

Québec

À quoi pense bébé ?

Volume 38, numéro 7  
Avril 2000, 4,35 \$

# Science

## Des ordinateurs presque vivants

**Des brins d'ADN au lieu de fils, des molécules biologiques au lieu de transistors, des neurones pour les connexions, la biologie entreprend la conquête de l'informatique.**



**Quelques révolutions de plus pour Mir**



**Enfants et douleur : la fin des larmes**



www.cybersciences.com

# Maintenant les OMB ?

**A**près les OMG, les fameux organismes modifiés génétiquement, objets de vives controverses, verrons-nous arriver les OMB, les ordinateurs modifiés biologiquement ? On pourrait le penser en poussant un peu la porte des laboratoires de génie informatique les plus avancés.

Certes, ces ordinateurs de demain pourraient aussi être optique, quantique ou photonique comme le relève le catalogue d'ordinateurs du futur préparé par notre collaborateur Philippe Chartier. Mais c'est en intégrant des morceaux de vie que plusieurs ingénieurs estiment pouvoir améliorer la performance des ordinateurs. Car l'ADN peut stocker une quantité inouïe d'information ! Autant qu'il en faut pour contenir les plans de construction des êtres vivants.

Du labo à l'usine, le chemin pourrait toutefois être long avant qu'une telle idée issue de la science-fiction se concrétise. Mais les ingénieurs commencent déjà à le baliser. Jusqu'où iront-ils ? Nous vendra-t-on un jour des programmes *Windows 2065* comportant un logiciel de conscience et d'émotion ? Je vous confie un parti pris : dès que mon ordi se mettra à réciter *Hamlet* et à se poser des questions existentielles, je le débranche !

...

## De la science au bar !

La science sur la place publique ! Depuis quelques années, Français et Britanniques se livrent à de curieux exercices qu'ils appellent bar de science ou café scientifique. Ce sont des activités qui incitent à des discussions libres et un tantinet pédagogiques sur les grands enjeux scientifiques. En collaboration avec la Société française de physique, *Québec Science* avait aussi expérimenté la chose l'an dernier au Salon du livre de Paris. On avait alors demandé aux écrivains si la science pouvait les inspirer. Et comment.

C'est maintenant que la formule prend forme au Québec. Le bar Saint-Sulpice ainsi que le Salon du livre de Québec ont daigné accepter recevoir les premiers bars de sciences de ce côté de l'Atlantique. Pour l'occasion, *Québec Science* s'est associé à VLB éditeur et à l'Association des communicateurs scientifiques. C'est un projet-pilote. Le premier "bar" de notre série a eu lieu le 6 mars dernier. Les prochains se tiendront les vendredi 14 avril à Québec (sur l'éthique et la science); ainsi que les lundi 15 mai (sur les OGM) et 12 juin à Montréal (sur l'astronomie). Notez ces rendez-vous à votre agenda !

Raymond Lemieux



## Actualités

### 6 Série noire pour policiers verts

C'était l'équivalent d'une escouade Carcajou pour l'environnement. La police verte a aujourd'hui du plomb dans l'aile.

Par Louise Desautels



### 10 Nos émotions viennent des reptiles



Ce sont les reptiles qui auraient commencé à développer les mécanismes physiologiques des émotions.

Par Anouk Gingras

### 8 Bactéries : service une heure

Il fallait compter trois jours pour identifier un microbe. De quoi laisser le temps aux bactéries les plus inquiétantes de faire des ravages. Les médecins ont maintenant un nouvel outil pour les démasquer en moins de une heure.

Par Catherine Dubé

### 12 Deux temps, trois mouvements

### 14 Planète ADN Les scoops de la souris reporter (1)

Par Jean-Pierre Rogel

## Chroniques

### 42 Dimension cachée Ondes culinaires

Par Raynald Pepin



### 44 Internet Ni vu, ni connu

Par Philippe Chartier

### 48 Jeux

Par Jean-Marie Labrie

### 49 Science et culture La science à bon port

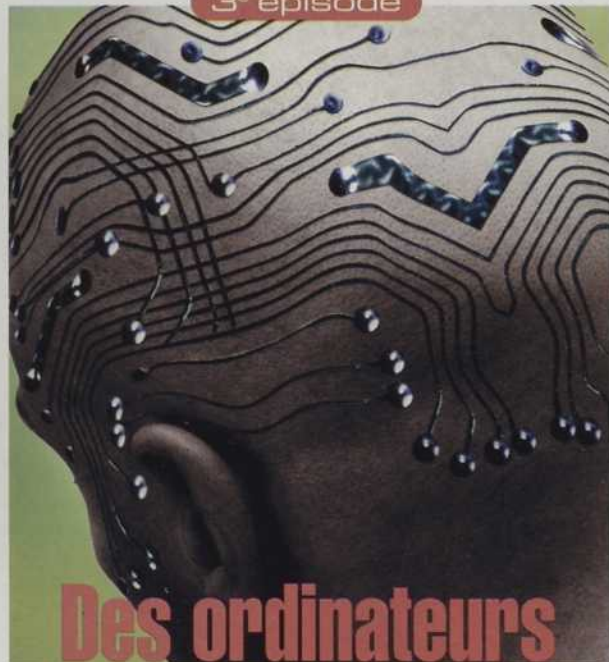
### 50 Têtes d'affiche Danielle Cécyre, biochimiste : « Nous sommes en pénurie de cerveaux sains »

Par Emmanuelle Bergeron



## CAP SUR LE FUTUR

3<sup>e</sup> épisode



### Des ordinateurs presque vivants

**27** Comment rendrons-nous les ordinateurs plus intelligents ? À quoi ressembleront-ils ? Un palmarès des candidats les plus prometteurs que les ingénieurs développent en laboratoire. Et certains contiendront du vivant.

Par Philippe Chartier

### 22 Enfants et douleur : la fin des larmes

Les médecins ont longtemps cru que les narcotiques censés apaiser la douleur comportaient trop de risques pour les enfants et qu'il valait donc mieux les laisser souffrir un peu. Aujourd'hui, cette idée tient mal la route. Mais le problème reste entier : comment traiter la douleur chez les enfants malades ?

Par Catherine Dubé



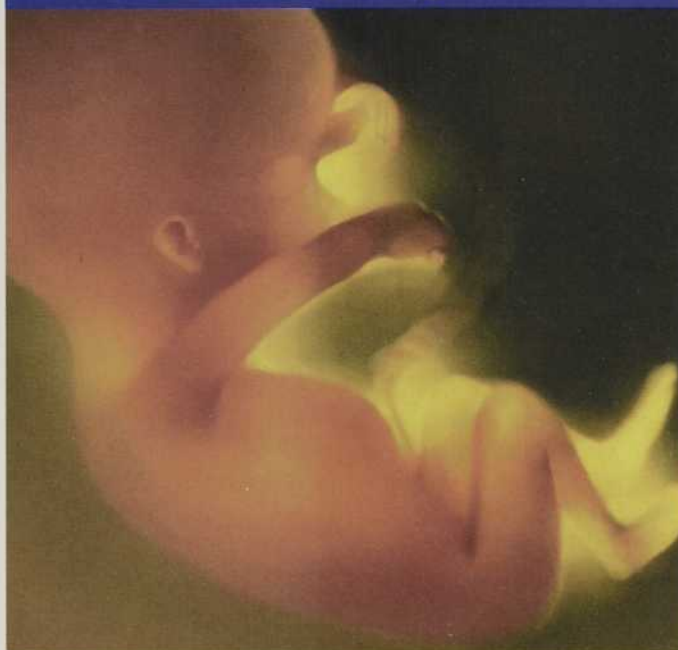
### 38 Éthique de pacotille

Dans son livre *L'éthique et le fric*, le journaliste Mathieu-Robert Sauvé s'est intéressé aux groupes d'experts qui balisent la recherche scientifique dans les hôpitaux et les laboratoires. Leur efficacité est parfois douteuse, affirme l'auteur. Extrait.

Par Mathieu-Robert Sauvé



## Embryologie



### 32 La vie secrète de bébé

Voici le premier reportage intra-utérin. Un fœtus-journaliste nous fait des révélations.

Par Marie-Pier Elie

### 16 Dernières révolutions pour Mir

Après avoir fait plus de 75 000 fois le tour de la Terre, *Mir* est maintenant en fin de carrière. Mais les Russes hésitent encore à se débarrasser d'un des plus beaux fleurons de leur histoire aérospatiale.

Par Vincent Sicotte



## Le grand séisme du Saguenay



Dans la chronique « 2 temps 3 mouvements » de mars 2000, une erreur s'est glissée quant à la date du séisme survenu dans la région du Saguenay, nous signale **Guillaume St-Onge, de Montréal**. Cet important séisme, dont la magnitude est estimée à 7 sur l'échelle de Richter, est survenu non en 1963, mais bien le 5 février 1663, comme le relate Marie de l'Incarnation dans ses lettres. « *Des études géologiques récentes, ajoute notre lecteur, ont également mis en évidence des dépôts*

*associés au séisme de 1663 de plusieurs mètres d'épaisseur dans le fond du fjord du Saguenay. Un glissement de terrain, survenu à la suite de ce séisme, aurait même créé un barrage en amont du fjord, provoquant une crue exceptionnelle au printemps suivant.* »

## Meilleur ami de l'homme ?

**Réjean Lebel, de Saint-Jean-Chrysostome**, s'est régalé en lisant le livre de Charles Danten (*Un vétérinaire en colère*, chronique Science et



culture, février 2000), qui affirme que les rapports que nous entretenons avec les animaux domestiques sont néfastes pour Fido et Princesse. Monsieur Lebel pense que les humains ne tirent pas beaucoup plus de ces relations.

*« Je me demande, écrit-il, si on peut faire le lien entre les fréquentes épidémies de poux et la présence d'animaux domestiques dans les maisons. Je me demande également, comme Monsieur Danten, si on doit s'inquiéter de voir les espaces verts publics devenir de véritables litières à chien, dans lesquelles se vautrent les citadins les après-midi d'été. Car, si la partie solide des excréments est ramassée, je n'ai encore vu personne éponger l'urine de la pelouse et désinfecter comme on le ferait sur un tapis. »*

## Précision

Dans son édition de février 2000, *Québec Science* traçait le portrait de Christiane Ayotte, la scientifique de l'année choisie par l'équipe de l'émission de radio *Les Années-lumière* de Radio-Canada, sans mentionner son lieu de travail. **Lise Roy, responsable des communications à l'INRS**, vient combler cette lacune : « *Madame Ayotte est professeure-chercheure et directrice du Laboratoire de contrôle du dopage sportif de*

*l'INRS—Institut Armand-Frappier — Santé humaine, situé à Pointe-Claire.* »

## Populaire

*Québec Science* reste le deuxième magazine le plus consulté dans les bibliothèques du Québec, selon les résultats du dernier sondage de *Repère*. Les répondants étaient invités à indiquer pour chacun des 273 titres répertoriés dans l'index *Repère* si le périodique leur est très utile, assez utile ou encore peu ou pas utile. Le score obtenu a été ramené à une base de 100, et il atteint 82,17 %. Juste derrière *L'Actualité* (87,9 %) mais devant *Science et Vie* (79,14 %), *Protégez-vous* (78,98 %) et *Châtelaine* (74,36 %).

Nous acceptons de temps à autre de communiquer notre liste d'abonnés à des organismes et des entreprises quand nous croyons que leurs produits ou services peuvent intéresser nos abonnés. Cependant, les demandes qui nous sont adressées sont acceptées avec parcimonie à la lumière de la bonne réputation des requérants et de l'intérêt des produits et services qu'ils offrent. La plupart de nos abonnés apprécient ce service. Si vous ne souhaitez pas que votre nom figure sur cette liste, faites-le-nous savoir par écrit en nous indiquant votre nom, votre adresse ainsi que votre numéro d'abonné.

## Des commentaires ?

Vous pouvez nous faire parvenir vos commentaires et suggestions à l'adresse suivante.

### Québec Science

3430, rue Saint-Denis, bureau 300  
Montréal (Québec) H2X 3L3  
Téloc. : (514) 843-4897

### Adresse électronique

courrier@QuebecScience.qc.ca

# Québec Science



CEGEP de Jonquières

Publié par  
La Revue Québec Science  
3430, rue Saint-Denis, bureau 300  
Montréal (Québec) H2X 3L3  
courrier@QuebecScience.qc.ca  
www.cybersciences.com

## DIRECTION

Directeur général : Michel Gauquelin  
Directeur de l'administration : Marc Côté  
Adjointe administrative : Nicole Lévesque

## RÉDACTION

Rédacteur en chef : Raymond Lemieux  
Adjoint à la rédaction : Natalie Boulanger

Ont collaboré à ce numéro : Emmanuelle Bergeron, Philippe Chartier, Louise Desautels, Catherine Dubé, Marie-Pier Elie, Anouk Gingras, Jean-Marie Labrie, Raynald Papin, Jean-Pierre Rogel, Mathieu-Robert Sauvé et Vincent Sicotte

Photos/illustrations : Marc Cuadrado, Normand Blouin, Sophie Casson, Christian Fleury, Philippe Germain, Pierre-Paul Pariseau, Rémy Simard  
Correction : Luc Asselin

## PRODUCTION

Direction artistique : François Émond  
Séparation de couleurs, pelliculage électronique et impression : Interweb

## COMMERCIALISATION

Diffusion et promotion : Héliène Côté  
Distribution en kiosques : Messageries Dynamiques

## ABONNEMENTS

Tarifs (taxes incluses)	Au Canada	À l'étranger
1 an (10 numéros)	41,35 \$	54 \$
2 ans (20 numéros)	71,26 \$	95 \$
3 ans (30 numéros)	98,87 \$	139 \$
A l'unité	5,00 \$	Non disponible
Groupe (10 ex/même adresse)	37,60 \$	Non disponible

## Pour abonnement et changement d'adresse

QUÉBEC SCIENCE  
Service des abonnements  
525, rue Louis-Pasteur, Boucherville (Québec) J4B 8E7

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

## ABONNEMENTS ET CHANGEMENTS D'ADRESSE

Tél. : (514) 875-4444 Téloc. : (514) 523-4444

## PUBLICITÉ

Carole Martin  
Tél. : (514) 843-6888 Téloc. : (514) 843-4897

## RÉDACTION

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

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.  
Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec  
Premier trimestre 2000, ISSN-0021-6127  
Répertorié dans *Repère* et dans l'*Index des périodiques canadiens*.

© Copyright 2000 - La Revue Québec Science

Imprimé sur papier contenant 50 % de fibres recyclées et 40 % de fibres désencrées (post-consommation)

Québec Science reçoit l'aide financière du ministère de la Culture et des Communications (Programme Revues de vulgarisation scientifique et technique) et du gouvernement du Canada (Programme Sciences et Culture Canada)

Gouvernement du Québec  
Ministère de la Culture et des Communications

Industrie Canada Industry Canada

Membre de : The Audit Bureau of Circulations (ABC)



MAGAZINES DU QUÉBEC

Le contenu de ce magazine est produit sur serveur vocal par l'Audiotèque pour les personnes handicapées de l'imprimé.  
Téléphone : Québec (418) 627-8882, Montréal (514) 393-0103

Hugues Savoie  
chronique  
Jeux

Carlos Soldevila  
chronique  
Culture et loisir

Philippe Desrosiers  
chronique  
Irreverencieux

Pascal Forget  
chronique  
Pratico

Christian R. Page  
chronique  
Inexplique

Emmanuelle Waters  
chronique  
Style de vie

Patrick Masbourian  
animateur

Brigitte Gemme  
chronique  
Consommation

Branchés sur demain, des chroniqueurs allumés  
demeurent à l'affût des dernières tendances :

Science, technologie et informatique, du quotidien intelligent à

# La revanche des nerdz

Du lundi au jeudi 19 h

Rediffusion 12 h



www.ztele.com

la télé  
du futur

# Actualités

## Série noire pour policiers verts

La Police verte est à l'agonie. Les effectifs de la direction des enquêtes du ministère de l'Environnement ont fondu de moitié. Les amendes sont moins salées et les gros pollueurs moins inquiétés.

Par Louise Desautels

Quand Jean-Claude Cantin a pris sa retraite de la Sûreté du Québec, en 1989, c'était pour mieux faire son entrée au ministère de l'Environnement. Plusieurs voleurs et quelques assassins de sa connaissance croupissaient derrière les barreaux. Interroger des témoins, récolter des preuves, monter un dossier solide pour le tribunal, voilà des tâches qui n'avaient pas de secret pour lui. L'ex-enquêteur Cantin allait faire partie de la Police verte, l'un des joyaux d'Environnement Québec. « Plus jamais Saint-Basile », aurait-on pu inscrire comme devise de la direction des enquêtes du Ministère, formée au lendemain du tristement célèbre incendie d'un entrepôt de BPC en Montérégie.

Dix ans plus tard, Jean-Claude Cantin est toujours à Québec. Mais sa direction, qui comptait 52 enquêteurs en 1991, n'en comprend plus que huit. Régionalisation oblige : 20 enquêteurs exercent maintenant leur métier aux bureaux de Jonquière, Rouyn-Noranda et Hull... Quant aux 24 autres, leurs postes ont été carrément abolis.

Résultat : le nombre d'amendes a fondu et les coupables sont de moins gros poissons.

En 1999, le procureur général du Québec a imposé 566 250 dollars d'amendes à des individus et des compagnies ayant enfreint les lois ou règlements relevant du ministère de l'Environnement, comparative-ment à 1 014 615 dollars en

1991, presque la moitié moins. La comparaison des deux années montre aussi que les contrevenants ne sont plus les mêmes. « On note depuis le milieu des années 1990 une chute du nombre de poursuites contre les grosses compagnies », cons-

tate Paule Halley, professeure de droit de l'environnement à l'Université Laval.

Les enquêteurs n'ont rien à voir dans le choix des contrevenants à poursuivre. « Nous ne décidons jamais quelles enquêtes nous menons;



Philippe Germain

nous ne l'avons jamais fait, dit Jean-Claude Cantin. Ce sont les régions qui nous soumettent des cas, par exemple une industrie qui dépasse les normes de rejet et ne corrige pas la situation. »

C'est ce qui s'est produit, en 1993, avec Tembec, une importante papetière installée au Témiscamingue. Elle a finalement payé l'une des plus grosses amendes jamais imposées par le procureur général du Québec pour un dossier environnemental : 200 000 dollars. À l'origine des infractions : le bris d'un évaporateur. Celui-ci permettait normalement, en éliminant l'eau d'un sous-produit de fabrication, d'obtenir un rejet solide qui servait ensuite de combustible. Plutôt que d'interrompre la production, le temps d'effectuer cette réparation majeure, les dirigeants ont choisi de rejeter dans l'environnement le liquide chargé de matières polluantes.

« Quand le dossier est arrivé à Québec, il tenait déjà dans une douzaine de caisses », se rappelle Yvon Martel, qui a enquêté sur cette affaire avec Jean-Claude Cantin. L'équipe d'enquêteurs et de scientifiques a analysé les documents obtenus en région, élaboré un plan d'enquête et demandé un mandat de perquisition.

L'équipe de Québec a passé huit jours sur les lieux, non seulement pour s'assurer que les contrôles obligatoires étaient bien faits et que leurs résultats avaient tous été remis aux autorités, mais aussi pour une inspection plus approfondie de l'usine : autorisations et certificats de conformité utilisés, état des appareils anti-pollution, tests de toxicité, etc.

Cette papetière n'a pas été la seule à payer de lourdes amendes au cours des premières années de la direction des enquêtes. Mais, depuis deux ans, aucune entreprise de pâtes et

papier n'apparaît dans les tableaux de contrevenants fournis par le Ministère. Pas de minière non plus, ni de grands propriétaires de lieux d'enfouissement. Même Hydro-Québec, autrefois mise à l'amende chaque année pour des infractions mineures, brille par son absence. Pourquoi ces disparitions ? Les grandes entreprises ont-elles viré au vert ?

« C'est classique : un gouvernement qui mise sur la déréglementation fait souvent moins de répression, estime Paule Halley. Le ministère de l'Environnement du Québec est un très bel exemple du mouvement nord-américain de déréglementation, une approche qu'il a embrassée sans réserve à la suite du Sommet socioéconomique de 1996. Ce changement de cap s'est accompagné de coupes sévères dans les postes d'enquêteurs, d'avocats du contentieux, de scientifiques et de spécialistes de la rédaction des lois et règlements. »

Madame Halley constate que le Ministère privilégie désormais l'approche volontaire, où l'État s'associe aux entreprises, par secteur d'activité, afin de définir des programmes d'assainissement ou des normes. « Cette approche repose sur la motivation des entreprises,

souligne-t-elle. Or, celles-ci ont-elles vraiment une conscience environnementale ? Un sondage mené par KPMG en 1997 auprès de dirigeants canadiens confirme que non. »

Michel Bélanger voit lui aussi, dans les résultats des enquêtes de la Police verte, une illustration de la philosophie de déréglementation. « Il y a toujours eu deux catégories de poursuites : celles qui découlaient d'inspections systématiques et relevaient d'une volonté politique, et celles entreprises à la suite d'accidents écologiques ou de plaintes de citoyens; aujourd'hui, il ne reste que la deuxième catégorie », observe cet avocat spécialisé en droit de l'environnement, qui est vice-président de l'Union québécoise pour la conservation de la nature (UQCN).

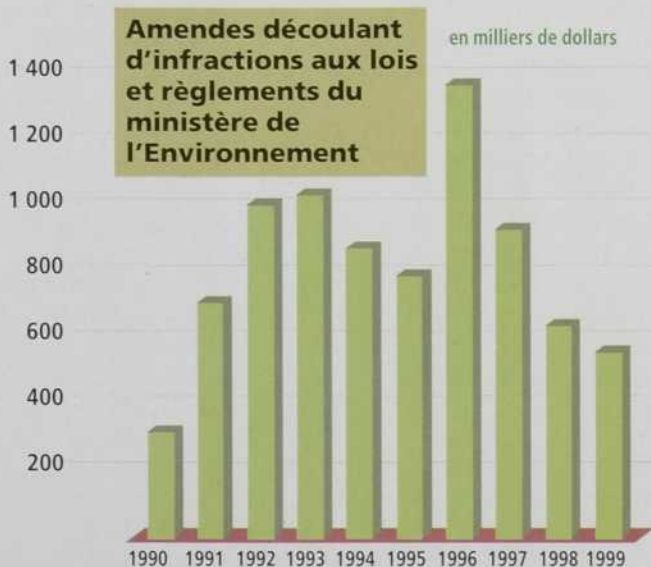
D'après lui, cette situation remet le rôle de chien de garde de l'environnement sur les épaules des citoyens affectés par l'activité illégale. D'abord parce qu'il n'y a enquête que si les électeurs se plaignent. Ensuite, parce que, de plus en plus, les citoyens trouvent davantage efficace de s'adresser directement aux tribunaux. À preuve, la multiplication récente des poursuites en recours collectif intentées par les rive-

rains d'un lac que pollue une pisciculture ou par les propriétaires qui ne veulent rien savoir d'une nouvelle route ou d'une grosse ligne électrique.

