sexualité des plantes; en 1735, Carl von Linné publie sa classification rationnelle des êtres vivants.

C'est cette fascinante aventure que relate *Jardiner à Paris au temps des rois*, une exposition du Muséum national d'histoire naturelle de France présentée du 18 mai au 1^{er} octobre au château Ramezay, dans le Vieux-Montréal. Les curieux pourront s'y remémorer la naissance de la botanique, la découverte du chocolat et du café, et l'invention des remèdes végétaux les plus bizarres.

Mais aussi, ils pourront découvrir le charmant Jardin du gouverneur qui se cache derrière le Château. Dans un verger et un potager dessinés à l'équerre croissent poiriers et groseilliers, vignes et melons, et quantité de légumes. La fontaine à tête de bœuf, dans la section d'agrément, est sertie de pivoines, de roses et de résédas. Au pied du mur d'enceinte, des herbes aromatiques et médicinales, telles la livèche et l'hysope, montent la garde contre les insectes. « C'est l'un des rares jardins fidèles à l'époque de la Nouvelle-France », souligne Martin Fournier, chargé de projet à l'Université Laval et auteur de *Jardins et potagers en Nouvelle-France* (Septentrion, 2004).

En modèle réduit, toutefois. À l'époque où le gouverneur de Mont-

À l'époque où le gouverneur de Montréal y résidait, le château Ramezay avait un jardin qui couvrait six fois plus de terrain que ses actuels 750 mètres carrés. C'était un jardin géométrique à la française dans le style de Versailles.

réal y résidait, la verdure couvrait six fois plus de terrain que les actuels 750 m²! « Ramezay était un endroit prestigieux, un jardin géométrique à la française dans le style de Versailles », évoque l'historien. Un lieu d'apparat qui marquait le statut social de son propriétaire.

Il reste peu de jardins français en Amérique, la plupart ayant cédé leur place aux pelouses piquées de bosquets mises à la mode par les Anglais au XIX^e siècle. Par chance, Ramezay a été restauré avec soin. Bien sûr, ses allées ont été terrassées pour éviter la terre battue aux visiteurs, mais les techniques de culture sont bien d'époque. Ainsi, les fèves poussent sur des trépieds; et les arbres fruitiers, contre le mur de la maison pour en récupérer la chaleur.

En Nouvelle-France, pays gourmand, même les jardins nobles consacraient de généreuses plates-bandes aux plaisirs de la table, précise Fournier. Pour les paysans, c'était la seule façon de survivre à l'hiver. « Ces produits permettaient d'avoir une alimentation complète et savoureuse. On salait des herbes pour rehausser les plats. Mais surtout, on cultivait des légumes de conservation qui permettaient de mieux se nourrir en saison morte : choux, oignons, navets et carottes. » La citrouille, empruntée aux Amérindiens, était apprêtée tour à tour en accompagnement salé et en dessert; les potagers recelaient des trésors de légumes méconnus, tels la rabiole, le salsifis et le topinambour. Mais très peu de pommes de terre, jugées fadasses!

Les gens cultivaient aussi des simples, c'est-à-dire des herbes médicinales avec lesquelles ils soignaient les maux courants. « Les habitants utilisaient les plantes sauvages des Amérindiens. Par contre, le transfert des plantes autochtones vers la pharmacopée officielle s'est mal fait. Les chirurgiens se contentaient des plantes françaises qu'ils connaissaient de par leur formation. » Ils employaient le basilic stimulant, l'absinthe laxative et le cerfeuil purgatif. Mais ils dédaignaient la capillaire du Canada, excellente contre les affections des poumons, ou l'achillée millefeuille, dont les propriétés anti-inflammatoires aident à guérir plaies et ulcères.

Alors qu'en France les jardins étaient des lieux d'effervescence intellectuelle, en Nouvelle-France on discutait surtout de compagnonnage et de qualité des semences. Manque de curiosité? « Ici, comme dans toutes les colonies, la culture scientifique était peu encouragée. La France ne voulait pas de concurrence », explique Martin Fournier, mi-figue mi-raisin. Le rôle des Canadiens se bornait à envoyer des centaines d'échantillons au Jardin des plantes pour alimenter les recherches des scientifiques de la mère patrie.