« À moins qu'on n'assiste bientôt à un nouveau phénomène : que des entreprises vertueuses se mettent à dénoncer leurs concurrents qui enfreignent les règles environnementales, lance Michel Bélanger, mi-blagueur. Mais à défaut, je crois que le laxisme à l'égard des gros pollueurs persistera quelques années, jusqu'à ce que surviennent des crises majeures, qui inciteront les gouvernements à renforcer le contrôle public. »

Moins pessimiste, Paule Halley croit plutôt que le Québec marchera prochainement sur les traces des États-Unis, où l'approche volontaire commence à être encadrée et assortie de menaces légales réelles. Le gouvernement canadien privilégie cette formule pour sa nouvelle loi environnementale. Les fonctionnaires fédéraux qui négocient avec les pollueurs auront moins de latitude, remarque Madame Halley. Les mesures volontaires ne pourront pas être trop timides par rapport aux exigences de la loi.

En attendant, avec ses trop rares enquêteurs, le Québec a des croûtes à manger s'il veut recommencer à faire peur aux contrevenants chroniques. La situation risque d'empirer au cours des prochaines années puisque la relève est inexistante. Ayant été recrutés à la même époque, alors qu'ils étaient déjà retraités des principaux corps de police du Québec, ces fonctionnaires s'approprient tous à prendre leur deuxième retraite : en 1991, on estimait que les plus jeunes des enquêteurs seraient éligibles à leur pleine pension en 2005. À ce rythme, la Police verte, mise sur pied à grand renfort de conférences de presse voilà 11 ans, sera bientôt à l'agonie. ●



# Bactéries : Service 1 heure

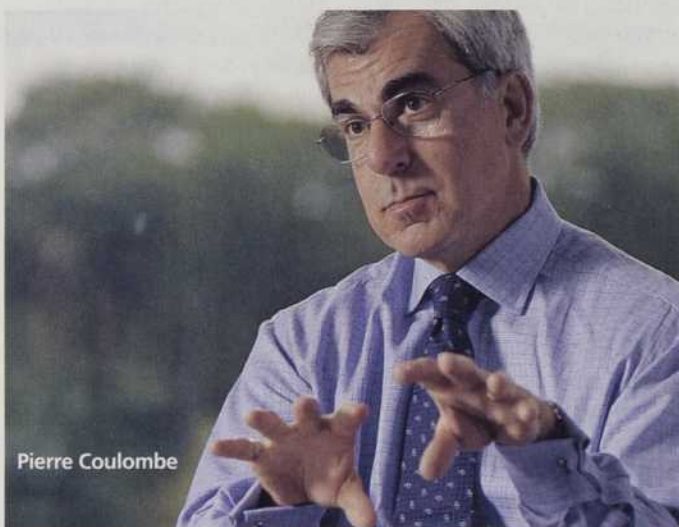
Terminées les longues attentes pour connaître son diagnostic : une compagnie québécoise a mis au point une méthode pour cibler plus rapidement les pathogènes qui vous menacent.

Par Catherine Dubé

**S**treptocoque, entérocoque et compagnie ne pourront bientôt plus jouer à cache-cache avec les médecins. Grâce à une méthode de détection mise au point par la firme de Québec Infectio Diagnostic, les professionnels de la santé seront en mesure de savoir à qui ils ont affaire en moins d'une heure et pourront traiter leurs patients en conséquence.

Alors que l'homme envoie des sondes sur Mars, on traîne encore drôlement de la patte du côté de l'identification des pathogènes affectant la santé humaine. Dans les laboratoires des hôpitaux, on doit faire des cultures de bactéries à partir des échantillons de sécrétions des malades pour confirmer le diagnostic des médecins. Avant qu'elles se soient suffisamment reproduites et que l'on ait effectué tous les tests permettant d'identifier le micro-organisme, il peut facilement s'écouler trois jours... comme au temps de Pasteur.

Cette période est suffisante pour qu'un microbe virulent ait eu le temps de faire bien des dégâts. Pour éviter le pire, les médecins préfèrent donc prescrire des antibiotiques dès la consultation, même si on découvre ensuite que l'infection n'est pas due à une bactérie. Résultat : dans 75 % des cas, les antibiotiques n'auraient pas été nécessaires ! Ce



Pierre Coulombe

Infectio Diagnostic

qui contribue grandement à augmenter la résistance des bactéries...

Des chercheurs ont donc eu l'idée de se servir de l'arsenal de la génomique afin d'analyser l'ADN des bestioles et savoir immédiatement à qui on a affaire. « C'est l'équivalent de retracer l'empreinte digitale de la bactérie », explique le maître d'œuvre du projet, le docteur Michel Bergeron, médecin et chercheur au Centre de recherche en infectiologie du CHUL à Québec.

Son équipe a mis au point une méthode beaucoup plus rapide pour faire éclater la membrane cellulaire et parvenir à extraire l'ADN bactérien. On utilise ensuite une méthode d'amplification pour multiplier la séquence d'ADN et l'identifier.

On parvient ainsi à détecter

soit les gènes communs à toutes les bactéries, si on vise simplement à savoir s'il s'agit d'une infection bactérienne, soit les gènes spécifiques à un genre ou à une espèce, si on désire plus de précision. Il est également possible de reconnaître des gènes de résistance aux antibiotiques ou des gènes rendant les bactéries virulentes — ceux qui différencient par exemple, le streptocoque du groupe A non toxigène et le streptocoque du groupe A toxigène, mieux connu sous le nom de bactérie mangeuse de chair.

Les premiers produits mis en marché par Infectio Diagnostic seront destinés à l'identification du streptocoque du groupe B chez la femme enceinte, parfois responsable de méningites et d'autres infections sévères lorsqu'il est transmis au

nouveau-né, et à l'identification des contaminants d'origine bactérienne dans les échantillons de sang destinés à la transfusion. Ils devraient être disponibles sur le marché au début de l'an prochain, soit dès que les études cliniques exigées par Santé Canada seront terminées (elles sont plus rapides que dans le cas d'un nouveau médicament). Jusqu'à maintenant, les études menées au CHUL ont donné des résultats impeccables.

D'ici là, Infectio Diagnostic compte développer une version plus compacte de sa trousse, ce qui permettra aux cliniques médicales et aux pharmacies de se la procurer, plutôt que de devoir faire affaire avec des laboratoires d'analyse. Cette méthode coûte certes un peu plus cher en réactifs que les méthodes actuelles, mais fait gagner suffisamment de temps aux techniciens pour justifier ces coûts, estime Pierre Coulombe, président d'Infectio Diagnostic.

La compagnie nous promet d'ici quelques années des trouses d'identification de l'entérocoque résistant à la vancomycine, du staphylocoque résistant à la pénicilline, de Candida, un champignon, et de plusieurs autres petites bêtes qui n'auront plus le loisir de nous narguer bien longtemps. ●

# Un ministère qui appuie la réalisation de **projets d'avant-garde**

Le ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie (MRST) est un organisme public qui soutient et valorise les multiples acteurs des milieux de la recherche et de l'innovation en leur permettant de faire la promotion de leurs projets. Il concourt au déploiement de connaissances et à leur application dans la production de biens et de services nécessaires à la population québécoise, particulièrement par la mise en œuvre de programmes d'aide et de mesures incitatives.

● **Des programmes d'aide financière et des mesures fiscales**

● **Au service de ses clientèles**

● **Pour plus amples renseignements**

**Québec**   
Ministère de la  
Recherche, de la Science  
et de la Technologie

Le Ministère propose des programmes et des mesures aux entreprises, aux centres de recherche et instituts affiliés ainsi qu'aux chercheurs qui poursuivent des activités de recherche scientifique, de développement expérimental ou d'enrichissement d'expertise technologique. L'aide accordée peut prendre la forme de subventions, de crédits d'impôt ou de congés fiscaux.

Voici la liste des mesures et des programmes présentement disponibles :

- Mise en valeur des applications technologiques
- Aide à la relève en science et en technologie
- Assistance financière à la coopération scientifique et technologique
- Les Prix du Québec dans le domaine scientifique
- Soutien à la communication scientifique et technologique – Tenue de congrès
- Soutien à la valorisation de l'invention
- Soutien à l'acquisition d'équipement dans le réseau des centres collégiaux de transfert de technologie
- Congé fiscal pour chercheurs étrangers
- Congé fiscal pour experts étrangers
- Visa pour le crédit d'impôt remboursable pour les projets de recherche précompétitive
- Visa pour les consortiums de recherche précompétitive

Le Ministère coopère de la sorte aux projets de recherche et de développement des technologies avant-gardistes.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires ou de la documentation sur les activités et les programmes offerts, veuillez à communiquer avec nous ou à visiter notre site Web :

#### **Direction des communications**

1150, chemin Saint-Louis  
Québec (Québec) G1S 4Y9  
Téléphone : (418) 643-8757  
Télécopieur : (418) 528-2565

Site Web : [www.mrst.gouv.qc.ca](http://www.mrst.gouv.qc.ca)  
Courriel : [mrst@mrst.gouv.qc.ca](mailto:mrst@mrst.gouv.qc.ca)

# Nos émotions viennent des reptiles

Une équipe de chercheurs de l'Université Laval établit l'âge de l'émotion à 200 millions d'années, soit l'âge de la transition des amphibiens aux reptiles. Ces derniers réagissent aux caresses, tandis que les amphibiens restent froids.

Par Anouk Gingras

L'émotion serait apparue lors de la transition des amphibiens aux reptiles, il y a 200 millions d'années. C'est ce que conclut Michel Cabanac, chercheur au département de physiologie de l'Université Laval, à la lumière d'études qu'il vient de publier simultanément dans le *Japanese Journal of Physiology* et le *Journal of Consciousness Studies*. Son équipe a démontré que les reptiles réagissent physiologiquement à de « douces manipulations », alors que les amphibiens y semblent indifférents.

Qu'est-ce qui peut pousser un chercheur à caresser des iguanes et des grenouilles ? On sait depuis les années 70, grâce à un chercheur vénézuélien, Edward Briese, que les rats frissonnent après une séance de caresses. Ils contractent leurs muscles de façon répétitive au point de faire grimper leur température corporelle de un à deux degrés Celsius. « Ça m'a donné l'idée de tenter l'expérience avec des iguanes », raconte Michel Cabanac.

À la différence des mammifères, les iguanes ne frissonnent pas. Pour rétablir leur température corporelle, ils cherchent sans tarder les sources de chaleur. Dès que l'expérimentateur remet les



Louise Blodreau

iguanes dans le vivarium après les manipulations, ils se précipitent sous la lampe chauffante ! Les « caresses » induisent donc une certaine peur chez l'animal, qui craint le traitement qu'on lui réserve. Un peu comme l'oiseau blessé qui tremble lors-

qu'on s'en approche.

Peut-on vraiment parler d'émotion ? Comme le mentionne Michel Cabanac : « Il n'y a aucun moyen de savoir ce que les animaux ressentent ou ne ressentent pas. Tout ce que l'on peut étudier, c'est l'analogie entre les manifesta-

tions physiologiques de l'émotion chez l'humain et ce qui se passe chez les animaux. »

Or, des études faites durant les années 60 ont démontré que des boxeurs, avant un combat, ont une fréquence cardiaque plus élevée et connaissent une hausse de

leur température corporelle. Le même phénomène a également été observé, pendant la période d'examen, chez des étudiants, alors que leur température s'élève de 0,3 °C à 0,36 °C au-dessus de la normale. Évidemment, ces recherches visent une seule émotion parmi la multitude ressenties par l'être humain, soit l'anxiété due à l'anticipation d'un événement particulier. Mais c'est le point de comparaison que le chercheur a choisi d'étudier.

L'équipe de Michel Cabanac a obtenu d'autres résultats concluants en mesurant l'augmentation de la fréquence cardiaque. Tout comme la hausse de température corporelle, l'augmentation des battements du cœur s'est manifestée chez les reptiles (iguanes et tortues), les mammifères (rats et souris) et les oiseaux (poules), alors que rien de significatif n'est apparu chez les amphibiens (grenouilles) et les poissons. Chez les iguanes par exemple, le rythme cardiaque est passé de 70 à 110 battements à la minute après 60 secondes de manipulations. « On peut donc penser que l'émotion s'est développée au cours de l'évolution, à un certain moment entre l'apparition des amphibiens et celle des reptiles. Si elle a subsisté depuis, c'est qu'elle doit être utile », avance Michel Cabanac.

À en croire le chercheur, cette utilité se manifeste particulièrement à l'heure des repas. Son équipe a placé des iguanes dans une cage où prévalait un gradient de température allant de confortable à froid. Dans la zone la plus chaude, les chercheurs ont placé la nourriture habituelle des iguanes. À l'extrémité froide, ils ont déposé une belle laitue, leur plat de prédilection. Les iguanes ont préféré l'environnement chaud à la laitue. En effet,

plus la température autour de la laitue décroissait, moins les iguanes bravaient le froid, choisissant plutôt de manger leur médiocre pitance au chaud.

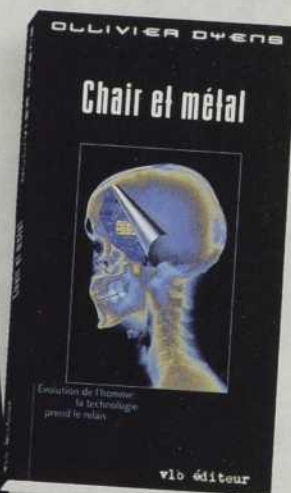
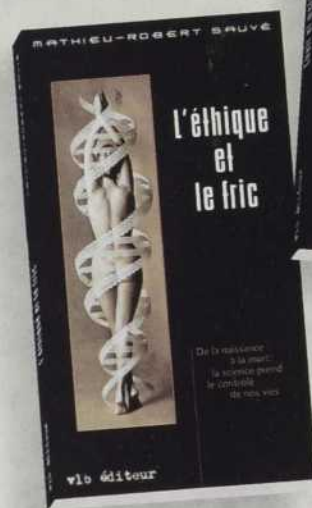
Ce comportement est acquis, non inné. Pour renoncer ainsi à l'appétissante laitue, les iguanes connaissaient l'alternative. C'est l'émotion qui a soutenu le processus de décision. « Le plaisir est la monnaie commune du comportement, explique Michel Cabanac. Nous comparons les options et nous choisissons toujours ce qui nous donnera le plus de plaisir ou le moins de déplaisir. » Selon le chercheur, c'est pour cette raison que l'émotion est demeurée au cours de l'évolution.

Si certains animaux peuvent ressentir des émotions, peuvent-ils ressentir une peine d'amour ? Michel Cabanac n'y croit pas : « Le système nerveux des iguanes semble suffisamment complexe pour faire apparaître des réactions physiologiques reliées aux émotions. Mais les animaux sont infiniment plus simples que le plus simple des humains. Ils ne possèdent pas vraiment de structure émotionnelle ou encore d'imagination créatrice. On ne retrouve pas de Michel-Ange ou de Mozart chez les iguanes, pas plus que chez les chimpanzés ! » ●



## GESTATIONS

Une nouvelle collection scientifique pour la francophonie



en librairie  
le 6 mars 2000

en librairie  
le 3 avril 2000

**vlb éditeur**

## Explorez, Découvrez!

lors d'une Éco-croisière

les richesses et la beauté  
du Saint-Laurent à bord  
de l'Écho des Mers



### ÉCOTOURS DÉCOUVERTES

- 5 jours : Île d'Anticosti et la Minganie.
- 7 jours : Les parcs de l'Est du Québec.
- 7 et 8 jours : L'Île d'Anticosti, la Basse-Côte-Nord, les Îles Mingan.

### ÉCOTOURS FANTAISIES

- 7 jours : Les oiseaux, les îles et les baleines, du golfe Saint-Laurent avec Jacques Larivé, spécialiste des oiseaux.
- 8 jours : Baleines, baleines et baleines avec Richard Sears, spécialiste des baleines.

1-888-724-8687

418-724-6227

ljones@globetrotter.net

www.ecomertours.com

## Lu vu, entendu

Avez-vous remarqué, sur votre boîte de *Corn Flakes*, l'appétissante photo d'un épi de maïs qui semble avoir été ajoutée récemment, dans le coin inférieur gauche ? « Faites à partir de grains véritables », proclame la mention. Qu'est-ce à dire ? A-t-on changé la recette des fameux flocons de maïs ? En ces temps d'OGM, il s'agit de veiller... au grain. Nous avons donc appelé chez Kellogg's Canada pour demander si nos céréales préférées contenaient du maïs transgénique. « C'est possible, répond-on au service à la clientèle. Kellogg's achète des grains de fournisseurs canadiens et américains. Il ne nous est malheureusement pas possible de savoir si ces derniers utilisent ou non des grains génétiquement modifiés. » Nous ne sommes donc pas beaucoup plus avancés... Pour en savoir plus : 1-888-876-3750.



Suivez l'actualité scientifique au jour le jour sur **Cybersciences**, le site Internet de Québec Science.

[www.cybersciences.com](http://www.cybersciences.com)

# Hissez les voiles Pluton est en vue!



Voici un retour aux sources que même la science-fiction n'avait pas prévu : les sondes spatiales de demain pourraient être propulsées de la même façon que les goélettes et les grands voiliers d'autrefois.

Le système, développé par le géophysicien Robert Winglee, de l'Université de Washington, utilise la propulsion à plasma mini-magnétosphérique (M2P2). Le M2P2 génère une grande bulle de près de 40 km de diamètre autour du vaisseau. Cette bulle, qui est en réalité un champ magnétique —

comme celui qui enveloppe la Terre —, est ensuite remplie de gaz ionisé. Le gaz reste confiné à l'intérieur de la bulle à cause du champ magnétique. Tel un ballon de plage plein d'air, la grande bulle ferait écran au vent solaire (un flux de particules émis continuellement par le Soleil), et serait propulsée par celui-ci.

Ce type de sonde à voile pourrait atteindre la vitesse époustouflante de 288 000 kilomètres à l'heure, soit 10 fois plus vite que la navette spatiale ! Si M2P2 était lancé aujourd'hui, il pourrait rejoindre, en huit ans à peine, la sonde *Voyager 1* qui a été lancée en 1977. De plus, l'appareil offre un immense avantage par rapport à la voile solaire « conventionnelle », qui doit être pliée pour le lancement, puis déployée dans l'espace. Ce système pourrait propulser des sondes qui iraient explorer notre système solaire au-delà de Pluton, dans la ceinture de Kuiper, une zone mystérieuse d'où viendraient les comètes.



Marc Cuadrado

## Entre bonnes mains

Spectaculaire première dans l'histoire de la chirurgie : une équipe internationale de spécialistes a réussi, à Lyon en France, une greffe des deux mains et de la partie inférieure des avant-bras. Le patient, un peintre en bâtiment de 33 ans, s'est réveillé, après une bonne nuit de sommeil, dans un état stable et satisfaisant selon ses médecins. L'intervention chirurgicale, qui a duré plus de 12 heures, a nécessité une cinquantaine de personnes, parmi lesquelles 18 chirurgiens, de même que plusieurs anesthésistes et dermatologues. Les praticiens ont tout d'abord fixé les os des avant-bras du greffon sur les moignons du receveur à l'aide de plaques et de vis. Les veines et les artères ont ensuite été suturées. La circulation se rétablissant, les avant-bras ont repris leur couleur normale. Les tendons, les muscles, puis les principaux nerfs, ont finalement été rattachés. Cette équipe avait réussi en septembre 1998 la première greffe d'une main humaine.

# La pomme fait de l'air



Croquez la pomme, vous respirerez mieux ! Une étude publiée par des chercheurs anglais dans la revue scientifique *Thorax* montre que les gens qui mangent au moins cinq pommes par semaine respirent mieux que les autres. Selon les auteurs de l'étude, les antioxydants contenus dans ces fruits atténueraient les effets toxiques de l'oxygène dans l'organisme. On savait que la consommation de fruits frais réduisait les risques de maladies pulmonaires, comme le cancer du poumon, mais l'étude publiée va encore plus loin. Indépendamment des autres facteurs (tabac, activité physique, etc.), les amateurs de pommes peuvent

expirer un plus grand volume d'air (0,2 atmosphère par seconde) que ceux qui n'en mangent pas. L'action bénéfique de la pomme semble être la même pour les deux sexes.

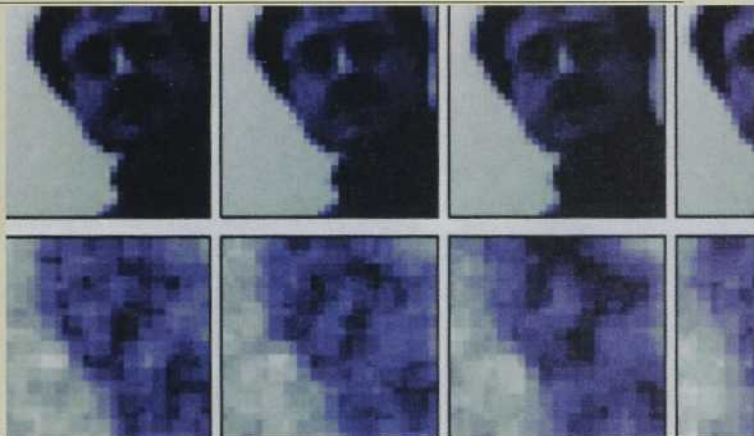
## LE CHIFFRE DU MOIS

# 27%

C'est la proportion du mercure provenant des plombages dentaires qui va contaminer l'eau du fleuve Saint-Laurent. Comment est-ce possible ? Plusieurs cliniques dentaires rejettent directement leurs résidus dans les égouts (ce qui n'est pas vraiment légal), et le processus d'épuration de l'usine de la Communauté urbaine de Montréal ne réussirait qu'à en récupérer une partie. L'Association de médecine dentaire holistique du Québec a récemment fait une sortie publique, suggérant aux dentistes de filtrer complètement leurs rejets. Y aura-t-il un jour une étiquette identifiant les dentistes qui sont plus soucieux de l'environnement que les autres ?

# La Terre perd la boule

Au temps des dinosaures, la Terre valsait sur elle-même. Il y a 84 millions d'années, l'axe de rotation terrestre aurait même oscillé de 15 à 20 degrés pendant deux millions d'années. Deux océanographes américains, qui publient leurs résultats dans la revue *Science*, sont parvenus à cette conclusion en mesurant les changements du champ magnétique terrestre, enregistrés comme des fossiles dans la lave solidifiée des volcans. Vingt-six variations de la position des pôles ont été remarquées pendant la période allant de 120 à 39 millions d'années, outre ce déplacement majeur vers 84 millions d'années. Selon les auteurs, ce basculement soudain a dû provoquer un mouvement des continents et des océans 10 fois plus important que celui induit par la tectonique des plaques. Les climats auraient également été bouleversés par cette valse.