Mais le goût de comprendre, ça pousse comme du chiendent, même dans les endroits les plus ingrats. En 1693, le Français Michel Sarrazin, qui a déjà vécu en Nouvelle-France, est étudiant en médecine. Il suit avec passion les cours de Joseph Pitton de Tournefort, botaniste au Jardin des plantes et inventeur d'un premier système de classification des végétaux. Revenu à Québec en tant que correspondant de l'Académie des sciences et du jardin, il publie en 1708 un *Catalogue des plantes du Canada* où il décrit 250 espèces. En récompense, le savant parisien lui dédia la *Sarracenia purpurea*, plante carnivore des tourbières! Charmant hommage pour le premier naturaliste d'Amérique du Nord. **CS**

➔ Pour en savoir plus

FOURNIER, Martin. *Jardins et potagers en Nouvelle-France*, Septentrion, 2004.

ALLORGE, Lucile, et Olivier IKOR. *La fabuleuse odyssée des plantes*, JC Lattès, 2003.

par Jean-Marie Labrie
labriejm3@sympatico.ca



Jeux

◇ 198 Nombres palindromes

Chaque nombre naturel est associé à un nombre palindrome. Il suffit d'inverser le nombre et de l'additionner au nombre qui précède.

Exemple : $456 + 654 = 1110$.

$1110 + 0111 = 1221$ (nombre palindrome après 2 étapes)

Quel est le nombre palindrome associé à chacun des nombres suivants?

a) 275 (5 étapes) b) 1089 (4 étapes) c) 98 (24 étapes)

∞ 199 Reste et nombres premiers (proposé par Michel Jean)

Trouver un nombre premier qui, divisé par quel nombre premier inférieur à 15, a pour reste un nombre premier qui le précède.

Solutions

197 L'intrus

Solutions suggérées

a) Ce sont tous des nombres triangulaires.

Chaque nombre triangulaire est le produit de deux nombres naturels consécutifs, divisé par 2.

L'intrus est le nombre 110 qui n'a pas été divisé par 2.

b) Soit la suite : 1, 4, 10, 20, 35, 56, 84.

Chaque nombre de cette suite a été multiplié par 3, ce qui donne la suite suivante : 3, 12, 30, 60, 105, 168, 252.

On a ajouté 1 à chaque terme de cette nouvelle suite :

4, 13, 31, 61, 106, 169, 253.

L'intrus est donc 168 auquel on n'a pas ajouté 1.

c) Les nombres π , e , ϕ sont des nombres transcendants.

Voici une approximation de chacun de ces 3 nombres :

π : 3,14159... [Le rapport entre la circonférence et le diamètre d'un cercle].

e : 2,718 281 845... [La base des logarithmes inventés par le baron écossais Neper].

ϕ : 1,618 033... [Le nombre d'or].

L'intrus est donc :

i : $\sqrt{-1}$ [Symbole de base pour les nombres complexes].

Niveaux



débutant



intermédiaire



expert

aujourd'hui le → futur



»»»» par Philippe Desrosiers



Où est Fido?

Agacé d'avoir à chercher toutou partout? Voici peut-être la solution pour garder le contrôle sur ses déplacements. Le *Global Pet Finder* (GPF) est un GPS fixé au collier de l'animal, qui relaie sa position à un téléphone cellulaire ou à un ordinateur portatif par le biais du site Internet de la compagnie. Il faut définir au préalable une frontière au-delà de laquelle on considère que l'animal s'est égaré. Si Fido franchit cette ligne imaginaire, vous serez averti par un message indiquant la localisation du chien de minute en minute jusqu'à ce qu'on le retrouve. Comme le système GPS est disponible à l'échelle planétaire, on peut amener (et perdre) son animal n'importe où. L'appareil peut aussi être configuré pour indiquer les conditions de température qui pourraient être dangereuses. En raison de sa taille, il n'est pas recommandé de munir un chat ou un petit chien du GPF. L'appareil coûte un peu plus de 400 \$, somme à laquelle on doit ajouter des frais mensuels d'environ 25 \$. On frissonne à l'idée que ce gadget puisse être utilisé pour assurer un contrôle parental étroit ou garder en laisse un conjoint un peu trop frivole.