## Dans l'oeil du chat

Comment le chat voit-il le monde ? Des scientifiques à l'Université de Berkeley nous permettent d'en savoir un peu plus long sur le sujet. Ils ont en effet réussi à voir le monde à travers les yeux d'un félin. Les images ont été obtenues en enregistrant l'activité électrique de ses neurones. Des électrodes, reliées à un ordinateur, étaient connectées à 177 neurones du thalamus du chat. Si l'image encore floue montre qu'on est loin de pouvoir reproduire sa vision perçante, cette première laisse cependant entrevoir une meilleure compréhension de la vision.

## Des infirmières qui ont du chien



Au Centre hospitalier de l'Université Laval (CHUL), le meilleur ami de l'homme est à l'honneur. Lorsque Litchi, une petite chienne blanche et rousse, vient visiter la jeune Lydia, celle-ci est tout sourire. Les tristes murs blancs de

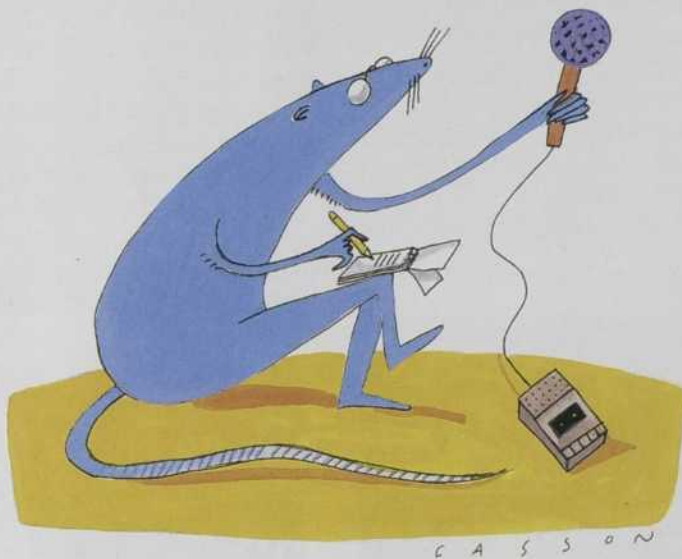
l'hôpital, les infirmières à seringues et, surtout, son cancer du rein disparaissent tout à coup. « Quand Lydia est avec Litchi, elle oublie qu'elle est malade », résume sa mère au journal *Le Soleil*. Le CHUL inaugurerait en janvier un projet pilote de zoothérapie unique en Amérique. Sept chiennes, triées sur le volet, viennent passer la journée avec des patients pour alléger un peu leur souffrance. Selon une infirmière du CHUL, la présence du chien, moins allergène que le chat ou l'oiseau, permet à l'enfant de créer à l'hôpital une atmosphère familiale, ce qui réduit son stress. Ce projet de zoothérapie est une initiative des infirmières du CHUL.





## Les scoops de la souris-reporter (1)

par Jean-Pierre Rogel



**J**e dois avouer une fantaisie de journaliste : j'aimerais parfois être une souris de laboratoire pour surprendre les conversations entre chercheurs. Parfaitement intégré dans l'environnement, j'écouterais ce qui se dit tout en faisant mon boulot de souris. Je serais témoin de ce que se racontent spontanément les scientifiques, lorsqu'ils n'ont pas de calepin ou de microphone brandi sous le nez... Quel éclairage inédit sur l'actualité !

— Tu sais que Craig Venter, qui travaille à séquencer le génome humain, est en train de construire un être vivant artificiel ?

— Ah oui, le projet de bactérie minimaliste... Et alors ?

— Il a pris la bactérie *Mycoplasma genitalium*, qui a le plus petit génome cellulaire qu'on connaisse, seulement 470 gènes, et il les désactive un à un, en utilisant des transposons\*, pour savoir quels gènes sont vraiment nécessaires à la bactérie pour fonctionner. En fait, il cherche le génome minimal pour concevoir un organisme vivant.

— Mmm... et alors ?

— Mais c'est révolutionnaire ! Tu sais qu'on n'a encore jamais vu un organisme vivant fonctionnel qui ne soit pas lui-même issu d'un autre organisme vivant. Venter dépasse ce principe : quand il aura identifié les gènes indispensables à cette bactérie, il va les reconstituer et les assembler *in vitro*. C'est bien mieux que toutes ces histoires de vie artificielle des informaticiens, ou que le *A-life* des théoriciens de la biologie. Craig Venter va vraiment créer la vie !

— Tu y vas un peu fort, non ? Il a beau faire la une des journaux, il ne crée rien du tout, Craig Venter ! Il se contente de refaire de la vie à partir de la vie, c'est tout. En fait, il

reconstruit des microbes dont on ne sait pas du tout s'ils pourraient survivre hors de leur milieu de culture. C'est plutôt limité comme intérêt, non ?

— Peut-être, mais c'est comme ça qu'on va découvrir comment fonctionnent les cellules au plan fondamental, de quels gènes elles ont absolument besoin pour synthétiser les protéines vitales, et comment l'évolution a procédé pour créer les formes vivantes que nous connaissons aujourd'hui.

— Mais pas du tout ! Encore une fois, tu exagères... Ces expériences sont très limitées, elles ne forment qu'une des approches possibles pour étudier la cellule au niveau fondamental. Rappelle-toi : chaque fois qu'on a séquencé un micro-organisme, on a pensé découvrir les *patterns* génétiques qui déterminent les

fonctions vitales, des systèmes qui seraient universels pour tous les organismes. À chaque fois, on a échoué : pas de *pattern* universel, pas d'illumination lorsqu'on scrute le catalogue des gènes. Souviens-toi du séquençage d'*Hæmophilus influenza*. On croyait trouver les *patterns* de fonction, les règles d'interaction de base entre les gènes et les protéines. Et puis non, rien du tout ! Des microbes très proches sur le plan structural se servent de gènes différents pour remplir les mêmes fonctions vitales. C'est vrai qu'on connaît des types de gènes plus fondamentaux, des gènes de structure, mais ils diffèrent beaucoup. Et dans l'ensemble, à chaque fois qu'on séquence un nouvel organisme, on ignore la fonction de plus de 50 % de ses gènes. La moitié, tu te rends

compte ! Autant dire qu'on est totalement ignorants. La plus simple entité vivante, comme celle sur laquelle travaille Venter, est encore trop complexe pour qu'on en comprenne les rouages. Lui, il a l'oreille des journalistes parce que ses recherches sont très à la mode, mais en fait elles sont totalement dénuées d'intérêt !

— C'est vrai que cette approche de « bricolage » de la vie par la re-création des formes les plus simples a peut-être ses limites, mais on verra bien ; ça vaut la peine d'essayer. D'un autre côté, j'admets qu'il existe d'autres approches intéressantes, comme les recherches sur les archéobactéries, et celles sur les molécules organiques autorépliquantes. Il faut avouer que nous, en biologie moléculaire, on ne les estime pas beaucoup. Quant aux médias, c'est le *black-out* total, ils n'en parlent jamais. Comme dit le patron, « les chimistes et les évolutionnistes n'ont plus la cote, pas plus auprès des organismes subventionnaires qu'auprès du public ». Chose certaine, les médias les trouvent bien moins spectaculaires que nous, avec nos gènes soi-disant tout-puissants...

— Là-dessus, je suis plutôt d'accord... Il y a de grands secteurs de recherche qui sont ignorés, et souvent à tort. Par ailleurs, c'est juste de dire qu'en biologie moléculaire et en génétique, on est très « médiatique ». Malheureusement, il arrive souvent que les journalistes racontent n'importe quoi. Avec eux, dès qu'on fait quelque chose, c'est soit la découverte du siècle, soit la manipulation qui menace l'humanité. Pas de milieu, pas de nuance !

— Tu as bien raison. Ah ! ces journalistes !

\* Un transposon est un élément génétique formé d'ADN, pouvant se déplacer à l'intérieur des chromosomes.

Le magazine scientifique de l'heure

# zone

Animé par Frédéric Loiseau

**DIMANCHE 18 H**



**Télé-Québec**

VENEZ VOIR AILLEURS !

Avec la participation du ministère de la Culture et des Communications du Québec.  
Programme « Étalez votre science ». Production Icotop inc.

# Dernière révolution

**La station spatiale *Mir* à la ferraille? Pourtant, les Russes la considèrent comme une pièce inestimable de leur patrimoine et ne veulent pas s'en défaire. Cela met en péril leur participation à la *Station spatiale internationale*.**

Par Vincent Sicotte

**L**es Russes s'offrent quelques révolutions de plus. La station *Mir* tournera autour du globe encore au moins jusqu'au mois d'août. Ce sursis, accueilli avec soulagement en Russie, où *Mir* est un fleuron national, ne fait que repousser l'échéance fatale. La destruction de la station spatiale, inévitable, marquera la fin de l'extraordinaire odyssee qui a permis à des Terriens d'habiter l'espace pendant près de 15 ans.

C'est grâce à des fonds privés que *Mir* pourra rester en orbite, comme l'a fait savoir Energia, la société sous contrôle d'État propriétaire de *Mir*. Comble de l'ironie : l'investisseur provient des États-Unis ! Sept millions de dollars américains ont déjà été versés à Energia par MirCorp, sur un investissement total de 20 millions \$US.

Cet argent sera vite dépensé : une fusée *Progress* (inhabitée) et une *Soyouz* (habitée) doivent être lancées pour colmater une petite fuite d'air et ravitailler la station en ergol. Une autre *Progress* pourrait compléter la mission. Facture des trois lancements : un peu moins de 20 millions \$US.

Qu'est-ce que les Américains vont faire dans cette galère ? Selon Keith Cowing, responsable du site Web indépendant NASA Watch, MirCorp aurait l'intention de faire dans le tourisme spatial en vendant des visites sur *Mir* pour la modique somme de 30 à 50 millions \$US. Des propositions d'affaires, commerciales, publicitaires et scientifiques

circuleraient aussi autour de l'entente globale entre MirCorp et Energia. Si l'entreprise suscite l'intérêt, des plans existent, selon Keith Cowing, pour réparer et remettre en état les parties endommagées de la station, voire de l'agrandir.

Toutefois, les montants en jeu sont minimes en comparaison des 250 millions \$US que *Mir* exige annuellement. Energia réussira-t-elle à amasser une telle somme ?

Chose certaine, *Mir* ne restera pas en orbite au delà de l'an 2002. Ainsi l'a décidé le gouvernement russe. Si d'autres fonds apparaissent, en plus de ceux de MirCorp, l'agence spatiale russe planifiera d'autres missions habitées. Sinon, on prévoit « désorbiter » la station au mois d'août.

Après tout, si les Russes veulent prolonger la vie de la station, ça les regarde, pourrait-on penser. Eh bien non ! Cette décision a un impact sur la construction de la *Station spatiale internationale* (ISS). En principe, depuis l'été dernier, Moscou ne met plus un rouble dans sa station. Or, les vaisseaux envoyés sur *Mir* étaient destinés à l'ISS. Le gouvernement russe, déjà lourdement endetté, devra donc trouver de l'argent neuf pour construire de nouveaux lanceurs.

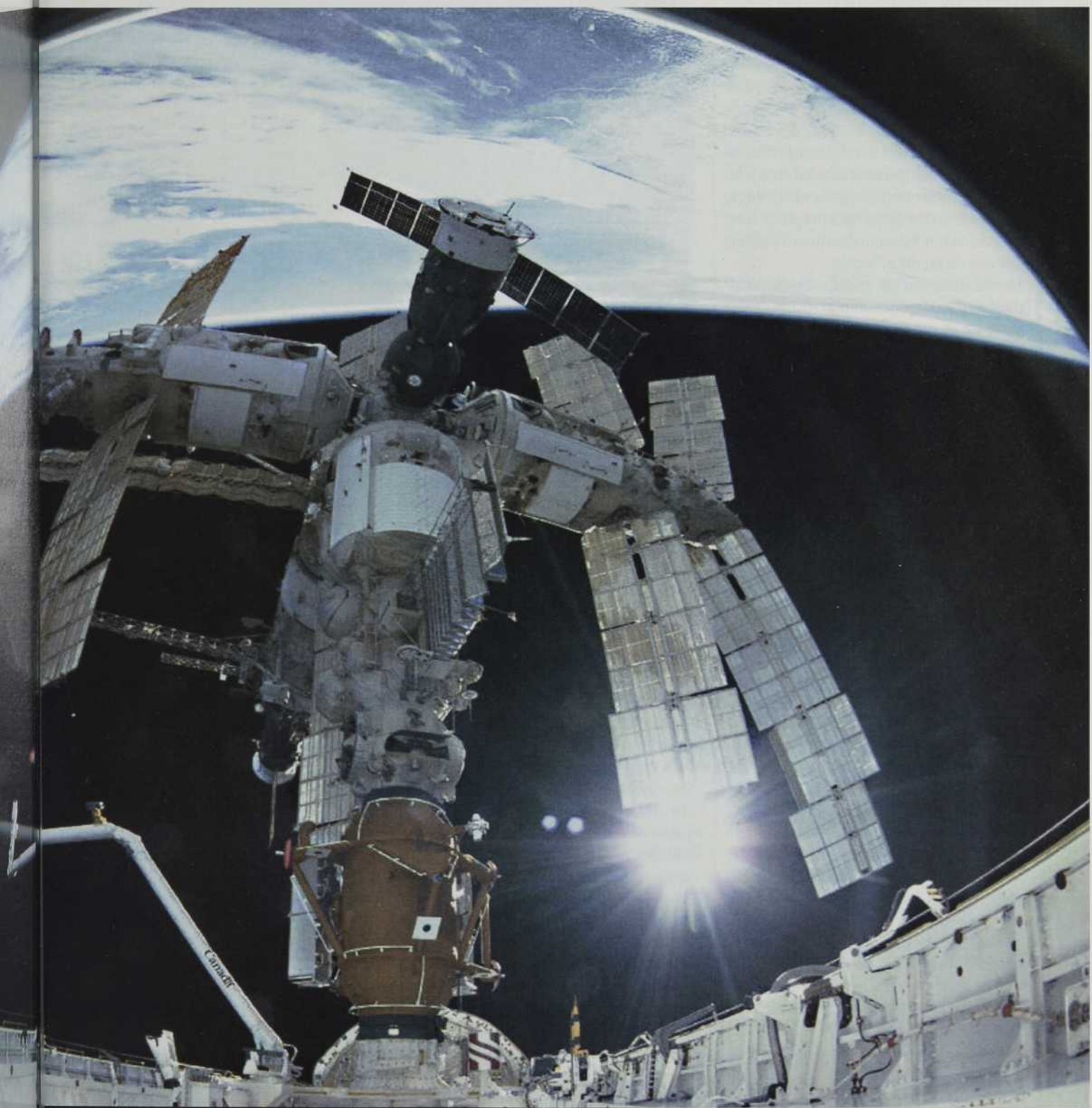
Des retards pourraient encore bousculer le programme de construction de l'ISS. Actuellement composée des modules *Zarya* et *Unity* (lancés en novembre et décembre 1998), la Station attend le module *Zvezda* (étoile, en russe). Or la date prévue pour son lancement



NASA



# olutions pour *Mir*



ne cesse d'être reportée : après être passée de l'été 1999 jusqu'au mois de novembre, puis janvier 2000, on vise maintenant août prochain. Divers incidents ont forcé les autorités à repousser le lancement de cette précieuse cargaison, qui n'existe pas en double.

Pièce maîtresse de la contribution russe, *Zvezda* sera la première section habitable de la Station. Elle aurait dû recevoir ses premiers habitants en mars 2000. De plus, *Zvezda* doit servir de propulseur pour remonter la Station et doit l'alimenter en électricité. En attendant, c'est le module *Zarya* qui fait ce travail. Mais il n'était pas conçu pour le faire si longtemps. Actuellement, la certification des systèmes électriques de *Zarya* — la « garantie », en quelque sorte — arrive à échéance. Ses batteries montrent des signes d'épuisement.

Tous ces problèmes donnent des maux de tête aux planificateurs de missions, à Houston. Des discussions avaient lieu à la NASA, en janvier dernier, pour modifier la séquence des vols de façon à préparer très rapidement une mission destinée à pallier l'absence du module *Zvezda*.

La construction du grand mécano spatial est suffisamment complexe sans qu'on doive y ajouter toutes les préoccupations liées à une deuxième station. Pourquoi les Russes, partenaires dans la construction de l'ISS, ne se débarrassent-ils pas de *Mir* ?

« Il y a plusieurs lobbies politiques et industriels qui veulent garder en orbite la fierté du programme spatial russe, affirme Keith Reiley, directeur du bureau d'intégration des missions, au Johnson Space Center. Pour l'industrie aérospatiale russe, c'est aussi une source éventuelle de revenus, très précieuse en ces temps difficiles. »

Selon lui, les Russes craignent par-dessus tout un délai prolongé entre la chute de *Mir* et la mise en opération de *Zvezda*, qui pourrait provoquer l'effondrement de l'agence spatiale russe et la disparition pure et simple de leur programme spatial. « Dans la situation très difficile qu'ils vivent actuellement, cette crainte est tout à fait fondée. » *Mir*, cette bête noire des hauts dirigeants de la NASA, constitue une sorte de garantie pour les Russes.

Et même si la transition *Mir-Zvezda* se faisait en douceur, l'industrie aérospatiale s'en ressentirait. « L'abandon de *Mir* se traduira par des licenciements au TSOUP (le centre de contrôle russe), mais également dans tout le secteur aérospatial en Russie. Sur 100 000 personnes, 80 000 pourraient se retrouver au chômage », expliquait à *Ciel & Espace* le responsable adjoint du service d'information du TSOUP.

# La datcha de l'espace



ESACINES

Arrivée d'un des derniers équipages de *MIR* en août 1999. Au total, la station Russe aura accueilli 26 groupes de cosmonautes.

**A**u TSOUP, en banlieue de Moscou, règnent la tristesse, l'incompréhension et la colère. Pour plusieurs, *Mir* a acquis une valeur sentimentale, telle une vieille maison pleine de souvenirs. Nombreux sont ceux qui trouvent incompréhensible de la désorbiter, alors qu'on est bien loin de commencer à faire de la recherche sur l'ISS. Une responsable de mission russe résumait au magazine français *Ciel & Espace* un sentiment général : « L'objectif des États-Unis est de briser l'astronautique russe. »

Malgré l'amertume et le désarroi des contrôleurs russes, dans quelques mois (un ou deux ans, selon les plus optimistes) *Mir* recevra la visite d'un vaisseau *Progress* qui lui donnera une petite impulsion de décélération. Perdant de l'altitude, le complexe orbital de 140 tonnes commencera à s'échauffer au contact de la haute atmosphère, puis se disloquera en entrant à plus de 20 000 kilomètres à l'heure dans les couches plus denses. D'après les calculs, 95 % de la station se désintégrera dans l'atmosphère comme un gigantesque météorite. Le reste, environ six tonnes de réservoirs sphériques et de composantes en titane, plongera dans l'océan Pacifique, quelque part au sud de la Nouvelle-Zélande.

Un banal plouf ! pour marquer la fin d'une grande aventure spatiale, qui a commencé il y a 14 ans.

Le premier élément du futur complexe orbital est lancé le 19 février 1986. Ce module, appelé *Mir* (paix, en russe), est issu de la longue expérience de l'ex-URSS dans les stations orbitales. En effet, sept stations *Saliout* auront permis aux ex-soviétiques, entre 1971 et 1985, de développer la technologie et le savoir-faire de la vie dans l'espace. Prévue pour durer cinq ans, *Mir* est conçue comme le noyau d'un ensemble plus important, dont les éléments modulaires s'ajouteraient au fur et à mesure des besoins. Le principe inventé par les ingénieurs russes, celui du mécano spatial, sera d'ailleurs retenu pour l'ISS.

L'élément central de ce module est le compartiment de travail, long de sept mètres et demi, qui offre un volume habitable de 90 m<sup>3</sup>. Une dizaine de hublots parsèment les murs, qui sont enduits de couleurs différentes pour donner aux cosmonautes en apesanteur des repères entre le haut et le bas. Au début, ce compartiment sert de cabine de pilotage, aux expériences, aux repas ainsi qu'aux exercices physiques.

Le premier équipage arrive sur *Mir* en  
(suite à la page 20)



## Six mois dans l'espace

Officier de l'armée de l'air et astronaute français, Jean-Pierre Haigneré est revenu sur Terre le 28 août dernier, après un séjour de six mois dans la station *Mir*. Québec Science l'a rencontré à Paris.

**Comment sont les conditions de vie à bord de la station ?**

Elles sont tout à fait acceptables, malgré les problèmes qui surviennent de temps à autre. Mais une station spatiale n'est pas un appartement à Manhattan ou à Paris. On n'est pas non plus avec sa famille, mais avec un équipage international qui ne parle pas forcément anglais. Au total, 26 équipages ont vécu sur *Mir*, des astronautes d'une dizaine de pays y ont cohabité. Cela peut occasionner des frictions, car chacun a ses petites habitudes... Ces problèmes culturels sont plutôt liés au manque

d'éducation et d'ouverture. Certains membres d'équipage éprouvent des difficultés dans ce milieu où l'on ne parle pas anglais. Nous, Français, y sommes habitués. En plus, pour certains astronautes, leur séjour sur *Mir* a été plus ou moins imposé. Nous étions volontaires.

Les astronautes américains, qui sont habitués à un certain niveau de luxe et de technologie, sont peut-être moins bien préparés à expérimenter des conditions de vie acceptées par les Russes. Ils n'ont pas le même sens du confort et de l'organisation du travail. Les Américains sont très organisés, les Russes ont davantage l'habitude de l'improvisation. Les Américains aiment les appareils modernes qui fonctionnent bien, alors que les Russes sont habitués à compenser eux-mêmes les défaillances du système. Ils acceptent de vivre dans un confort restreint et se contentent d'une nourriture monotone.

**Les critiques des Américains, sur le prétendu délabrement de *Mir*, n'étaient donc pas fondées ?**

Dire que *Mir* fonctionne parfaitement serait un peu exagéré. Il y a des problèmes de thermorégulation. Ce système est vieillissant et ses composantes tombent souvent en panne. On a vécu des niveaux de température plus élevées que 30 °C pendant plusieurs mois. Et faire du sport à 34 °C

pose certains problèmes... En même temps, la température à d'autres endroits descendait en dessous de 20 °C. Cela restait acceptable, si on organise sa vie en conséquence, mais notre confort en était certainement réduit. La pression atmosphérique à l'intérieur était relativement faible. Par ailleurs, il faut bien l'avouer, la nourriture n'était pas bonne.

Le plus gros problème reste cependant les moyens de communication, qui étaient inadéquats. Dès le début du vol, le satellite de retransmission est tombé en panne, et les systèmes au sol ont mal fonctionné. Les liaisons radio étant très mauvaises, la capacité du Centre de contrôle était grandement diminuée. C'est ce qui a été le plus pénible pour moi, dans cette mission : pas les 34 degrés ni la baisse de pression, mais l'impossibilité de recevoir des instructions claires, de discuter facilement des problèmes, et d'envoyer les textes et photos pour faire partager notre expérience au public.

**Dans quel état se trouve *Mir* aujourd'hui ?**

La station est maintenant en régime de conservation. Tous les systèmes inutiles ont été coupés, plusieurs modules ont été fermés. Si *Mir* ne consomme pas ses combustibles, elle peut tenir largement six mois. Mais il y a un problème. En ce moment, il y a une fuite d'air quelque part sur la station. Nous n'avons pas pu la mesurer, mais cette fuite est légère : *Mir* ne se videra pas en quelques jours. Mais elle est tout de même assez significative pour qu'on ignore quelle pression régnera à bord en février 2000, alors que les Russes prévoient y envoyer un équipage. (Ce dernier équipage devait préparer *Mir* à la désorbitation. NdA.)

**Un autre vol de longue durée est-il envisageable ?**

Pourra-t-on « regonfler » la station ? Tout dépend de la fuite. Il y a eu des rumeurs à propos des Chinois. Ils se préparent à la Cité des étoiles (le centre d'entraînement des Russes), ils ont un programme pour envoyer un vaisseau de type *Soyouz* (qui peut s'amarrer à *Mir*). Néanmoins, les Chinois ne sont pas tout à fait prêts. Je ne vois pas ce vol vers *Mir* dans l'année qui vient. La priorité pour ce pays, c'est de lancer ses astronautes par ses propres moyens.

Propos recueillis par Vincent Sicotte

(suite de la page 18)

mars 1986. Leonid Kizim et Vladimir Solovoy sont les premiers à séjourner dans le module durant deux séjours consécutifs de 52 et 21 jours, avec un intervalle de 51 jours sur *Saliout 7*. Ils récupèrent de l'équipement, puis abandonnent *Saliout*. Quatre ans et demi plus tard, en février 1991, cette dernière entre dans l'atmosphère au-dessus de l'Amérique du Sud et se désintègre. Des pièces sont retrouvées en Argentine.

Depuis l'arrivée du second équipage, en février 1987, *Mir* est occupée sans interruption jusqu'en août 1999 (mis à part un intermède de 200 jours, en 1988-89). Au fil des ans s'ajoutent cinq modules cylindriques supplémentaires, mesurant de 6 à 13 mètres et pesant de 10 à 20 tonnes. Fin mars 1987, le module *Kvant 1* rejoint le module principal en lui ajoutant 40 m<sup>3</sup> d'espace habitable. Responsable de l'orientation de la station, c'est aussi un laboratoire spécialisé en astrophysique. La recherche commence d'ailleurs avec éclat : de juin à septembre, les cosmonautes étudient la supernova 1987a du Grand Nuage de Magellan, grâce à un observatoire à rayons X.

Un module habitable vient ensuite agrandir la *datcha* de l'espace. *Kvant 2*, lancé en novembre 1989, ajoute 60 m<sup>3</sup> d'espace habitable. Il comporte entre autres une douche, un sas pour les sorties dans

l'espace et quelques instruments scientifiques. Puis, en juin 1990, c'est le lancement du module *Kristall* (espace habitable : 60 m<sup>3</sup>), un laboratoire spécialisé dans l'élaboration de matériaux en apesanteur et dans l'observation de la Terre.

En décembre 1990, une nouveauté au pays de Lénine : le premier vol spatial commercial de l'histoire soviétique permet à un journaliste japonais, Toyohiro Akiyama, de séjourner sur la station. Le réseau de télévision d'Akiyama défraie les coûts de déplacement de son journaliste : 14 millions \$US.

En février 1991, on fête les cinq ans de la station *Mir*. Au même moment, les cosmonautes Afanaseyev et Manarov aperçoivent, tout en bas sur la Terre, dans le Golfe Persique, d'immenses traînées d'huile, des feux et des colonnes de fumée s'échappant des villes côtières : c'est la guerre du Golfe. Aussi, l'année 1991 voit l'explosion de l'URSS et l'effondrement de l'économie du pays, qui bouleverseront totalement le paysage spatial russe. Le cosmonaute Sergueï Krivalev, qui a décollé en mai 1991 et devait revenir en octobre suivant, voit son retour retardé par des restrictions budgétaires. Lorsqu'il revient finalement, en mars 1992, l'URSS n'existe plus.

L'industrie aérospatiale est presque anéantie dans la tourmente. Dès le tournant des

années 90, le pays de Korolev et de Gagarine n'a plus les moyens de ses ambitions spatiales. La navette spatiale russe *Bourane* est définitivement clouée au sol après un vol d'essai. Les derniers modules de *Mir* ne peuvent être complétés. Son sort paraît scellé, à court ou moyen terme, par l'adhésion officielle en décembre 1993 de la Russie au grand projet de la *Station spatiale internationale*. Dès lors, il n'y a plus de place pour deux stations, et les Américains ne cessent d'exiger de leur partenaire l'abandon de *Mir* qui, pour eux, tourne en orbite comme un mouche agaçante.

Les Russes ont accueilli gratuitement, à bord de *Mir*, des cosmonautes d'à peu près tous les pays de l'ancien bloc communiste, Vietnamiens et Cubains compris. Au total, 103 astronautes, dont 62 étrangers de 11 pays différents, auront séjourné dans la station, au cours de 26 missions. Les non-communistes ont quant à eux payé au prix fort leur visite, faisant entrer des sommes importantes dans le pays endetté. Ironiquement, la plus importante subvention est venue de l'ancien rival : les États-Unis.

Commencée en février 1995, la Phase 1 de l'ISS est un véritable ballet spatial entre la navette américaine et la station russe. Ces neuf amarrages de navette à la station *Mir* ramènent sur Terre des images saisissantes

## Pour un avenir réussi !

Entrenez dès maintenant une formation de pointe en informatique à l'Université du Québec à Hull !

- **Certificat en informatique**
- **Certificat en informatique de gestion**
- **Baccalauréat en informatique** (cheminement régulier ou coopératif\*)
- **Baccalauréat en génie informatique**
- **Diplôme d'études supérieures spécialisées en informatique des télécommunications**

\* Trois stages en entreprise, rémunérés et d'une durée de quatre mois chacun.

### Pour en savoir davantage !

Bureau du registraire

(819) 773-1850 ou sans frais le : 1 800 567-1283, poste 1-1850

Courrier électronique : [registraire@uqah.quebec.ca](mailto:registraire@uqah.quebec.ca)

Site internet : [www.uqah.quebec.ca](http://www.uqah.quebec.ca)

Venez étudier  
en informatique  
dans la région  
reconnue comme  
étant la « Silicon  
Valley du Nord ».



L'UNIVERSITÉ  
EN OUTAOUAIS

Université  
du Québec  
à Hull

## Mir au cinéma

Les Russes veulent tourner un film sur *Mir*. Si le projet voit le jour, *Le Dernier Voyage* mettra en vedette l'acteur russe Vladimir Steklov qui prendra place sur le prochain vol habité vers la station orbitale. Avec un budget de 206 millions \$US, ce film sera scénarisé par John Daly, celui-là même qui a produit *Le Patient anglais* et *Terminator*.

Mais cette nouvelle a provoqué l'ire de Daniel Goldin, le patron de la NASA, qui a convoqué d'urgence ses partenaires internationaux, fin février, pour discuter du rôle de la Russie dans l'avenir de la *Station spatiale internationale*. En effet, si le module *Zvezda* ne décolle pas en juillet, la NASA pourrait lancer son propre module habitable, le *Interim Control Module*, ce qui remettrait sérieusement en question toute la participation russe.

de la station, et un transfert de 400 millions \$US vers la Russie. Sept Américains séjournent à bord de *Mir*. La portée symbolique de l'événement n'échappe à personne : une nouvelle ère de coopération s'ouvre, sur la Terre comme au ciel.

L'astronaute Shannon Lucid, la femme qui détient le record du plus long séjour dans

l'espace (188 jours), a décrit son expérience dans *Scientific American* (mai 1998). Pour cette « enfant de la guerre froide », il était extraordinaire de pouvoir vivre à bord d'une station spatiale russe, de travailler et de socialiser avec un officier de l'armée et un ingénieur russes. « Il y a 10 ans à peine, un tel scénario aurait été jugé plausible seulement pour un roman de science-fiction », écrit-elle.

L'argent frais permet enfin d'achever la construction des derniers modules. Lancé en mai 1995, le module *Spectre* est le principal producteur d'électricité avec ses grands panneaux solaires. *Spectre* est également un laboratoire spécialisé en géophysique. Il est suivi en avril 1996 du module *Priroda*, dédié à la télédétection.

En 1997, une série noire frappe *Mir*. Les deux pires accidents de l'espace, un incendie et une dépressurisation, surviennent à quelques mois l'un de l'autre. La collision, le 25 juin 1997, entre un cargo *Progress* et le module *Spectre* provoque le premier incident. Rapidement, on isole ce module du reste de la station. Il est encore inopérant aujourd'hui. Des membres du Congrès américain émettent de très vives critiques envers les Russes, les accusant de mettre en danger les astronautes américains.

Toutefois, ces malchances ne réussissent pas à ternir le legs impressionnant de la station *Mir*. Tous les experts s'accordent pour dire que les Russes ont acquis, durant ces 14 années, une compétence unique dans la maîtrise des technologies, des systèmes et de la médecine spatiale nécessaires à la vie en apesanteur. Ils se sont rendus indispensables dans la conquête de l'espace. Au plan scientifique, plus de 16 000 expériences scientifiques de toutes sortes ont été réalisées sur *Mir*, dans des domaines divers : cristallographie de protéines, physiologie et psychologie humaines, science des matériaux, étude des radiations, observations de la Terre, biologie et astronomie.

Il est maintenant prouvé que l'homme peut vivre dans l'espace, et c'est grâce aux Russes. ●

### Pour en savoir plus :

Un récit captivant, qui se lit comme un roman d'aventures.

**Crises à bord de la station Mir**, Burrough, B., Éd. Jean-Claude Lattès, Paris, 1999.

La section « *Mir* » de l'imposante *Encyclopedia Astronautica* :

[www.friendspartners.org/~mwade/project/mir.htm](http://www.friendspartners.org/~mwade/project/mir.htm)



**Finale québécoise**

Du 6 au 9 avril

**Université du Québec  
à Chicoutimi**

555, boul. de l'Université Est, Chicoutimi

**Super  
Expo  
sciences  
Bell  
2000**

Jeu de 13 h à 16 h et 19 h à 21 h30

Vendredi de 9 h à 12 h et 19 h à 21 h30

Samedi de 9 h à 12 h et 13 h à 17 h

Dimanche de 9 h30 à 12 h

Défi Génie inventif : samedi à 14 h

**Pour votre information : 418-545-5042**





## Enfants et douleur :

# la fin des larmes

**Voilà 15 ans, des nouveau-nés étaient encore opérés sans analgésique. Aujourd'hui encore, les enfants grands brûlés reçoivent rarement des opiacés, contrairement à la majorité des adultes. Les réticences au soulagement de la douleur chez les tout-petits s'amenuisent, mais il reste du chemin à faire.**

par Catherine Dubé

Josiane, une belle petite blonde de cinq ans, a l'habitude des traitements contre la leucémie. Pourtant, le visage de la fillette se crispe quand l'infirmière approche l'aiguille pour mettre en place la perfusion. Assise sur les genoux de sa maman, Josiane ne bouge pas la main qui recevra le cathéter. Mais la grimace qu'elle affiche et les larmes qu'elle retient traduisent toute son angoisse. On ne s'habitue pas à la douleur.

Expérience éminemment personnelle, la douleur ne peut malheureusement pas être observée sous le microscope. Seule la personne qui la ressent peut réellement l'évaluer. L'adulte peut facilement dire où et à quel point il a mal. Ce n'est pas toujours le cas pour le petit bonhomme de quatre ans et encore moins pour le nouveau-né.

Cette difficulté peut donner lieu à des histoires d'horreur, comme celle, pas si lointaine, du petit Jeffrey Lawson, un prématuré opéré trois mois après sa naissance sans aucun analgésique dans un hôpital du Mary-

land. C'était en 1985. Ses médecins croyaient que le système nerveux des nouveau-nés n'était pas suffisamment développé pour qu'ils ressentent la douleur. Ils se sont contentés de lui donner un relaxant musculaire, pour éviter qu'il ne bouge. Cette croyance était encore répandue à ce moment.

Bébé Jeffrey n'a pas été le seul à souffrir. Au milieu des années 80, les enfants de moins de 15 mois ne recevaient presque jamais d'anesthésique avant une chirurgie dans les hôpitaux américains, comme l'a montré Joann Eland dans ses travaux.

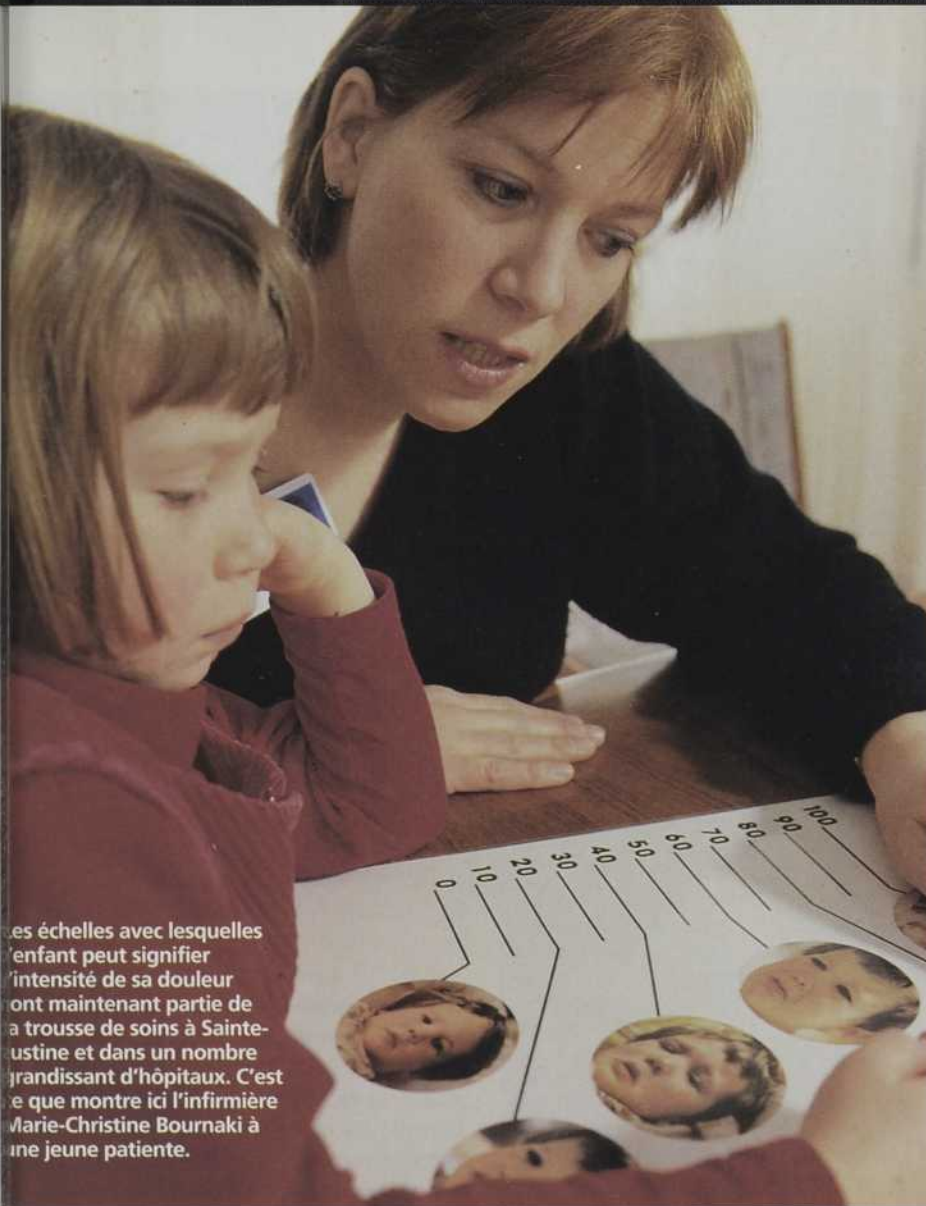
« Au Canada aussi c'était courant », affirme le docteur Édith Villeneuve, l'anesthésiste responsable de la clinique de la douleur à l'hôpital Sainte-Justine.

On sait aujourd'hui que le fœtus peut ressentir la douleur dès la 26<sup>e</sup> semaine de grossesse. En fait, il la ressent peut-être même davantage qu'un adulte. Dans la moëlle épinière, le système de transmission de la douleur se développe avant le système

permettant de la moduler par les substances antidouleur que nous produisons naturellement. (Voir encadré.)

Dans les hôpitaux, les choses s'améliorent, mais il reste du chemin à faire. Marie-Christine Bournaki, infirmière et professeure adjointe à la faculté des sciences infirmières de l'Université de Montréal, analyse depuis quelques années les soins entourant la douleur chez l'enfant. Dans une étude menée conjointement avec la chercheuse Celeste Johnston, elle s'est aperçue que seulement 8 % des enfants reçus à l'urgence recevaient un analgésique. Lors d'une étude menée auprès d'enfants venant d'être opérés, la moitié lui ont fait part de douleurs allant de modérées à sévères la journée suivant l'intervention. Presque tous avaient des prescriptions d'analgésiques « au besoin », mais pour 20 % d'entre eux, les doses n'étaient pas suffisantes pour soulager.

La prescription « au besoin » laisse le choix à l'infirmière de donner, par exemple, entre



Les échelles avec lesquelles l'enfant peut signifier l'intensité de sa douleur ont maintenant partie de la trousse de soins à Sainte-Justine et dans un nombre grandissant d'hôpitaux. C'est ce que montre ici l'infirmière Marie-Christine Bournaki à une jeune patiente.

Normand Blouin

1 et 2 mg/kg de médicament à tous les trois ou quatre heures. « Le problème, c'est que les infirmières ont tendance à donner la plus petite dose, et d'attendre le plus longtemps possible pour le faire », souligne Céline Pilon, infirmière à l'hôpital Sainte-Justine, qui a participé à la mise sur pied de la clinique de la douleur, il y a huit ans.

Il est bien difficile de modifier ce genre d'attitude, fruit de l'enseignement dispensé dans nos écoles de médecine. Le personnel soignant a longtemps cru que les narcotiques risquaient d'être dangereux pour les enfants, et qu'il valait mieux les laisser souffrir un peu. Aujourd'hui, les mythes ont été défaits, mais les manuels de médecine n'accordent encore que peu de place à la douleur et à son soulagement.

La diffusion des connaissances est davantage l'affaire de professionnels qui ont fait du soulagement de la douleur un cheval de bataille au sein de l'Association internationale pour l'étude de la douleur.

« Les connaissances sont diffusées, mais n'ont pas toujours d'effets dans la pratique »,

remarque Marie-Christine Bournaki. Le docteur Villeneuve peut en témoigner : « Des circoncisions sans aucun analgésique, ça existe encore, dit-elle. Avant une chirurgie, on demande aux parents si l'enfant a déjà subi une anesthésie locale ou générale. Certains nous répondent non et on se rend compte ensuite que l'enfant est circoncis. »

Pour se consoler, on peut se comparer à pire. Une enquête menée en 1998 auprès de 20 hôpitaux français concluait que seulement une douleur sur deux était soulagée chez l'enfant.

**L**a première difficulté avec la douleur, c'est qu'elle est subjective. Impossible de déterminer à première vue si une intervention, une blessure ou une maladie fera plus ou moins mal à l'enfant.

Pour soulager adéquatement, il faut trouver le moyen d'évaluer l'intensité de la douleur. « On croit à tort que l'enfant est trop jeune pour juger de sa douleur et que l'infirmière ou le parent est mieux placé pour le faire, dit Céline Pilon. Mais même les jeunes

enfants sont capables de nous dire s'ils ont mal et comment. » Dès l'âge de trois ou quatre ans, ils peuvent décrire leur douleur si on leur pose des questions simples.

Les échelles, avec lesquelles l'enfant peut signifier l'intensité de sa douleur, font maintenant partie de la trousse de soins à Sainte-Justine et dans un nombre grandissant d'hôpitaux. Les enfants assez âgés sont en mesure d'utiliser les échelles graduées, la plupart du temps de 1 à 10; 1 signifiant « pas de douleur du tout » et 10 « la plus grande douleur que l'on puisse imaginer ». Il s'agit pour eux de positionner le curseur sur le chiffre qui décrit le mieux ce qu'ils ressentent. Pour les tout-petits, plusieurs autres outils ont été mis au point. L'échelle des faciès, par exemple, présente six visages dont l'expression va du sourire à la grimace pour illustrer le degré de douleur.

Ces outils sont utiles, mais pas parfaits, note le docteur Édith Villeneuve. Habituellement, on explique le fonctionnement de l'échelle avant une intervention chirurgicale, de façon à ce que l'enfant puisse immédiatement signifier l'intensité de sa douleur en salle de réveil. « Certains enfants pointent toujours le visage souriant, parce qu'il les attire, dit l'anesthésiste. D'autres ne veulent plus voir l'échelle, car ils l'ont associée à la douleur de l'opération qui a suivi. »

C'est pourquoi l'observation du comportement et des signes physiologiques de l'enfant est primordiale. La pâleur, une augmentation du rythme respiratoire et du rythme cardiaque peuvent être des indices que l'enfant a mal, tout comme les pleurs, les gémissements et l'irritabilité. Il s'agit pour l'infirmière ou le médecin de faire preuve de jugement pour départager la douleur de l'anxiété. Et les infirmières aguerries savent qu'un enfant très calme peut être souffrant. Il s'isole parce qu'il souffre trop. Certains, à l'inverse, joueront pour oublier qu'ils ont mal. En les observant, on se rend parfois compte qu'ils évitent de bouger certaines parties de leur corps, signe qu'elles sont douloureuses.

Autre embûche : les enfants présentant des problèmes neurologiques ou locomoteurs ne réagissent pas toujours de la même façon que les autres à la douleur. Certains indices, comme la raideur des membres, ne sont plus utiles dans le cas d'un enfant atteint de paralysie cérébrale, par exemple. Dans cette situation, la collaboration des parents devient primordiale.

Mais c'est avec les bébés que se pose avec le plus d'acuité le problème de l'évaluation de la douleur, puisqu'ils n'ont pas les moyens



de la signifier verbalement. En s'inspirant de grilles existantes, Nicole Blais, une infirmière spécialiste de l'exercice infirmier en pédiatrie et néonatalogie à

l'Hôtel-Dieu de Québec, a mis au point des grilles d'observation facilitant le travail d'évaluation.