<http://www.globalpetfinder.com/>

La queue parfaite

Les amateurs de billard en rêvaient : une queue infaillible. Grâce à la technologie de guidage au laser, un petit faisceau rouge est projeté sur la boule blanche à l'endroit précis de l'impact. On peut donc choisir le point de frappe le plus approprié. La justement nommée *Laser Cue* coûte un peu plus de 150 \$; elle est livrée avec plusieurs accessoires dont un étui rigide pour le transport. Détail important, il est possible de désactiver le faisceau laser pour ne pas attirer l'attention sur la petite tricherie à laquelle on est en train de se livrer.

<http://www.cuesight.com/>



En direct de l'au-delà



Ceux qui n'ont jamais réussi à avoir leurs 15 minutes de gloire peuvent désormais se consoler en pensant qu'ils auront droit à leur propre émission de télévision dès leur décès. La compagnie Vidstone a mis sur le marché une pierre tombale munie d'un écran à cristaux liquides relié à un ordinateur. En appuyant sur un bouton, on peut visionner une petite vidéo retraçant les étapes marquantes de la vie du défunt. L'auditoire de cette émission est très limité, car pour entendre le son associé à l'image, il faut brancher une paire d'écouteurs dans l'une des deux prises prévues à cette fin. Une cellule photovoltaïque alimente l'appareil en électricité, qui ne nécessite ainsi que la lumière du jour pour fonctionner. Une fois complètement chargée, la pile

possède une autonomie de 90 minutes. On nous assure que l'écran peut être soumis à des températures extrêmes et qu'il est à l'épreuve de l'eau. Joe Joachim, le concepteur de ces épitaphes animées, a cependant eu la généreuse idée d'offrir aux familles des clients une garantie de 15 ans pour pallier d'éventuelles déficiences.

Parce que le Vidstone rajeunit l'art mortuaire, il a été récompensé par le prix du produit le plus novateur à la conférence internationale des funérailles et cimetières qui a eu lieu en Floride l'an dernier.

Il est disponible à partir de 1 200 \$, mais la production de la « vidépitaphe » n'est pas incluse dans ce prix.

Au feu !

Avec le retour de la chaleur, la forêt québécoise se pare de couleurs dont on se passerait volontiers. L'année dernière, à peu près à cette date, plus de 80 feux causés par la foudre avaient déjà ravagé des milliers d'hectares. Sur cette image-satellite montrant le centre-ouest de la province, à l'est de la baie James, on distingue trois incendies en rouge et rose vif. Leurs énormes volutes de fumée bleutée se propagent vers l'est, poussées par le vent. On peut reconnaître à leur couleur pourpre les surfaces calcinées autour des trois foyers, tandis que les parcelles de sol naturellement dégarnies ressortent en brun rosâtre. Les taches bleu noir correspondent aux plans d'eau.



BienVu!

par Serge Bouchard et Bernard Arcand

Secrets d'ascenseur

Dans une société où tout est clair, le secret a de l'avenir.

Bernard Arcand : Dans un ascenseur, à Sorel ou à Jonquière, conversez en Maori et vous échapperez aux oreilles indiscretes. Toute langue est un code et celles qui sont franchement obscures offrent une meilleure protection contre l'indiscrétion. D'ailleurs, une légende plus ou moins urbaine raconte que M. Charles Pasqua, alors ministre de l'Intérieur en France, communiquait parfois avec certains officiers de l'armée en mission à l'étranger en se servant, comme tout le monde, du téléphone. En apparente violation des règles élémentaires de protection des secrets d'État, il n'utilisait pas de machine de cryptage sophistiquée. Néanmoins, cet étalage de secrets militaires sur la place publique n'a jamais entraîné de bavure stratégique. C'est que Charles Pasqua conversait dans un idiome que l'on pourrait baptiser de « corse exotique ». Une langue sans doute riche et vibrante, mais incompréhensible pour qui n'a jamais habité la région.

Un film a été réalisé sur les Navajos qui protégeaient des informations privilégiées au sein de l'armée des États-Unis au cours de la Deuxième Guerre mondiale tout simplement en s'exprimant dans leur langue. Au Canada, on n'a jamais fait de film pour rappeler que des Algonquiens et des Mohawks ont également joué ce rôle. Mais l'idée reste la même : si votre ennemi est convaincu que les langues secondaires – amérindiennes ou autres – ne sont que de pauvres dialectes à peine utiles à exprimer une poignée de sentiments primaires, il n'aura aucune raison de s'en méfier. Du coup, une langue maternelle peut se transformer en code occulte. La richesse et la puissance des langues sont des secrets encore très bien gardés.