La première sert pour les prématurés. Comme ils sont souvent intubés, ils ne peuvent pleurer et leur faiblesse ne leur permet pas non plus de signifier en gigotant ou en raidissant leurs membres qu'ils ont mal. On note donc la mesure de critères physiologiques comme leur rythme cardiaque et le taux de saturation en oxygène de leur sang. L'expression de leur visage est aussi un bon indicateur.

Pour les bébés nés à terme, la grille sert à noter les comportements plutôt que les signes physiologiques. Les tout-petits ont une telle aversion envers les interventions que leurs pulsations cardiaques montent à tout coup. Impossible de démêler ensuite si cela est dû à la douleur ou à la situation.

On évalue donc leur expression corporelle, leur expression faciale et leur capacité à être consolé, en accolant un chiffre correspondant au comportement de l'enfant. De zéro à trois mois, on mesure aussi la durée de leur sommeil; pour les enfants de trois mois et plus, on évalue leur intérêt pour l'entourage. On tient également compte des facteurs pouvant influencer le résultat, comme le fait que le bébé soit à jeun ou qu'il ait peur des étrangers.

Le résultat, sur 10, donne une idée de l'intensité de la douleur de l'enfant. Il revient à l'infirmière de décider de ce qu'il convient de faire, selon la douleur ressentie dans les heures précédentes, les analgésiques qui ont déjà été donnés, etc.

Ce suivi constitue un avantage notable. Pour une infirmière qui prend son tour de garde, lire au dossier des expressions vagues du genre « semble souffrant » ou « pleurs » n'est guère utile. « La grille permet de s'assurer que tous regardent les mêmes signes pour évaluer la douleur », explique Nicole Blais. Le fait que l'on accorde un chiffre au comportement — un visage détendu vaut 0, des grimaces passagères 1, et un visage crispé 2 — permet à l'infirmière de voir facilement si le comportement a changé dans le temps.

Il peut aussi être utile de prêter l'oreille aux pleurs de l'enfant. Celeste Johnston, des sciences infirmières de l'Université McGill, s'y est intéressée pour déterminer s'il y avait un type de pleurs associé à la douleur. L'analyse spectrographique des cris d'enfants dans certaines situations a démontré des

## Ouille!

La douleur débute toujours par l'activation de récepteurs sensitifs de notre peau, de nos muscles ou de la paroi de nos viscères. Certains de ces récepteurs, appelés nocicepteurs, ne sont sensibles qu'aux stimulations mécaniques. D'autres nocicepteurs sont également sensibles aux stimulations chimiques et thermiques. Ils réagissent aux substances chimiques du processus inflammatoire que sont les prostaglandine, histamine, sérotonine, etc. Les anti-inflammatoires non stéroïdiens comme l'ibuprofène (Motrin, Advil) calment d'ailleurs la douleur en inhibant la synthèse de ces substances chimiques.

Le cortex cérébral reçoit le message des nocicepteurs, qui est relayé par la moelle épinière. L'analyse du message douloureux (localisation, intensité) se fait dans le cortex pariétal et la substance réticulée du tronc cérébral.

La nature est tout de même bien faite : au long de sa route, le message douloureux peut être bloqué ou amoindri par un mécanisme de modulation baptisé « portillon », découvert par un chercheur de McGill, Ronald Melzack, et un physiologiste britannique, Patrick Wall, il y a une trentaine d'années.

La modulation par le portillon repose sur la quantité relative d'activité dans les fibres nerveuses transportant les messages sensitifs. Dans la moelle épinière, de grosses fibres relayant les sensations de toucher côtoient les fibres plus petites responsables de la douleur. Lorsque les fibres du toucher sont sollicitées par la chaleur, le froid, un frottement ou une stimulation électrique, elles libèrent de l'enképhaline, un neurotransmetteur qui est l'équivalent d'une morphine naturelle. Ce neurotransmetteur se fixe sur les récepteurs des opiacés présents dans la moelle épinière, ce qui a pour effet de « fermer le portillon » et de diminuer ou de bloquer les messages que tentent de transmettre les fibres responsables du transport de la sensation douloureuse.

différences entre les pleurs d'anxiété, de colère et de douleur. L'enfant qui a mal poussera un cri aigu, perçant et plus long que celui qui accompagne des pleurs normaux.

Ce cri particulier n'accompagne que les douleurs aiguës, précise cependant Nicole Blais. « On le perçoit très bien quand on fait une injection, par exemple. Le bébé pleure dès le début de la procédure, parce qu'il n'aime pas la situation, mais quand on enfonce l'aiguille, le cri devient perçant. On sait qu'il est dû à la douleur. Cependant, pour une douleur plus diffuse et chronique comme celle de l'enfant malade, le pleur sera très différent, un peu comme une lamentation, et plus facile à confondre avec un autre. »

Quels sont donc les moyens de soulager cette douleur, une fois qu'elle est évaluée ?

Ce n'est vraiment pas compliqué, ce sont les mêmes que chez l'adulte. Du Tylenol à la morphine, on peut tout donner aux enfants. Il s'agit simplement d'ajuster les doses en fonction de leur poids.

Mais là aussi, les croyances ont encore la vie dure. On attend parfois que la douleur soit insupportable avant de donner un médicament. Erreur : une fois la douleur installée, il est plus difficile de la calmer. De même, il est plus sage de réveiller un enfant pour lui faire prendre sa dose d'analgésique plutôt que d'attendre que ce soit la douleur qui le fasse.

La morphine, un analgésique de choix, fait encore peur. Pour les médecins, il n'y a plus de doute que la morphine doit être utilisée pour traiter la douleur aiguë; elle fait partie de l'arsenal pour soulager les enfants cancéreux ou en situation postopératoire. « Les enfants n'ont pas à souffrir inutilement », dit Yves Veillette, anesthésiste à l'hôpital Maisonneuve-Rosemont. Mais les résultats d'une étude menée par Marie-Christine Bournaki et Manon Choinière, du département d'anesthésiologie de l'Université de Montréal, sur le soulagement de la douleur dans les urgences d'hôpitaux montrent que pour des brûlures de même intensité, 94 % des adultes avaient reçu des opiacés, alors que 86 % des enfants avaient reçu une prescription d'acétaminophène.

Des effets secondaires comme la dépendance et la dépression respiratoire ont marqué les esprits, même s'ils sont très rares, selon le docteur Édith Villeneuve. « La morphine agit différemment chez la personne souffrante comparativement à celle qui recherche un effet euphorisant, car la douleur est un antagoniste », explique l'anesthésiste Villeneuve.

Ainsi, sur plus de 11 000 patients brûlés traités à la morphine, on n'a noté que quatre cas de dépendance, au cours d'une étude menée aux États-Unis. Une autre en a relevé 22, sur le même nombre de patients, mais c'étaient pour la plupart d'ex-toxicomanes.

En général, c'est le mot morphine lui-même qui fait peur. Le docteur Villeneuve se souvient d'une jeune fille de 16 ans, amputée à cause d'une méningocoquesémie, à qui elle a dû expliquer que la morphine qu'elle voulait lui prescrire était en fait un analgésique moins fort que le Fentanyl (un autre opiacé) qu'elle lui donnait depuis un certain temps déjà. « J'aimerais que vous l'expliquiez aussi à mes parents, lui a-t-elle demandé, pour ne pas qu'ils pensent que je me drogue. »

Le personnel soignant dispose de toute une panoplie d'analgésiques avant d'arriver aux opiacés tels que la morphine. Pour une douleur légère, on donne de l'acétaminophène (Tylenol, par exemple) ou des anti-



La morphine agit différemment chez la personne souffrante comparativement à celle qui recherche un effet euphorisant, car la douleur est un antagoniste. De la morphine aux enfants souffrants ? Pourquoi pas, demande le médecin Édith Villeneuve.

Normand Blouin

inflammatoires non stéroïdiens (Motrin, Advil). La bonne vieille aspirine n'est pas recommandée à cause de l'association de l'acide acétylsalicylique avec le syndrome de Reye, qui affecte d'abord le foie et le cerveau, et peut être fatal. Si la douleur persiste ou réapparaît, des opiacés faibles comme la codéine sont donnés. On passe ensuite à la morphine et aux autres opiacés forts comme l'hydromorphone (Dilaudid), un opiacé semi-synthétique.

La voie d'administration privilégiée chez les enfants est bien sûr la bouche, à cause de leur peur des aiguilles. On ne fera une injection intraveineuse ou sous-cutanée que si le petit ne peut plus avaler ou qu'il a besoin d'un analgésique plus rapide. Et on ne fait plus, sauf exception, d'injection intramusculaire, parce que c'est très douloureux. « Les enfants prétendaient ne pas avoir de douleur pour éviter la piqûre », raconte l'infirmière Nicole Blais.

Dans les départements où on soigne des enfants avec de grandes douleurs, comme les cancéreux, l'ACP (analgésie contrôlée par le patient) a la cote. Le médicament, souvent de la morphine, donné en perfusion intraveineuse ou sous-cutanée, est administré à l'aide d'une pompe dont l'enfant a lui-même le contrôle. La petite machine est programmée pour ne pas dépasser les doses permises et c'est l'enfant, en poussant sur un bouton, qui obtient une dose de médicament.

Dès l'âge de cinq ans, les jeunes comprennent le lien entre le fait de presser sur le bouton et le soulagement de leur douleur. Et ils n'en abusent pas. Au contraire. Chez les adolescents surtout, les campagnes anti-drogue ont fait leur effet et ils endurent parfois un mal qui ne serait pas nécessaire.

Pour les interventions mineures comme la pose d'un cathéter, on utilise depuis environ huit ans la crème « magique » Emla. Elle contient deux anesthésiques, la lidocaïne et la prilocaïne, et insensibilise la peau pendant quelques heures sans nécessiter l'aiguille dont les enfants ont peur. On recommande aux rabbins de l'utiliser pour les circoncisions.

Il existe évidemment aussi toute une panoplie de méthodes non pharmacologiques pour soulager la douleur. La simple distraction — chanter, bercer l'enfant, ou raconter des histoires — aide à faire oublier la douleur. « En pédiatrie, on a écouté Carmen Campagne ! » dit en souriant Nicole Blais.

Ce sont ces méthodes qui sont utilisées pour soulager les bébés, les prématurés surtout, à qui l'on doit souvent faire des prélèvements et qu'on peut difficilement soulager autrement; la crème Emla n'est pas recommandée avant l'âge de six mois. Des méthodes moins douloureuses ont aussi été développées, comme le stylo piqueur, qui pince un peu, mais de façon instantanée, contrairement à la grosse seringue. Le sa-

turomètre, qui sert à mesurer le taux de saturation du sang en oxygène, n'est plus du tout invasif; il fait la lecture au bout du doigt, grâce à la lumière infrarouge.

Et qui sait, on pourrait peut-être bientôt voir apparaître le sucre dans l'arsenal antidouleur... La suggestion vient de Celeste Johnston. Des recherches qu'elle a effectuées précédemment montraient que donner une petite dose de sucrose durant les procédures douloureuses rendaient les prélèvements de sang aux talons moins douloureux. Elle participe actuellement à une étude sur 100 prématurés de trois hôpitaux. On leur donnera 0,1 ml de sucrose sur plusieurs semaines. La substance serait responsable de la sécrétion d'endorphines qui aident à moduler la douleur.

Pour les plus vieux, la relaxation, l'imagerie mentale et l'hypnose fonctionnent aussi. Le toucher est fort bénéfique, tout comme la stimulation électrique transcutanée : un petit appareil envoie un courant de faible intensité par l'entremise d'électrodes placées sur la peau. Cette stimulation des récepteurs sensitifs bloque le message de douleur. (Voir encadré.)

Pour le personnel médical, il est possible de prévoir de quelle façon l'enfant réagira en observant son tempérament. Les enfants facilement distraits et très actifs ont une plus forte réponse à la douleur, autant du point de vue subjectif que physiologique, a découvert Marie-Christine Bournaki. Ceux qui ont un seuil de sensation bas aux stimuli sensoriels, comme la température et l'humidité, ressentent également la douleur de façon plus marquée.

Comme celle-ci demeure un signal d'alarme, son soulagement nécessite du jugement. Après une chirurgie, la douleur diminue habituellement après 48 heures. « Si la douleur augmente au troisième jour, c'est signe que quelque chose ne va pas. On va donc avertir le chirurgien, pas seulement donner un analgésique », explique Nicole Blais.

La douleur peut aider à établir un diagnostic. « Une douleur caractéristique comme celle d'une appendicite aide à diagnostiquer plus rapidement », dit le docteur Yves Veillette. On donne l'analgésique après.

La nouveauté, c'est qu'on traite la douleur dès que l'on a saisi la raison du signal. C'est essentiel pour que l'enfant se rétablisse : la douleur retarde la guérison. Elle peut causer des complications respiratoires si elle empêche de respirer à fond. Elle augmente la sécrétion d'hormones de stress. Quand la douleur disparaît, l'enfant peut recommencer à s'alimenter plus rapidement, il dort mieux et récupère plus vite. Refuser la douleur n'est pas un caprice. ●

À quoi ressemblera l'ordinateur du futur ? Qu'aura-t-il dans le ventre ? Un coup d'oeil sur les technologies les plus prometteuses.

# Des ordinateurs

Depuis près de 30 ans, le microprocesseur est seul maître du marché des ordinateurs. Il faut dire qu'il possède un atout de taille : la puissance des puces au silicium double environ tous les 18 mois. C'est la célèbre « loi de Moore », telle qu'énoncée en 1965 par Gordon Moore, le fondateur de la société Intel.

Le secret du microprocesseur : continuellement réduire la taille des transistors, ces minuscules interrupteurs situés au cœur des puces. En effet, plus un transistor est petit, plus il est rapide et facile à stocker.

Évidemment, cette course à la miniaturisation n'est pas sans limite. Un jour, les circuits seront si petits que les atomes et les électrons qui les composent commenceront à manifester leur nature quantique au point de fortement perturber, voire d'empêcher, le bon fonctionnement des puces.

C'est pourquoi on travaille déjà à des solutions révolutionnaires, dont les plus prometteuses sont présentées ici.

par Philippe Chartier

## L'ordinateur optique

Comme son nom l'indique, l'électronique est basée sur... l'électron. Or, depuis longtemps, des chercheurs rêvent d'accéder à l'ère de la « photonique », c'est-à-dire de remplacer l'électron par le photon, permettant ainsi à l'information de voyager à la vitesse de la lumière. De plus, comme les photons n'ont pas de masse et qu'ils sont insensibles aux champs électromagnétiques, cela permettrait une densité d'information inégalée.

À l'intérieur d'un ordinateur optique, on trouve des lasers, des miroirs et de petites lentilles faisant office de transistors. Selon l'intensité du courant électrique qui les traverse, ces lentilles bloquent la lumière du laser en devenant opaques (position 0) ou la laisse passer en devenant transparente (position 1).

Bien que quelques prototypes d'ordinateurs optiques aient déjà été réalisés, les photons se sont montrés jusqu'ici beaucoup plus difficiles à dompter que leurs cousins, les électrons. À court terme, on

John Lund / Tony Stone

envisage donc la création de puces hybrides : à moitié électroniques, à moitié optiques. Des interconnexions optiques, par lesquelles voyageraient des photons, semblent une voie intéressante pour accélérer la transmission des signaux d'un bout à l'autre de la puce et permettre de mieux synchroniser toutes les parties d'un



# teurs

# presque vivants

microprocesseur.

L'usage intensif de la fibre optique dans les réseaux de communication a également ouvert un marché pour des équipements optoélectroniques. Lumenon, une société de Dorval, doit d'ailleurs bientôt mettre sur le marché une puce optique destinée aux réseaux numériques.

## L'ordinateur moléculaire

On sait depuis longtemps que les structures biologiques montrent un plus grand degré de « compactage » que n'importe quel système en silicium. Aussi, pourquoi ne

pas tenter d'imiter la nature plutôt qu'essayer de réinventer la roue ?

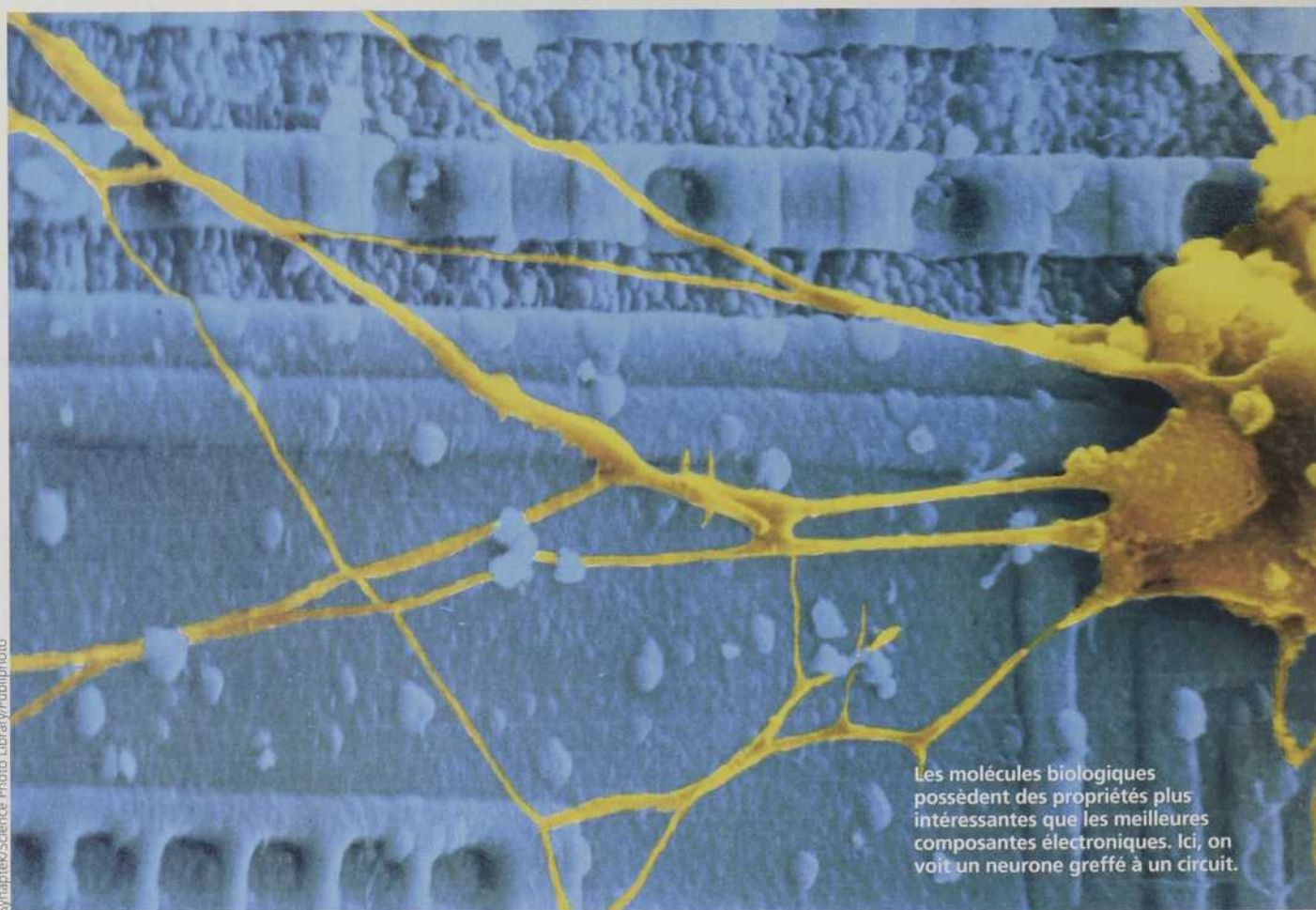
C'est de là que vient l'idée d'utiliser de simples molécules à la place des diodes, transistors, résistances et autres composants électroniques. Un transistor, par exemple, pourrait être remplacé par une molécule, comme la rotaxane, capable de changer de forme lorsqu'on lui applique un courant électrique.

Au lieu de fils métalliques, pourquoi ne pas utiliser des chaînes de polymères conducteurs, ou même des brins d'ADN ? Diverses molécules sont actuellement à l'étude, et on a déjà découvert qu'elles possédaient des propriétés plus intéressantes que les meilleures composantes électroniques actuelles.

Mais certains chercheurs voient encore plus loin. « On peut suivre le modèle des petites molécules reliées par des fils, mais on ne gagne pas tellement en intégration (densité), explique Christian Joachim, directeur du Groupe d'électronique moléculaire du CNRS, à Toulouse. Le mieux serait qu'une même molécule cumule plusieurs fonctions : diode, transistor, amplificateur, etc. Mais il faudrait alors revoir entièrement la manière de penser et de construire les circuits. »

Qu'on parvienne ou non à construire un jour de telles supermolécules, le problème de l'assemblage reste majeur : comment construire des circuits avec des molécules ?

On imagine des « nanomachines » qui manipuleraient et assembleraient les minis-



Les molécules biologiques possèdent des propriétés plus intéressantes que les meilleures composantes électroniques. Ici, on voit un neurone greffé à un circuit.

## Un ordinateur biologique ne serait pas nécessairement plus rapide qu'un ordinateur au silicium, mais il aurait un énorme avantage : faire preuve de créativité.

cules composants moléculaires. Mais le mieux serait que les molécules fassent elles-mêmes ce travail. « Dans la nature, les molécules organiques se reconnaissent et interagissent entre elles, explique Dominique Vuillaume, directeur de recherche à l'Institut d'électronique et microélectronique du Nord, à Lille. Nous aimerions construire des nanostructures de la même manière : en profitant des propriétés chimiques des molécules. Le rêve, c'est de construire des circuits par autoassemblage. »

Pour l'instant, les chercheurs se questionnent toujours sur la capacité des molécules de passer du laboratoire à l'usine, surtout pour des utilisations intensives, comme à l'intérieur d'un microprocesseur. « C'est la stabilité chimique de ces matériaux qui nous inquiète le plus, dit Pierre Aldebert, chercheur au CNRS, à Grenoble. En général, ils supportent très mal l'oxygène et la chaleur. On pourrait imaginer des cir-

cuits mixtes — mi-silicium mi-molécules organiques —, mais ce ne sera certainement pas simple à réaliser. »

### L'ordinateur biologique

Au lieu de détourner de simples molécules, plusieurs chercheurs tentent de faire travailler à leur profit des structures biologiques entières.

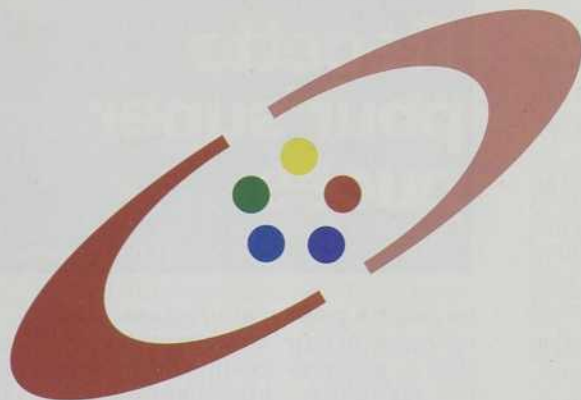
Au Applied Chaos Laboratory, du Georgia Institute of Technology à Atlanta, William Ditto et son équipe essaient d'exploiter des neurones vivants. L'été dernier, ils ont réussi un exploit : effectuer une addition à l'aide de deux neurones de sangsues stimulés par des électrodes. Ce n'est qu'un début : de plus grands amas de neurones devraient être en mesure de faire des multiplications et diverses opérations de

logique booléenne, c'est-à-dire la base du langage informatique.

Un ordinateur biologique ne serait pas nécessairement plus rapide qu'un ordinateur au silicium, mais il aurait un énorme avantage : faire preuve de créativité. Contrairement aux circuits de silicium, les neurones sont capables de créer leurs propres interconnexions. William Ditto espère donc développer un « neuro-ordinateur » capable de trouver lui-même la méthode pour résoudre un problème donné, plutôt que de suivre bêtement un programme préétabli. Un tel ordinateur serait également en mesure d'effectuer des tâches encore difficiles pour les ordinateurs classiques, comme comprendre le langage humain et déchiffrer l'écriture manuscrite.

Comment fonctionnera un ordinateur biologique ? Faudra-t-il le nourrir ? Il est encore beaucoup trop tôt pour répondre à ces questions !

# Institut canadien pour les innovations en photonique ICIP



## Canadian Institute for Photonic Innovations CIPI

L'Institut canadien pour les innovations en photonique (ICIP) est un réseau pancanadien regroupant l'expertise de quelque 100 chercheurs parmi les meilleurs au pays. Issu de 40 compagnies, de 19 universités et d'une douzaine de centres de recherche gouvernementaux, ce groupe multidisciplinaire compte entre autres des ingénieurs, des physiciens, des chimistes, des informaticiens et des chercheurs en biomédical. Depuis mai 1999, l'ICIP, installé à l'Université Laval, appuie les activités de recherche initiées partout au Canada.

### Programme de recherche

- Nanotechnologie pour la photonique
- Ingénierie des dispositifs photoniques
- La photonique pour les technologies de l'information
- Technologie photonique ultra-rapide
- Mesures photoniques de précision
- ↪ Industrie
- ↪ Secteur public

Science et technologie en photonique pour développer l'économie canadienne et améliorer la qualité de vie des Canadiennes et Canadiens

[www.cipi.ulaval.ca](http://www.cipi.ulaval.ca)



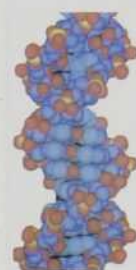
Réseaux des centres  
d'excellence



UNIVERSITÉ  
LAVAL

Aujourd'hui Québec, demain le monde.

# L'ordinateur à base d'ADN



Oubliez les transistors et les circuits, cette fois-ci il s'agit d'une sorte de tablette à calculer moléculaire.

Le modèle a été proposé en 1994 par Leonard Adleman, un chercheur de l'University of Southern California. L'idée est simple : à strictement parler, l'ADN sert à stocker de l'information sur la façon de construire des êtres vivants. Dans ce cas, pourquoi ne pas se servir de chaînes d'ADN comme d'un « ordinateur » pour résoudre des problèmes mathématiques ? Grosso modo, un ordinateur à base d'ADN fonctionne ainsi : on synthétise des chaînes d'ADN qui représentent les données d'un problème, puis on les mélange dans une éprouvette pour obtenir une molécule correspondant à la réponse.

Mais depuis l'été dernier, l'approche s'est un peu raffinée : des chercheurs ont trouvé le moyen de fixer les brins d'ADN sur une plaquette de silicium, ce qui rend les manipulations beaucoup plus aisées.

Puisque des milliards de molécules d'ADN peuvent réagir simultanément, un seul ordinateur à base d'ADN serait théoriquement en mesure d'effectuer autant d'opérations que tous les ordinateurs du monde travaillant en commun ! Cinq cents grammes d'ADN baignant dans un réservoir de un mètre cube pourraient stocker plus de données que tous les ordinateurs jamais construits à ce jour ! Et comme les réactions chimiques exigent peu d'énergie, il faudrait un milliard de fois moins d'énergie qu'un ordinateur conventionnel et un billion de fois moins d'espace pour emmagasiner la même information...

Bien sûr, il s'agirait d'un système réservé aux applications requérant beaucoup de puissance de calcul. Et certainement pas au traitement de texte ou au multimédia...

# L'ordinateur quantique

Si, dans les prochaines décennies, les concepteurs de microprocesseurs vont s'évertuer à contourner les manifestations quantiques qui menacent de paralyser leurs nanotransistors, d'autres chercheurs songent plutôt à profiter des bizarreries quan-



Le LETI à Grenoble

La recette pour manufacturer des microprocesseurs contenant des circuits de quelques dixièmes de microns n'a pas fondamentalement évolué depuis la mise au point de l'Intel 4004, la première puce construite en 1971. Sur une galette de silicium, on dépose une garniture chimique, puis on cuit le tout au four afin de transformer cette garniture en transistors, conducteurs, etc. Il faut compter une vingtaine d'opérations de dépôt et de cuisson, entrecoupées de nombreux tests et inspections. Avant sa sortie de l'usine, une puce peut parcourir une bonne dizaine de kilomètres en va-et-vient entre les différentes étapes de production.

Pour dessiner les circuits, la technologie utilisée depuis 30 ans est la photolithographie. On recouvre la surface de la puce d'une résine photosensible que l'on expose à la lumière à travers un masque qui représente le motif recherché. Les zones non protégées par la résine sont ensuite gravées par traitement chimique. La finesse de la gravure dépend de la longueur d'onde de la lumière utilisée. Grâce aux ultraviolets, on peut dessiner actuellement des circuits d'une largeur de 180 nanomètres, soit 180 millièmes de millimètre.

Pour augmenter les détails, il faudra réduire la longueur d'onde et passer à l'ultraviolet profond. L'EUV – pour Extreme Ultraviolet – pose toutefois de nouveaux problèmes : il n'existe aucun matériau pour fabriquer des lentilles transparentes aux rayonnements EUV, comme le verre l'est pour la lumière visible. Il faudra donc mettre au point une toute nouvelle technologie optique qui fera probablement appel à des miroirs.

Pour réduire encore plus les puces, les choses vont se compliquer.

On avait d'abord songé à la photolithographie par rayons X, dont les ondes sont plus courtes, mais il semble extrêmement difficile de réaliser un procédé industriel. Le faisceau d'électrons semble plus prometteur — c'est d'ailleurs grâce à cette méthode que le Laboratoire d'électronique, de technologie et d'instrumentation (LETI), à Grenoble, a réalisé l'an dernier le plus petit transistor du monde, d'une taille de 20 nanomètres. Il ne fonctionne pas à 100 %, mais suffisamment pour espérer sa mise en production vers 2015.

Pourra-t-on se rendre encore plus loin ? « D'après nos résultats, il n'est pas exclu de continuer à miniaturiser jusqu'en 2025-2030 au moins, pense Simon Deleonibus, chef de projet au LETI. On pourra peut-être pousser la technologie sur silicium pendant encore trois générations pour atteindre 10 nanomètres, mais il faudra trouver de nouveaux matériaux d'ici là. » Une puce pourrait alors contenir jusqu'à 256 mille milliards de transistors de 10 nanomètres !

À de telles dimensions, on peut également imaginer des transistors à un seul électron (ou SET pour Single Electron Transistor). En pratique, comme les électrons sont difficiles à manipuler individuellement, il s'agirait plutôt de transistors à quelques électrons. Il suffirait de piéger des électrons dans de petites « boîtes quantiques ». L'absence d'un électron signifierait l'état 0 et sa présence l'état 1. Un tel dispositif permettrait alors de créer des puces de mémoire d'une capacité inégalée.

## Pour en savoir plus :

Pour en savoir plus :  
International Technology Roadmap for Semiconductors  
[www.itrs.net/1999\\_SIA\\_Roadmap/Home.htm](http://www.itrs.net/1999_SIA_Roadmap/Home.htm)

# Un ordinateur quantique capable de manipuler un millier de bits quantiques aurait davantage de puissance de calcul qu'un ordinateur classique de la taille de l'Univers.

tiques de la matière pour construire le nec plus ultra des ordinateurs.

Pour faire ses prodiges, l'ordinateur quantique manipulerait des « bits quantiques » en utilisant certaines propriétés des particules subatomiques pour stocker de l'information. Un bit quantique — ou *qubit* — peut être représenté, par exemple, par le *spin* d'un électron (on peut comparer le spin au sens de rotation d'une particule sur elle-même). Or, le spin d'une particule peut être dans un état de « superposition », c'est-à-dire qu'il peut présenter plus qu'une valeur à la fois. Un qubit pourrait exister dans une superposition d'états et contenir simultanément les valeurs 0 et 1.

Cet état de superposition permet — en théorie toujours ! — de stocker beaucoup plus d'information dans une séquence de qubits que dans un nombre équivalent de bits à l'intérieur d'un ordinateur classique. Cela permet surtout de réaliser des calculs de façon totalement inédite. On pourrait, par exemple, colliger toutes les valeurs d'entrée possibles d'un problème et demander ensuite à l'ordinateur quantique d'effectuer le calcul simultanément pour toutes ces valeurs. On obtiendrait ainsi, en une seule opération, toutes les solutions possibles à un problème ! Cette propriété, qu'on appelle le « parallélisme quantique », donnerait à la machine une puissance phénoménale.

« En principe, un ordinateur quantique capable de manipuler un millier de bits quantiques aurait davantage de puissance de calcul qu'un ordinateur classique de la taille de l'Univers, même si chaque atome pouvait devenir un microprocesseur ! explique Gilles Brassard, professeur à l'Université de Montréal et l'un des inventeurs de la « cryptographie quantique ». Un ordinateur quantique ferait paraître le superordinateur de la fin du XX<sup>e</sup> siècle comme étant aussi primitif que la machine à calculer de Pascal. Et plus le problème est difficile à résoudre, plus l'avantage de l'ordinateur quantique serait marqué. »

Quelques prototypes très rudimentaires ont déjà été mis au point. L'été dernier, des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology (MIT) ont annoncé la construction d'un ordinateur quantique capable

de compter jusqu'à quatre ! Évidemment, de tels résultats n'ont aucune utilité pratique et peuvent apparaître dérisoires, mais c'est déjà un exploit si l'on considère les nombreux obstacles à surmonter.

La difficulté principale, c'est que la superposition d'états quantiques est une structure extrêmement instable. Dès que les particules sont perturbées par l'environnement, elles perdent leur état de superposition et les valeurs des qubits sont altérées, ce qui fausse les calculs. C'est le problème de la « décohérence ».

Idéalement, les qubits d'un ordinateur quantique devront être coupés du reste de l'Univers — ce qui n'est pas possible, car il faut tout de même agir sur eux pour réaliser un calcul ! On cherche donc à mettre au point des systèmes qui pourraient conserver des superpositions quantiques plusieurs heures durant, ou encore des algorithmes mathématiques qui leur permettraient de fonctionner malgré les « fuites ».

Cela dit, personne ne s'attend à voir la mise en service d'un véritable ordinateur quantique avant 50 ans — et encore ! ●

## La bonne vieille puce

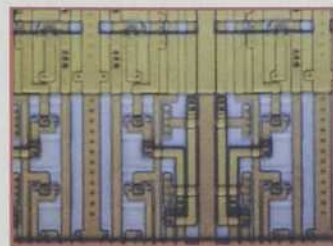
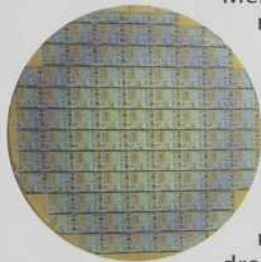
Même si elle est vouée à disparaître à moyen terme, la technologie au silicium est loin d'avoir dit son dernier mot ! Les concepteurs croient d'ailleurs qu'il est possible d'apporter encore des améliorations à l'architecture de leurs puces, notamment en optimisant le matériel existant, un processus long et coûteux, mais qui permettra de faire des gains substantiels, explique Yvon Savaria, responsable du Groupe de recherche en microélectronique de l'École polytechnique de Montréal. « Lorsqu'on ne pourra plus miniaturiser, on en aura sûrement pour 10 à 20 ans à apprendre à se servir de ce que l'on aura entre les mains. »

Par exemple, la technologie SOI — pour Silicon On Insulator ou « silicium sur isolant » — cherche à construire des transistors sur une couche d'oxyde ( $\text{SiO}_2$ ) afin de les isoler contre les interférences, d'augmenter la vitesse et de réduire l'alimentation nécessaire. Développée par le Laboratoire d'électronique, de technologie et d'instrumentation (LETI), à Grenoble, le SOI pourrait éventuellement permettre de réaliser un vieux rêve des concepteurs de puces : conquérir la troisième dimension !

En effet, jusqu'à présent, il était impossible d'empiler plusieurs couches de transistors, car la chaleur aurait fait fondre les circuits. Comme la consommation électrique du SOI sera moindre, on envisage de construire une puce « 3D », à étages multiples, qui pourrait cumuler la puissance de dizaines de milliers de puces « 2D » à l'intérieur d'un volume de un centimètre cube !

On espère aussi réussir à faire travailler ensemble plusieurs microprocesseurs dans un même ordinateur, ce qu'on appelle le parallélisme. Ce type d'ordinateur multiprocesseur commence déjà à se répandre dans les serveurs Web et devrait continuer son expansion dans l'avenir.

Bref, notre bonne vieille puce au silicium a encore de belles années devant elle. Sans compter que, vers 2010, l'industrie de la microélectronique aura un poids économique de 1000 milliards de dollars. On peut donc supposer que le « dinosaure » ne se laissera pas mourir comme ça !



De la toute première cellule à la naissance, le périple extraordinaire du développement de la vie est raconté du point de vue de bébé. Il nous dévoile ici 10 secrets sur sa périlleuse aventure...



Col utérin à l'horizon ! Ouf ! La hausse du pH sera fort bénéfique pour les spermatozoïdes catapultés dans un milieu terriblement hostile. Ces petits

livreurs effrénés doivent mener à bon port le matériel génétique qu'ils contiennent. Vitesse de pointe : 0,00025 km/h. Le temps presse, car l'ovule n'attendra pas indéfiniment. Très acide, la glaire cervicale est impitoyable : son travail consiste à éliminer un à un les indésirables : champignons, virus, bactéries... et spermatozoïdes !

Les amants fourbus n'ont (heureusement ?) aucune idée du drame qui se joue présentement. C'est l'hécatombe ! Les vaillants transporteurs tombent les uns après les autres. Des 500 millions de spermatozoïdes éjaculés, seulement 500 parviendront à l'ovule. Un seul participera à la fusion, prémisses d'une nouvelle vie. Tant pis pour les autres...

Environ 1 % des 100 millions d'accouplements homme/femme quotidiens se concrétisent par une naissance. De la conception à l'accouchement, le fœtus doit abattre beaucoup de boulot : il a seulement neuf mois pour se faire une beauté digne des attentes qu'il suscite. Neuf mois durant lesquels, bien à l'abri dans sa bulle, il s'entoure de mystère. Pour les besoins de ce tout premier reportage *in utero*, il accepte néanmoins de lever le voile sur 10 de ses secrets les mieux gardés.

# La vie secrète de bébé

Par Marie-Pier Elie

## 1 Une seule cellule contient tout ce qu'il faut pour me fabriquer

Pendant les 30 premières heures de mon existence, j'ai l'air d'un protozoaire. Parfaitement ! Le potentiel de toutes les cellules ultraspécialisées de mon corps est contenu dans une seule cellule. Partout dans le monde, les chercheurs se demandent comment cela est possible. Durant ces 30 heures, je multiplie les synthèses d'ADN, préparant la première d'une série de plusieurs milliards de divisions.

Âgé de trois jours, je suis maintenant constitué de quatre cellules. Elles seront bientôt huit, avant même que j'aie m'implanter dans mon nid utérin. Ensuite, de minus-

cules organites migrent à l'extérieur ou au centre de ces huit cellules pour préparer ma quatrième division.

À partir de ce moment, huit petites cellules se retrouvent entourées de huit cellules plus grosses. Les premières deviendront... moi, ainsi que le liquide et la membrane amniotique; les secondes, le placenta essentiel à ma survie. À cette étape, on ne m'appelle pas encore embryon mais morula, parce que je ressemble à une mûre. Un tout petit fruit, prêt à s'implanter pendant que les divisions se poursuivent à un rythme effarant.

Lorsque je suis solidement accroché, trois types de spécialisation surviennent. Certaines cellules forment l'ectoderme, tissu qui donnera naissance à ma peau et à mon système nerveux. D'autres se regroupent pour constituer l'endoderme, ébauche de la plupart de mes organes vitaux. Les dernières, enfin, deviennent le mésoderme, qui forgera ma musculature et mon squelette.

Qu'est-ce qui chapeaute ces premières spécialisations ? Autrement dit, comment ces toutes jeunes cellules, issues d'un seul et mé-

inaire  
bé. Il

teur ou au  
préparer

es cellules  
elles plus  
ont... moi,  
me amilo-  
ment à ma  
pelle pas  
ce que je  
trai, prêt  
ions se  
oché, trois  
ment. Ces  
me, tissu  
à mon  
groupent  
che de la  
démies.  
qui brega  
e.  
mères spe-  
ment ces  
sont et ma-



me zygote, peuvent-elles accomplir des destinées si différentes ? Un chercheur du nom de Hugh Clarke, professeur au département d'obstétrique-gynécologie de l'Université McGill, consacre l'essentiel de ses recherches à cette question. Il croit que tout est lié à la position de ces jeunes cellules. Il dit aussi qu'il y a beaucoup de communication entre elles et que tous les gènes non exprimés dans l'ovule vont s'exprimer dans les cellules après la fécondation. On sait, par exemple, que si on enlève certains de ces gènes, le mésoderme ne se développera pas et, par conséquent, que je ne pourrai pas croître. Mais toutes ces explications savantes me dépassent un peu.

Trois semaines plus tard, le véritable chantier se met en branle. La différenciation cellulaire entraîne la construction de tous mes organes vitaux : cœur, foie, poumons, etc.

## 2 Je suis un pirate

Selon les lois du système immunitaire, je suis un corps étranger dans cet utérus si confortable. Tu sais, maman, mon bagage génétique a beau être issu de toi à 50 %, il a été entièrement remanié lors de la fécondation. Je porte donc une carte d'identité totalement distincte, qui aurait dû faire de moi une persona non grata en ces lieux où je m'installe paisiblement. Vous devez vous demander par quel stratagème j'arrive à endormir si habilement les gardes du corps de l'immunité maternelle... Habituellement, ils ne font qu'une bouchée des intrus comme moi !

Même Hugh Clarke baisse les bras devant

ce phénomène inexplicable et, à ce jour, inexplicable. Il pense que si on comprenait pourquoi l'organisme d'une mère tolère un tel corps étranger, on pourrait expliquer les avortements spontanés à répétition chez certaines femmes au système immunitaire un peu trop zélé.

Je vous donne tout de même quelques indices. C'est le placenta qui, en libérant plusieurs facteurs immunosuppresseurs, tels la progestérone et les prostaglandines, déjoue les troupes. Le placenta possède aussi son propre drapeau blanc, une molécule nommée HLA-G, présente à la surface de chacune de ses cellules. Toutes les cellules ont des molécules de reconnaissance semblables de type A, B, C, etc., qui permettent aux globules blancs de les reconnaître comme faisant partie des leurs ou

comme indésirables à éliminer au plus vite. Mais, par le plus grand des mystères, la HLA-G peut se faufiler presque incognito. Une sorte de passe-partout, quoi !

Il existe sans doute plusieurs autres mécanismes de ce type. Moi-même, je ne les comprends pas très bien. Mais je suis là pour rester, que les globules blancs se le tiennent pour dit ! Je souhaite bonne chance aux immunologistes, qui gagneraient des armes non négligeables dans leur lutte contre le cancer en perçant ce grand secret. En effet, à ce jour, seules les cellules cancéreuses font aussi bien que moi en termes de piratage biologique.

## 3 J'ai des branchies et une queue

Âgé de quelques semaines, j'ai l'air d'une souris, d'un poulet ou même d'un poisson. Il ne faut cependant pas en déduire que mon développement embryonnaire est identique à celui de ces animaux inférieurs ! N'empêche que je leur ressemble étrangement... « Cela ne veut certainement pas dire qu'on commence comme des oiseaux ou des poissons, a un jour confié Hugh Clarke à une journaliste, mais qu'on développe plutôt des structures générales communes à tous les vertébrés en premier. » Il est rasant, ce chercheur !

Qu'en est-il des fentes branchiales (identiques à celles des poissons), de la petite queue (rappelant celle de la plupart des mammifères) et de la pilosité excessive (le lanugo, semblable au poil recouvrant les singes) dont je suis affublé, comme tous les êtres humains à une étape ou l'autre de leur développement embryonnaire ? Tous sont probablement des vestiges que nous ont légués nos ancêtres, bien que les mécanismes du développement embryonnaire soient uniques à chaque espèce.

## 4 J'ai un bref passé d'hermaphrodite

Dès l'instant où le spermatozoïde perce la membrane de l'ovule, mon sexe est déterminé. Le spermatozoïde, avec son 23<sup>e</sup> chromosome de type X (pour une fille) ou Y (pour un garçon), a déjà réglé la question, avant même que papa et maman ne se demandent s'ils peindront ma chambre en rose ou en bleu.



Christian Fleury

Comment de toutes jeunes cellules peuvent-elles progressivement former des organes différents ? L'obstétricien Hugh Clarke consacre la majeure partie de ses travaux à élucider ce mystère.

Cela dit, durant un mois et demi, il est absolument impossible de savoir si la course à la fécondation a été remportée par un X ou un Y. Même en m'observant sous toutes mes coutures (à supposer que cela soit possible), on n'y décèlerait aucun indice : que je sois femelle ou mâle, mes organes sexuels sont parfaitement identiques. Ce sont mes gonades qui, vers la sixième ou la septième semaine de la grossesse, donneront naissance soit au pénis et aux testicules, soit à la vulve et au vagin.

Avant cela, je possède deux systèmes de canaux dérivés de mon appareil urinaire : les canaux de Wolf (mâles) et les canaux de Müller (femelles). Bref, loin d'être asexué, je possède la matière première pour devenir un homme ET une femme ! Un gène viendra pourtant m'obliger à faire face à mon destin...

Ce gène est présent sur le chromosome X comme sur le chromosome Y mais, curieusement, il ne s'exprime que chez l'homme. Il produit l'hormone antimüllerienne qui, comme son nom l'indique, entraîne l'atrophie des canaux de Müller. Ne subissant pas les entraves de cette hormone, ces canaux pourront s'épanouir pleinement si je suis une fille. Par contre, si je suis un garçon, seuls mes

canaux de Wolf poursuivront leur développement, pour éventuellement donner naissance à ma prostate et à mes vésicules séminales. Pour ma part, c'est à la 16<sup>e</sup> semaine que ma virilité s'est réellement affirmée, lors de ma toute première érection.