Serge Bouchard : Nous sommes au temps de la clarté. La civilisation, au terme d'une longue course obscure, aurait finalement atteint le stade de l'épure, du lisse et du propre éclatant. En effet, tout s'éclaire. Si bien que la transparence est devenue la valeur suprême, comme si une loi sur la clarté s'appliquait, parallèle, aux lois de la gravité.

Cependant, nous honnisons autant que nous aimons les affaires, les complots et les conjurations. Nous diabolisons autant que nous sacralisons les

ententes secrètes, les réunions de nuit, le « sous le manteau » et le « derrière le rideau ». Car le démon fascine, bien entendu. Dans une société où tout est clair, le secret a de l'avenir. Et dans un monde transparent, le champ de l'opaque ne se sera jamais mieux porté. Cette propreté est d'un ennui suspect. Nous souhaitons que la profondeur, l'épaisseur et le secret soient toujours là, mieux tapis que jamais, incroyables, inimaginables, bouleversants. Nous espérons qu'on nous cache quelques énormités; nous rêvons que le puits des secrets soit sans fond.

L'« hommerie » est affaire secrète qui se traite la nuit, entre initiés. Plus nous entendons les déclarations de transparence, plus nous sommes convaincus que l'on nous cache la vérité.

Mais voilà l'ultime transparence : celle qui nous promet un infini de sombres complots puisque tout est aussi code, conjuration, chape de silence, détournement, mystère, révélation virtuelle d'une réalité fascinante. C'est là où

on découvre que le démon mène le monde depuis que Dieu est mort assassiné jadis, ce meurtre ayant été couvert par la conjuration des Anges Noirs qui vivent parmi nous.

Ou encore que John F. Kennedy était de la planète Zyrcon, et le Mouvement Desjardins a pris naissance dans le nuage de Magellan, les deux affaires étant liées assurément. Kennedy a été assassiné par une caissière d'avant l'ère des guichets automatiques. La communauté des Capucins de Lombardie a toujours su que c'est un gérant de caisse populaire du Québec qui allait mener secrètement le monde, à partir d'un petit bureau aux cloisons amovibles recouvertes de moquette bleu pâle. Ces structures ouvertes ont été implantées sur terre par les Zyroniens qui, on le sait, meurent ainsi emmurés. L'affaire s'appelle Le Code Bilodeau. **CS**





*Laissez-vous
emporter
par la
marée...*

Par sa carte de programmes
exceptionnelle, dont plusieurs
exclusivités, le Cégep de
Jonquière, au Saguenay,
demeure le premier choix
de centaines de Québécois
et Québécoises, et ce,
à chaque année.

*Le collège qui
coule de source!*



CÉGEP de Jonquière

www.cjonquiere.qc.ca

MORDEZ DANS LA VIE



QUEL PLAISIR D'AVOIR DES RESPONSABILITÉS!

DODGE CHARGER 2006. Prendre ses responsabilités n'a jamais été aussi cool depuis qu'on a obtenu le titre de *Meilleure Voiture familiale 2006* par le magazine *World of Wheels*. › Moteur V6 économique de 3,5 L à grand rendement développant 250 chevaux livrable en option › Habitacle spacieux pour cinq occupants › Dégagement exceptionnel pour les jambes à l'arrière › Banquette arrière à dossier divisé 60-40 et rabattable livrable en option › Propulsion arrière avec système électronique d'antidérapage (ESP^{MC}) › Système de freins antiblocage › Système de divertissement vidéo à DVD livrable en option › Coffre très spacieux. Plus de détails sur dodge.ca ou chez votre concessionnaire Dodge. À partir de 27 635 \$*, Dodge Charger SXT telle que montrée à partir de 31 525 \$*.



† Édition de février 2006 du magazine *World of Wheels*. * PDSF pour la Dodge Charger SE 2006 à partir de 27 635 \$; PDSF pour la Dodge Charger SXT 2006 à partir de 31 525 \$. Transport (1 200 \$), immatriculation, assurance, droits sur les pneus neufs, frais d'administration des concessionnaires, taxes sur le climatiseur et taxes en sus. Le concessionnaire peut vendre à prix moindre.