Qu'en est-il des canaux de Wolf chez les futures fillettes ? Ils finissent par disparaître, non pas sous l'action d'une quelconque hormone « antiwolfienne », mais bien parce que leur développement est tributaire de l'action de la testostérone, dont les filles sont dépourvues.

## 5 Mon existence est très mouvementée

Un havre de paix, le ventre maternel ? Que non ! Recroquevillé dans ma chaude enveloppe, je vis parmi tous les remuements intérieurs de maman : un cœur dont j'entends jour et nuit les incessants battements, des poumons immenses qui, juste au-dessus de moi, se gonflent et se dégonflent environ 28 000 fois chaque jour, et les borborygmes d'un organisme qui a de plus en

**Le fœtus peut ressentir les émotions**

plus de difficulté à bien digérer. Une chercheuse du nom d'Andrée Pomerleau, du Laboratoire d'étude du nourrisson de l'Université du Québec à Montréal, croit même que je suis encore plus « stimulé » maintenant que lorsque je passerai mes journées dans un berceau. « C'est normal, dit-elle : le fœtus est constamment bombardé de nouvelles informations. » Elle a bien raison !

Malgré tout, je passe au moins les deux tiers de mon temps à dormir. Mes quelques heures d'activité quotidienne ne sont pas toujours synchronisées avec celles de ma mère et, dois-je vous l'avouer, je le fais un peu exprès : c'est souvent lorsqu'elle tente de s'endormir que j'enchaîne énergiquement coups de pieds et sauts périlleux.

Lorsque maman est en mouvement, j'en profite pour dormir paisiblement. Mon petit sommeil fœtal est-il peuplé de rêves ? Plusieurs tracés encéphalographiques ont révélé que le sommeil paradoxal, celui-là même où les rêves prennent place, occupe une très grande proportion de mes dodos. On peut interpréter cela de différentes manières.

Lorsque je suis éveillé, je m'occupe de toutes sortes de façons. J'avale un demi-verre de liquide amniotique par jour, que je rejette sous forme d'urines rapidement filtrées par le placenta. J'effectue aussi quelques exercices qui, sans que je sache trop pourquoi, provoquent toujours la même réaction : « Chéri, il a bougé ! » Déjà, je suce mon pouce, la première d'une série de mauvaises habitudes qui feront de moi un être humain.

## Mes cinq sens sont en éveil

Vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, un neurophysiologiste allemand du nom de Adolf Kussmaul a tenté une curieuse expérience : crier une phrase à travers le ventre d'une maman, puis y coller son oreille dans l'attente d'une réponse. Comme celle-ci ne venait pas, il en a tiré une conclusion un peu simpliste : les fœtus n'entendent rien.

Du point de vue strictement anatomique, je développe pourtant tout ce qu'il me faut pour percevoir les sons, les sensations tactiles, gustatives, olfactives et même visuelles, jusqu'à une certaine limite. C'est le sens du toucher qui s'installe le premier. Les cellules nerveuses indispensables se forment dès la sixième semaine, et s'organisent à

partir du troisième mois. L'odorat suit de près : le nerf et les bulbes olfactifs se constituent à neuf semaines de gestation, les premiers récepteurs se différenciant deux semaines plus tard. Mes papilles gustatives se forment, quant à elles, vers le troisième mois, dans des tissus qu'on pourra bientôt appeler langue. Dès le milieu de la grossesse, mon oreille interne prépare la maturation complète du système auditif, qui s'achève vers le septième mois. Mon système visuel, pour sa part, tarde un peu à se mettre en place, mais il est prêt à fonctionner (de façon bien imparfaite, je l'avoue) au septième mois, lorsque j'ouvre les paupières pour la toute première fois.

Contrairement à ce qu'il peut sembler, je ne fais pas que développer la machinerie nécessaire; en effet, je réagis bel et bien à certaines stimulations. Ainsi, grâce à de simples échographies, on a pu constater qu'à l'âge de quatre mois, je fuis les sensations tactiles inhabituelles, m'éloignant dès que j'accroche mon cordon ombilical ou la paroi utérine. Par contre, à partir du cinquième mois, c'est l'inverse : je recherche ces contacts en glissant mon pouce dans ma bouche ou en répondant favorablement aux caresses de mes parents.

Tout aussi favorable est ma réponse à l'injection de glucose dans le liquide amniotique. Ayant déjà le bec sucré, je déglutis beaucoup plus rapidement lorsque ma boisson est ainsi édulcorée. Le même phénomène a été observé chez les mères diabétiques. Puisque ces dernières ont plus de sucre dans le sang, et par le fait même dans leur liquide

amniotique, leur fœtus en avale de plus grandes quantités. Mais n'allez surtout pas y ajouter du Lipidol (une huile au goût de teinture d'iode), comme l'ont déjà fait certains chercheurs. Je diminuerai alors ma consommation en faisant une grosse grimace...

Les sons, vous vous en doutez, je les perçois bien avant de venir au monde. La psychologue française Marie-Claire Busnel, du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), l'a prouvé il y a déjà plusieurs années, en mesurant le rythme cardiaque de fœtus auxquels elle faisait entendre différents bruits. À partir de 90 décibels, leurs petits cœurs accélèrent leurs battements. Ce n'est donc pas étonnant que je reconnaisse la voix de ma mère dès que je pointe le nez hors de son ventre : durant toute la grossesse, je la perçois à la fois de l'extérieur et de l'intérieur, la voix ayant la propriété de voyager à travers les os comme dans l'air.

Ce n'est pas tout : le docteur T. Berry Brazelton, du Children Hospital de Boston, a découvert qu'il était également possible d'attirer mon attention en éclairant le ventre de ma mère. Il l'a essayé sur une autre maman : son fœtus se tournait machinalement vers la source lumineuse. Mais devant un éclairage trop violent, il s'agitait, allant même jusqu'à placer ses mains devant son visage pour échapper à cette lueur inhabituelle. Je le comprends !

Les exemples de perceptions intra-utérines pullulent. S'ils sont parfaitement constitués et fonctionnels, mes yeux, mon nez, ma bouche, ma peau et mes oreilles ne sont toutefois que de simples capteurs. C'est



Andrée Pomerleau, du laboratoire d'étude sur le nourrisson : « Le fœtus est davantage stimulé qu'un bébé au berceau. Il commence son apprentissage de la vie avant sa naissance. »

sa mère à travers les hormones qu'elle sécrète.

mon cerveau qui leur donnera un sens. Et puisque celui-ci n'est pas encore complètement formé, même après neuf mois de grossesse (il faudrait attendre encore 12 mois pour qu'il le soit), il ne faudrait pas en surestimer les capacités...

## 7 Mes journées à l'école ventrale

Il n'y a pas d'apprentissage sans mémoire, dit-on. Mon cerveau immature est-il apte à emmagasiner certaines informations avant que je ne voie le jour ? L'être humain fait-il l'acquisition de ses premières connaissances dans l'utérus ? Voilà deux questions dont je ne saisis pas très bien le sens, mais qui semblent revêtir une grande importance pour vous ! Il faut demander aux spécialistes, qui sont habitués de jouer avec ces mots compliqués.

Le neuropsychologue Philippe Robae, de l'Hôpital Sainte-Justine, croit que ces questions sont beaucoup plus complexes qu'il n'y paraît. Je résume sa pensée : il affirme tout d'abord qu'il faut faire la différence entre l'apprentissage d'un adulte et l'apprentissage d'un bébé. Le mot est le même, mais ce sont deux choses différentes (du moins, c'est ce qu'il dit...). Selon lui, l'apprentissage chez les adultes consiste en de nouvelles réponses à de nouveaux stimulus, car ils ont déjà tout ce qui leur faut pour bien percevoir ce qui les entoure (« des structures déjà fonctionnelles », dit-il élégamment). Chez les petits comme moi, ces mêmes « structures », parfaitement immatures, s'organisent. « La maturation est alors le principal facteur de développement », précise le docteur Robae. Par la suite, mon cerveau aura besoin d'interagir avec le monde extérieur, car il est programmé pour ça. C'est pourquoi Philippe Robae croit qu'à la naissance, il se passe certainement des choses très importantes. J'ai hâte de voir ça.

Et avant, il ne se passe rien du tout ? Andrée Pomerleau n'en croit pas un mot. Selon elle, je commence à apprendre avant la naissance. La preuve : les vibrations me font sursauter, mais si on les répète, je me lasse et cesse de réagir. Elle dit que cela est un apprentissage fondamental !

Philippe Robae se demande, à ce sujet : « Le fœtus réagit, ça on le sait. Ses structures sensorielles sont fonctionnelles et elles peuvent transmettre de l'information, même à un cerveau immature. Mais dans quelle mesure

cette réaction est-elle structurante ? »

Elle l'est assez, en tout cas, pour catégoriser les sons du langage. Les travaux de Josiane Bertoncini, du CNRS, ont en effet prouvé que les bébés de quelques jours reconnaissent leur langue maternelle. Si, par exemple, on fait écouter à un bébé francophone la voix d'une femme bilingue, parlant russe et français, il tète plus vite sa suce lorsqu'il entend le français. Cet apprentissage s'est probablement échelonné sur quelques mois de vie intra-utérine, et non sur deux ou trois jours de vie après la naissance, non ?



Publiphoto

## Une recherche difficile

« Aucun département d'obstétrique-gynécologie canadien n'effectue présentement de recherches là-dessus », affirme le docteur Serge Bélisle, directeur du département d'obstétrique-gynécologie de l'Université de Montréal, en ce qui concerne la vie intra-utérine du point de vue du fœtus. Le sujet n'est certes pas dénué d'intérêt, mais cet intérêt est étouffé par des considérations éthiques. « La recherche est extrêmement réglementée, ajoute le docteur Bélisle. On ne peut pas, par exemple, faire de réelles études sur les effets de la nicotine sur le fœtus, parce qu'il serait contraire à l'éthique de faire fumer une femme enceinte pour, ensuite, en analyser les effets. Pourtant, le modèle existe déjà, car de nombreuses femmes fument malgré leur grossesse. Mais l'éthique nous empêche d'utiliser ce modèle. »

Au-delà de ces considérations, il est difficile d'outrepasser les banales extrapolations lors de telles recherches. Comprendre ce qui se passe dans la tête d'un autre individu est déjà une tâche extrêmement complexe; lorsqu'il s'agit d'un fœtus, l'obstacle est de taille. Heureusement, de nouvelles techniques d'investigation reposant sur la magnéto-encéphalographie (enregistrement de l'activité générée par le cerveau lors du développement) vont ouvrir la porte à des études de plus en plus poussées. On pourra voir, à même le cerveau, ce qui engendre aujourd'hui tant de suppositions.

Le docteur Gloria Jeliu, professeure au département de pédiatrie de l'Université de Montréal, préfère parler d'habituation plutôt que de véritable apprentissage. Elle cite à titre d'exemple ces bébés japonais qui ne réagissent pas du tout aux bruyants avions à réaction lorsque la grossesse de leur mère s'est déroulée à proximité de l'aéroport d'Osaka, par opposition aux autres poupons qui éclatent en pleurs dès qu'un de ces gros engins passe au-dessus de leur tête.

## Ma boîte crânienne est un perpétuel work in progress

Ma future moëlle épinière n'est, tout d'abord, qu'un minuscule sillon qui se creuse tout au long de ma personne une quinzaine de jours après la conception. Vers la fin du deuxième mois, les bords de ce sillon se rejoignent pour former le tube neural, première ébauche de mon cerveau.

Il s'ensuit une chorégraphie des plus complexes, à l'image de l'organe en construction. Mes futurs neurones explosent littéralement : 250 000 divisions chaque minute ! Par la suite, ces cellules deviennent soit des neuroblastes, soit des glioblastes, qui sont des cellules de support le long desquelles les neuroblastes migreront pour constituer les différentes couches du cortex.

Après ce long périple, les neuroblastes peuvent enfin s'épanouir en devenant de véritables neurones : leurs axones s'allongent, leurs dendrites se ramifient et leurs synapses s'installent, le tout formant un réseau interdépendant qui acquerra progressivement son efficacité.

Progressivement et indéfiniment ! J'ai en effet entendu dire que le cerveau humain n'est jamais complètement achevé, ni en neuf mois de gestation, ni en une vie entière ! Il a beau afficher complet dès le cinquième mois en ce qui concerne son nombre de neurones (quelque 100 milliards), les connexions commencent à peine à s'établir. Chaque jour, il y en aura de nouvelles.

## Je suis un maître de la télépathie hormonale

Durant les neuf mois où je me prépare à

affronter le monde, je ne suis pas uniquement soumis aux excentricités alimentaires de ma mère. Ses émotions en montagne russe peuvent, elles aussi, franchir la barrière placentaire.

« Le fœtus peut ressentir les émotions de sa mère à travers les hormones qu'elle sécrète », explique Andrée Pomerleau. Évidemment ! Dans quelle mesure cela me perturbe-t-il réellement ? Bonne question ! Les théories abondent, mais les preuves à l'appui se font rares.

On sait que ces hormones conductrices d'émotions, les catécholamines, peuvent transmettre la peur. Les recherches du biologiste et psychologue américain W.B. Cannon l'ont prouvé dès 1925 : en extrayant des catécholamines d'animaux effrayés pour les injecter à un second groupe d'animaux tout à fait calmes, il a constaté qu'en quelques secondes, sans aucune stimulation extérieure, le second groupe manifestait à son tour des signes de peur.

Mais de là à affirmer qu'une grossesse se déroulant sous le signe de l'angoisse – cela étant, après tout, assez fréquent tant je bouleverse la vie de celle qui me porte – engendre des névroses prématurées, il y a un gouffre énorme que l'on se refuse à

franchir. Tout au plus le stress et les émotions intenses vécues par maman font-ils battre mon cœur plus vite.

## L'accouchement : mon ultime épreuve

La tête en bas, je m'apprête à plonger vers l'inconnu. On raconte que je vais vivre l'expérience la plus traumatisante de ma vie, avant même que celle-ci n'ait officiellement commencé. C'est terrifiant, mais des milliards d'êtres humains sont passés par là avant moi. Qui sait, j'aurai peut-être un peu plus d'espace, de l'autre côté : je commence à me sentir à l'étroit dans cette membrane qui ne s'étire pas à l'infini. Pour être prêt, je suis donc prêt.

Il reste bien quelques petits détails à régler, mais ce ne sont que des pacotilles : l'oreillette gauche et l'oreillette droite de mon cœur communiquent toujours par le trou de botal, qui se refermera lors de ma première inspiration, ma circulation sanguine dépend encore du placenta jusqu'à ce qu'on coupe le cordon ombilical et les

os de mon crâne ne sont pas tout à fait soudés. Heureusement ! S'ils l'étaient, ma tête ne pourrait pas traverser le bassin de maman lors de l'expulsion. Voilà donc l'utilité bien éphémère de ces petites fontanelles qui perdureront durant quelques mois après ma naissance : permettre que mon crâne soit comprimé au maximum lorsque je m'engouffrerai dans cette cavité théoriquement trop étroite pour me laisser passer.

Pourquoi, au fait, ce passage n'est-il pas un tout petit peu plus large, histoire de m'épargner ce premier traumatisme parfaitement inutile ? Parce que d'un point de vue strictement évolutif, on ne pouvait faire mieux. Une plus grande ouverture du bassin entraînerait toute une régression : tels ses lointains ancêtres, l'être humain devrait marcher à quatre pattes, question d'équilibre. C'est donc pour avoir le privilège de me tenir un jour debout que j'endurerai pareille torture.

Attention, c'est parti. Le message des premières contractions est sans équivoque : dehors ! J'ai compris. Je quitte à contrecœur cet univers aquatique où j'ai vécu tant de choses. Je mettrai au moins huit pénibles heures à m'extirper de là. J'espère que ça en vaut la peine ! ●



Où et quand trouver le pourquoi et le comment?

La question est obscure, la réponse est limpide.

OBJECTIF SCIENCE

Mercredi 19h

CANAL D

ÊTES-VOUS BIEN ASSIS?

Recherche clinique

# Éthique de pacotille

Qui forme les comités d'éthique de la recherche? Lorsque l'on pose cette question à 18 hôpitaux de la région de Montréal qui mènent des recherches faisant appel à des sujets humains, il faut s'armer de patience et de ténacité. À eux seuls, ces hôpitaux ont reçu quelque 37 millions de dollars du Conseil de recherches médicales du Canada (donc des fonds publics) pour l'année 1997-1998. Une somme qu'on peut probablement doubler si l'on inclut le financement en provenance du secteur privé, plus difficile à évaluer.

Même si quelques-uns de ces hôpitaux répondent à cette demande sans rouspéter, d'autres ne nous réservent pas un accueil très... hospitalier. Comme s'il était indécent qu'un citoyen s'intéresse aux mécanismes de protection du public en matière biomédicale. Pire : un hôpital a carrément refusé de me donner la liste. Le Royal Victoria a même soutenu son refus devant la Commission d'accès à l'information.

« Qu'un journaliste ne puisse pas obtenir sur demande la liste des gens qui siègent sur les comités d'éthique de la recherche d'hôpitaux publics témoigne bel et bien d'un malaise », dit l'avocat Pierre Deschamps du Centre de recherche en droit privé et comparé du Québec à l'Université McGill. Et encore, la composition de ces comités n'est qu'un exemple, non le moindre, du malaise qui frappe actuellement la recherche clinique. Parmi les questions plus graves figurent les suites de l'approbation des protocoles. Quand il est accepté par le comité, le projet de recherche pourrait être substantiellement transformé sans que personne en soit informé. Ultime-ment, le chercheur rusé peut donc présenter un projet *soft*, recevoir l'approbation et le transformer en projet *hard*.

Il y a quelques années, Maître Deschamps a présidé un comité d'experts sur l'évaluation des mécanismes de contrôle en matière de recherche clinique (ce rapport a été déposé

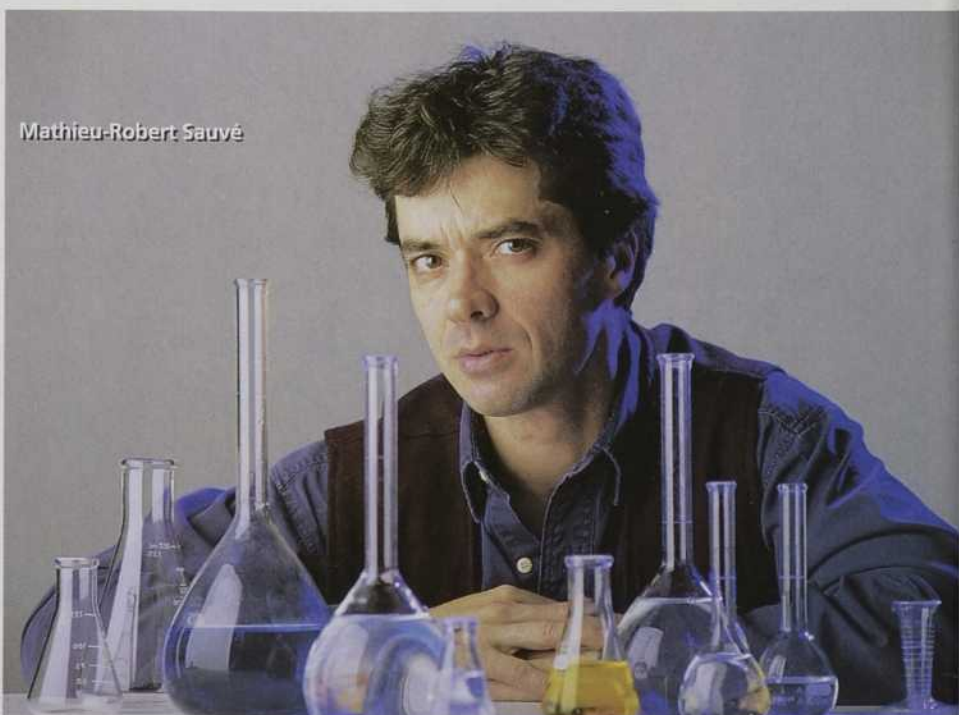
**Dans son livre *L'éthique et le fric* (publié chez VLB éditeur), le journaliste Mathieu-Robert Sauvé s'est intéressé aux groupes d'experts qui balisent la recherche scientifique dans les hôpitaux et les laboratoires. Leur efficacité est parfois douteuse, affirme l'auteur. Extrait.**

en juin 1995 auprès de Jean Rochon, alors ministre de la Santé et des Services sociaux). Ce rapport a bien causé un certain remous dans les milieux concernés, mais il est passé inaperçu dans les grands médias. « Mal encadrée, mal dirigée, mal comprise, la recherche clinique risque de faire plus de tort que de bien tant aux personnes qui requièrent des soins de santé qu'aux établissements qui les dispensent », peut-on lire, par exemple.

« Il y a deux gros problèmes à la recherche clinique : la rigueur et la transparence », dit Pierre Deschamps, qui est également théologien et directeur de recherche au Centre de recherche en droit privé et comparé du Québec à l'Université McGill. L'avocat est sévère à l'endroit des gens qui n'assument pas leurs responsabilités dans le domaine biomédical.

Pierre Deschamps s'inquiète du fait que le

Mathieu-Robert Sauvé



public soit mal représenté au sein de la plupart des comités d'éthique. Il livre ses réflexions à l'occasion d'une rencontre amicale dans un restaurant du quartier Côte-des-Neiges. Cet homme à la mine tranquille, qui anime bénévolement des émissions à la radio communautaire Ville-Marie, veut dénoncer « le silence des agneaux » dans nos hôpitaux. À son avis, l'éthique est une affaire de tous les instants, qui ne touche pas uniquement le milieu médical.

Les comités d'éthique (il y en aurait de 300 à 400 au Canada) représentent la collectivité. Comme des périscopes, ils jettent un œil par-dessus les murs des hôpitaux. Ils ne sont pas parfaits, mais leur fonction est capitale. Or leur composition ne fait l'objet d'aucune législation.

« Contrairement à ce qui se passe en France, par exemple, la recherche clinique au Canada ne fait pas l'objet d'une législation ni d'une réglementation particulières qui définiraient de façon précise et exhaustive les normes que doivent respecter les personnes qui mènent des activités de recherche faisant appel à des êtres humains, dit le rapport Deschamps. Par ailleurs, en ce qui concerne la détermination du risque auquel peut être exposée une personne qui est appelée à participer à un projet de recherche, on constate qu'il n'existe aucun critère précis pour en faire l'évaluation [...]. Il appartient aux comités d'éthique chargés d'approuver les projets de recherche de statuer sur cet aspect. »

Les auteurs sont encore plus alarmistes au sujet des dangers que créent les difficiles rapports éthique-argent. « Tout en reconnaissant, d'emblée, que la compétition favorise l'excellence et que la rationalisation des ressources maximise le rendement, il importe de saisir que ces deux réalités ont pour effet d'exacerber les risques de dérapage potentiel. Au demeurant, ces risques de dérapage sont amplifiés par le fait qu'il existe des situations où peuvent surgir des conflits d'intérêts. »

En entrevue, le spécialiste explique qu'on observe chez les chercheurs une tendance à se constituer en société, de façon à gérer les fonds de recherche, car ainsi ils ont moins de comptes à rendre à l'établissement qui les emploie. Résultat : des directeurs de centres de recherche ignorent ce qui se déroule dans leur propre hôpital, des comités d'éthique bidon sont mis sur pied dans le seul but d'approuver des protocoles. Tout ceci se complique du fait que les fonds proviennent souvent d'entreprises privées qui ont des intérêts bien précis.

Voici un exemple de ce que Pierre Deschamps appelle des dérives. L'épidémiologiste Lucien Abenhaim, aujourd'hui haut fonction-

naire au ministère français de la Santé, était satisfait de voir que sa recherche sur les risques associés à un médicament amaigrissant, le Redux, serait publiée par une revue prestigieuse, le *New England Journal of Medicine*. Il eut la surprise de sa vie quand, dans la livraison annoncée, il lut un éditorial rédigé par deux chercheurs américains ayant des liens connus avec le fabricant et le distributeur du produit en question. L'éditorial critiquait sévèrement la recherche du docteur Abenhaim. Informé de la colère du chercheur montréalais, le *New England Journal of Medicine* s'est engagé à rétablir les faits dans un numéro ultérieur. Trop peu, trop tard. Le chercheur furieux avait déjà convoqué une conférence de presse.

Cette situation est d'autant plus étrange que le docteur Abenhaim était lui-même financé par la compagnie pharmaceutique qui fabrique le Redux, le groupe Servier. Le bailleur de fonds, voyant que la recherche

**Nous pouvons faire dire à l'éthique toute chose et son contraire. Certes, les expériences en cours ont été approuvées, en principe, par un comité d'éthique. Mais qui s'inquiète du fait que celui-ci soit potentiellement dénué de pouvoir ou soit complètement bidon ?**

qu'il finance tourne à son désavantage, envoie dans la mêlée un autre chercheur qui affirme le contraire du premier. Et cette bataille se déroule dans les plus prestigieuses arènes de la recherche biomédicale.

On peut percevoir le comité d'éthique de la recherche comme un lieu d'examen des projets menés dans un hôpital. Indépendant de toute orientation administrative, il doit pouvoir évaluer à la pièce les projets qui utilisent des sujets humains. Accepter les uns,

rejeter les autres. Or les protocoles ne sont jamais refusés. Dans le pire des cas, le comité émet un avis qui recommande des modifications substantielles. Mais cette désapprobation discrète est rarissime. Les objections concernent presque toujours les formulaires de consentement. Le comité estime qu'il devrait y avoir un peu plus de ceci et un peu moins de cela.

**B**ien que les comités d'éthique soient strictement consultatifs – ils n'émettent pas des directives mais des avis –, ils possèdent un certain pouvoir. C'est un pouvoir « à la carte », dépendant de celui qu'on veut bien leur donner. N'importe quelle recherche financée par des fonds privés peut démarrer sans qu'un comité d'éthique répondant aux normes du Conseil de recherches médicales (CRM) ou des Bonnes Pratiques de laboratoire ait apposé son sceau. D'ailleurs, une nouvelle tendance a été observée par la Société canadienne de pharmacologie clinique, celle des comités d'éthique privés. Une personne peut, en toute légalité, créer un comité d'éthique de la recherche portant son nom et dont la composition est à sa discrétion. Par exemple, le comité d'éthique Jean Tremblay inc. Proposant une liste de prix pour ses différents services, cette société pourrait dès lors accepter d'évaluer, à contrat, des protocoles de recherche soumis par un centre de recherche.

Il s'agit d'une pratique admise, notamment à Québec. La société Anapharm fait réviser ses protocoles par le « comité d'éthique Pauline Ruel », du nom d'une pharmacienne qui avait déjà siégé aux comités universitaires. Sans mettre en doute le sérieux de cette collaboration et la compétence de Madame Ruel, nous pouvons nous attendre que le taux de refus des protocoles ne soit pas très élevé. Tout contractuel cherche à voir ses contrats renouvelés. Il y a là une situation évidente de conflit d'intérêt.

De telles réalités sont rendues possibles par l'absence d'une régulation adéquate.

Par ailleurs, Éric Gagnon, un sociologue de la région de Québec qui a consacré son mémoire de maîtrise à ce sujet, a bien démontré que le principal terrain d'intervention des comités d'éthique est le formulaire de consentement. Mais justement, la notion de consentement est très discutable. Dans quelle mesure une personne malade à qui est offert un nouveau médicament faisant l'objet d'une recherche clinique consent-elle d'une manière libre et éclairée à participer à une expérience ? Comprend-elle vraiment les risques associés à ce traitement ?

Tout « volontaire sain » d'une étude clini-

que est en mesure de constater que ses compagnons sont prêts à signer n'importe quoi. Il ne fait aucun doute que tous se prêtent au jeu pour toucher le pécule. Ce ne sont pas des préoccupations d'ordre humanitaire qui les ont conduits là. Quant aux malades en phase terminale ou aux sidéens qui se voient proposer la participation à une recherche clinique, ils sont souvent motivés par l'énergie du désespoir. Certains sont prêts à se battre pour être retenus dans ces protocoles parfois très aléatoires. Les juristes ont été récemment saisis d'un drôle de concept : le droit aux traitements expérimentaux. Des patients considèrent donc qu'ils peuvent invoquer la loi pour être acceptés dans un projet de recherche...

« Ce qui me désole, explique Éric Gagnon, c'est que le principe d'autonomie – exprimé ici par le consentement – ait évacué tous les autres principes qui doivent être au centre de la réflexion éthique. »

Les comités d'éthique ont en effet pour fonction d'assurer l'autonomie des participants, mais également de faire valoir deux autres notions : le souci de bienveillance du corps médical et la justice. Malheureusement, ces notions sont oubliées dès que l'on obtient la signature du patient au bas d'un formulaire de consentement. C'est la médecine américaine, fortement teintée de la crainte des poursuites, qui a initié ce courant.

Nous pouvons faire dire à l'éthique toute chose et son contraire. Certes, les expériences en cours ont été approuvées, en principe, par un comité d'éthique. Mais qui s'inquiète du fait que celui-ci soit potentiellement dénué de pouvoir ou soit complètement bidon ?

Le brouillage de notre sens critique est la conséquence malheureuse de cette épurée éthique. Jamais n'y a-t-il eu autant de lois, de normes, de règlements, de codes d'éthique et de guides de déontologie montrant la voie vers la bonne conduite. Pourtant la population est laissée dans le brouillard.

Nous sommes à l'ère de l'éthique cosmétique, qui sert principalement à donner bonne conscience aux chercheurs et à ceux qui financent leurs travaux.

Le droit de regard de la société sur les retombées de la science est l'une des obligations de la démocratie », écrit le bioéthicien Jean Bernard. Malgré ce qui a été évoqué précédemment, il faut reconnaître qu'il règne un certain engouement pour l'éthique dans les universités. Jean Bernard lui-même confie en entrevue que des cours de bioéthique sont donnés en France actuellement, dans les lycées, et que

les jeunes de 15 et 16 ans s'intéressent avec passion au sujet. Un bon contingent d'étudiants en philosophie et en théologie choisissent un thème relié à la bioéthique pour leurs travaux des cycles supérieurs. À en juger par cet enthousiasme, le « droit de regard » évoqué par le professeur Bernard sera bien servi dans les années qui viennent. Malheureusement, ce n'est pas au nombre de mémoires et de thèses sur les impacts moraux des sciences biomédicales que l'on peut juger de la sécurité de la population face aux dérives éventuelles.

Plusieurs raisons justifient ce scepticisme. La principale vient du fait que les universités occidentales produisent une cohorte d'« éthiciens professionnels » au détriment, peut-être, de l'éthique elle-même... En effet, il n'est pas nécessairement souhaitable que l'éthique devienne une spécialité au même titre que la sociologie, la médecine ou la criminologie. Elle doit plutôt faire partie de tous les corps de métiers. D'ailleurs, tous les citoyens prennent quotidiennement des décisions éthiques (du grec *êthos*, « mœurs »). L'éthique, pour plusieurs, n'est simplement que la nouvelle appellation de la morale, cette « science du bien et du mal », comme le précise le dictionnaire. Si les théoriciens contemporains ont délaissé progressivement le vocable, c'est à cause de sa connotation religieuse. La morale, c'est pour les soutanes !

Chaque fois que nous arrêtons notre voiture pour respecter un panneau de signalisation au coin d'une rue, nous prenons une décision qui semble valable sur le plan éthique. Cet exemple mérite d'être approfondi.

Si, au volant de sa voiture par une nuit tranquille, une personne brûle un feu rouge, parce qu'elle a jugé tout danger écarté, elle prend une décision dont l'éthique paraît discutable. Elle contrevient en tout cas aux lois. L'observateur extérieur est tenté de la désapprouver sans autre forme de procès. Mais possède-t-il toutes les données du problème avant de porter un jugement ? S'il apprend que le conducteur pressé transporte un blessé grave ou une femme sur le point d'accoucher, il devra reconsidérer sa vision des choses. Le geste devient soudain justifié. À certaines conditions, toutefois. Si l'automobiliste met la vie d'un piéton égaré en danger, ce n'est pas la même chose.

Évidemment, la bioéthique se nourrit de situations beaucoup plus complexes que celle du feu rouge grillé. Mais souvent, les personnes qui discutent d'un cas difficile se sentent ainsi bousculées entre deux visions qui s'affrontent. En bioéthique, les situations ne sont jamais réductibles à une logique binaire: bien-mal, vrai-faux. Cependant, de la même façon qu'il faut éviter qu'une partie

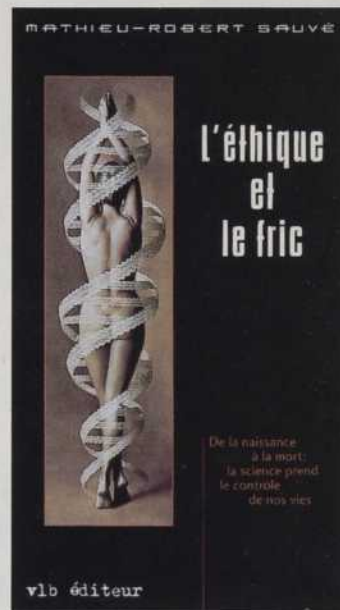
seulement des citoyens se conforment aux règles de sécurité routière, la bioéthique ne peut fonctionner que si tout le monde la fait sienne. Il ne saurait donc y avoir, d'un côté, des éthiciens patentés et, de l'autre, des professionnels qui considèrent comme facultatifs les arguments moraux capables de faire la différence entre le bien et le mal...

Nous l'avons dit, rares sont les projets de recherche qui sont bloqués par un comité d'éthique. « Nous ne sommes pas opposés à l'avancement des connaissances, lance

le membre d'un de ces comités. Nous voulons simplement nous assurer que certains points sont pris en considération quand une nouvelle recherche débute auprès des malades. » Il arrive que des chercheurs promettent de se conformer à telle ou telle règle mais ne la respectent pas. Cette question du suivi des protocoles inquiète beaucoup les observateurs. L'approbation éthique devient une espèce de visa nécessaire pour naviguer à sa guise au pays de la recherche.

En principe, les comités surveillent le déroulement des recherches en cours. Mais, quand le comité d'éthique d'un grand hôpital approuve jusqu'à 25 projets de recherche en une seule réunion, comment trouver du temps pour l'étude des dossiers précédemment approuvés ? Cela fait en moyenne à peine sept minutes de discussion par projet. Inutile de dire qu'il est difficile d'entrer dans les subtilités en si peu de temps, surtout si l'on est douze personnes autour d'une table...

La professionnalisation de l'éthique est, de l'avis de plusieurs, une erreur. Le recours aux services d'« éthiciens professionnels » ne peut remplacer la bonne vieille introspection. Car l'éthique doit être une préoccupation intrinsèque, au cœur de l'activité professionnelle de chacun... ●



L'éthique et le fric, par Mathieu-Robert Sauvé, VLB éditeur, 2000.

# Ça vaut le coût de s'abonner !



## Seulement

# 2,86 \$

l'exemplaire  
avec l'abonnement de 3 ans  
Prix en kiosque : 4,35 \$

- 10 numéros par an
- 500 pages d'information
- 600 photos
- 750 sujets différents

**Abonnez-vous ou offrez-le en cadeau !**  
Montréal : (514) 875-4444 • Ailleurs : 1 800 667-4444

Offre valide jusqu'au 31 mai 2000

# 50

- je m'abonne à Québec Science
- je me réabonne
- je l'offre en cadeau
- 1 an (10 n<sup>os</sup>) 41,35 \$ TTC
- 2 ans (20 n<sup>os</sup>) 71,25 \$ TTC
- 3 ans (30 n<sup>os</sup>) 98,87 \$ TTC
- Tarifs valables au Canada seulement.

Détachez et expédiez à  
**Québec Science**  
Service des abonnements  
525, rue Louis-Pasteur  
Boucherville (Québec) J4B 8E7  
Tél. : (514) 875-4444 ou 1 800 667-4444  
Télé. : (514) 523-4444  
Courriel : AQcourrier@abonnement.qc.ca  
Numéro d'enregistrement de la TPS : R-1335-97427  
Numéro d'enregistrement de la TVQ : 1013609086



Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_ rue \_\_\_\_\_ app. \_\_\_\_\_

ville \_\_\_\_\_ province \_\_\_\_\_

code postal \_\_\_\_\_ téléphone \_\_\_\_\_

Profession \_\_\_\_\_

Chèque  Visa  MasterCard  
Chèque à l'ordre de Québec Science

N° de carte \_\_\_\_\_ Date d'expiration \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

**Offert par :** Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_ rue \_\_\_\_\_ app. \_\_\_\_\_

ville \_\_\_\_\_ province \_\_\_\_\_

code postal \_\_\_\_\_ téléphone \_\_\_\_\_

par Raynald Pepin

## Ondes culinaires

Quelques mystères à propos d'un petit four qui a conquis nos cuisines

**L**es fours à micro-ondes ont envahi presque toutes nos cuisines. Ils servent à cuire les légumes, à faire bouillir l'eau pour le thé, à préparer le pop-corn, etc. Il est vrai, cependant, que ces appareils ne sont pas parfaits; c'est en effet moins intéressant de se réunir autour du four à micro-ondes qu'autour d'un poêle à bois!

Malgré son omniprésence, le four à micro-ondes reste un peu mystérieux. Pourquoi y a-t-il un grillage sur la porte? Comment les micro-ondes sont-elles produites? Est-il vrai qu'il ne faut pas mettre de métal dans le four?

Voici, en gros, comment fonctionne cet appareil: dans un dispositif appelé magnétron, des courants alternatifs génèrent les micro-ondes, c'est-à-dire des ondes électromagnétiques constituées de champs électrique et magnétique oscillants. Les courants sont entretenus par des flux d'électrons dirigés par un champ magnétique.

Du magnétron, les ondes passent dans le four proprement dit, directement ou par



Pierre-Paul Parisseau

l'intermédiaire un guide d'ondes (une pièce de métal rectangulaire). Le magnétron, ou le guide d'ondes, est dissimulé par une plaque de plastique (du métal bloquerait les ondes, comme on le verra).

Les micro-ondes agissent sur les aliments contenant des molécules polaires, comme l'eau. Ces molécules, dans lesquelles la répartition des charges électriques n'est pas uniforme, tendent à s'aligner lorsqu'elles sont soumises à un champ électrique. Puisque le champ des micro-ondes oscille, les molécules tournent dans tous les sens. Les liaisons entre molécules se brisent et se reforment, ce qui

dégage de l'énergie, un peu comme si les molécules se « frottaient » les unes contre les autres.

Dans les fours à micro-ondes domestiques, les ondes oscillent à 2,45 gigahertz (GHz), ou milliards de hertz. À cette fréquence, les micro-ondes sont faiblement absorbées par l'eau. C'est ce qu'il faut: si on avait choisi une fréquence donnant lieu à une absorption maximale, l'eau située en surface des aliments absorberait entièrement les micro-ondes, ce qui empêcherait l'intérieur de cuire. Avec une fréquence plus faible que 2,45 GHz, les ondes pénétreraient davantage mais seraient moins absorbées et la cuisson serait plus lente.

La fréquence de 2,45 GHz est donc un compromis.

**C**omme la plupart des aliments contiennent un peu d'eau, on peut les faire cuire au micro-ondes. Mais on n'arrivera pas à y faire chauffer du sel, par exemple. Si vous essayez, ou si vous faites d'autres expériences, mettez toujours une tasse d'eau à chauffer en même temps. En effet, si rien ne les absorbe, l'intensité des micro-ondes dans le four augmente; une partie d'entre elles retourne au magnétron, ce qui perturbe son fonctionnement et peut l'endommager.

L'huile ne contient pas d'eau mais peut quand même être chauffée au

micro-ondes, comme me le faisait remarquer Pierre Boutet, un lecteur du magazine, il y a quelques années. Faites chauffer en même temps une quantité égale d'huile et d'eau. L'huile se réchauffe, mais moins que l'eau, parce que les huiles sont constituées de triglycérides, des molécules contenant des groupements chimiques polaires.

Essayez aussi de faire cuire au micro-ondes une pomme de terre enveloppée dans du papier d'aluminium (il faut écraser les aspérités du papier). La pomme de terre reste froide parce que le métal réfléchit presque entièrement les micro-ondes. Les électrons du métal oscillent en réponse au champ

électrique variable et émettent eux-mêmes des ondes, ce qui engendre la réflexion.

Comme les parois du four sont métalliques, elles confinent les ondes à l'intérieur. Le grillage métallique installé sur la surface interne de la vitre réfléchit lui aussi les ondes parce que ses trous sont beaucoup plus petits que la longueur des micro-ondes, qui est d'environ 12 centimètres.

Puisque les parois réfléchissent les ondes, celles-ci voyagent en tous sens à l'intérieur du four; elles se croisent dans l'espace — interfèrent, comme on dit en physique. Dans certaines zones du four, elles se renforcent et s'additionnent; l'intensité des micro-ondes est supérieure à la moyenne et la cuisson est plus rapide. À d'autres endroits, elles s'opposent, s'affaiblissent et l'intensité est inférieure à la moyenne. Voilà pourquoi il est possible que certaines parties d'un aliment chauffé au micro-ondes soient plus chaudes et d'autres plus froides.

Pour pallier cet inconvénient, les fabricants conseillent de laisser reposer l'aliment quelques instants afin de laisser à la chaleur le temps de se répartir plus uniformément. Plusieurs fours sont dotés d'un plateau rotatif pour exposer l'aliment aux différentes zones du four.

Vous pouvez facilement étudier la répartition des ondes. Enlevez le plateau rotatif, s'il y en a un, et installez une grande assiette ou un essuie-tout sur un plat renversé. Disposez dessus, à intervalles réguliers, de petits morceaux de chocolat, de fromage ou d'un autre aliment qui fond facilement. Faites fonctionner le four quelques instants et observez l'état de votre fromage ou du chocolat. Lorsque j'ai fait ma propre expérience, certains grains de chocolat ont carbonisé en quelques secondes alors que d'autres étaient à peine chauds !

Contrairement à ce que l'on entend souvent, on peut très bien mettre certains objets en métal dans le micro-ondes. Les électrons des métaux oscillent en réponse aux ondes, ce qui ne constitue un problème que pour un objet métallique pointu ou très mince. Si l'objet est pointu, les charges électriques peuvent se concentrer temporairement à l'extrémité, engendrant des étincelles. Les objets très minces (fil ou dorure métallique sur les couverts), quant à eux, peuvent présenter une résistance électrique élevée. En ce cas, le courant alternatif des électrons fait chauffer le métal, qui peut même devenir incandescent.

Essayez en mettant une ampoule électrique dans votre four et en la faisant chauffer quelques secondes (n'oubliez pas la tasse d'eau !) : l'ampoule s'allume ! Sur un plateau tournant, elle s'allume et s'éteint alternativement, révélant les zones plus ou moins irradiées. Attention en sortant l'ampoule : elle est chaude !

À sa puissance maximale, mon four amène à ébullition une tasse contenant un peu plus de 250 millilitres d'eau en moins de 110 secondes. La chaleur fournie est égale à la masse de l'eau (0,25 kilogramme) multipliée par l'augmentation de température (plus de 80 °C) et par 4180 joules, soit la chaleur nécessaire pour élever de un degré une masse de un kilogramme d'eau. Divisez par 110 secondes et vous obtenez la puissance du four en watts, soit près de 800 watts. Comme le four consomme une puissance électrique de 1500 watts (il lui faut donc un circuit électrique exclusif), le rendement ( $800 \div 1500$ ) dépasse 50 %, alors que celui d'un four ordinaire est d'environ 10 %. Le reste de l'énergie chauffe la cuisine. Tout compte fait, le micro-ondes remplace presque le poêle à bois ! ●

## Coquets et coquettes : la science pense à vous !



La beauté, les parfums, les moustaches, le grimage, la mode... Il y a de la science cachée dans tout cela.  
*Par Catherine Dubé, Annick Duchatel, Marie-Pier Elie et Fabien Gruhier.*

## Les volcans du Québec

Au premier temps de la Terre, le nord du Québec était littéralement en ébullition. Il était traversé par de spectaculaires ceintures volcaniques. C'est ce que les géologues prospectent aujourd'hui.  
*par Joël Leblanc*



## Cap sur le futur

### Le climat : ça changera encore

À chaque catastrophe météorologique, la question est soulevée : le climat planétaire est-il dérégulé ? Les problèmes iront-ils en s'amplifiant ? Quel est le climat que nous prévoient les connaissances actuelles ? Pourrons-nous un jour contrôler le vent, la pluie, la température et le passage des nuages ?  
*par Emmanuelle Bergeron*

## Ni vu, ni connu

Internet n'est pas le paradis des libertés comme on pourrait le croire.

L'association Reporters sans frontières (1) a fait paraître l'an dernier un rapport sur les « ennemis d'Internet ». Une vingtaine de pays exercent un étroit contrôle sur l'accès au réseau. Les plus radicaux, comme l'Iraq, la Corée du Nord et Cuba, y vont de l'interdiction pure et simple. Au Tadjikistan, au Bélarus, au Myanmar et au Soudan, les internautes n'ont droit qu'à un seul fournisseur contrôlé par l'État. Non seulement on y interdit l'accès aux sites jugés subversifs, mais on suit les internautes dans leurs pérégrinations virtuelles et on épie leur courrier électronique.

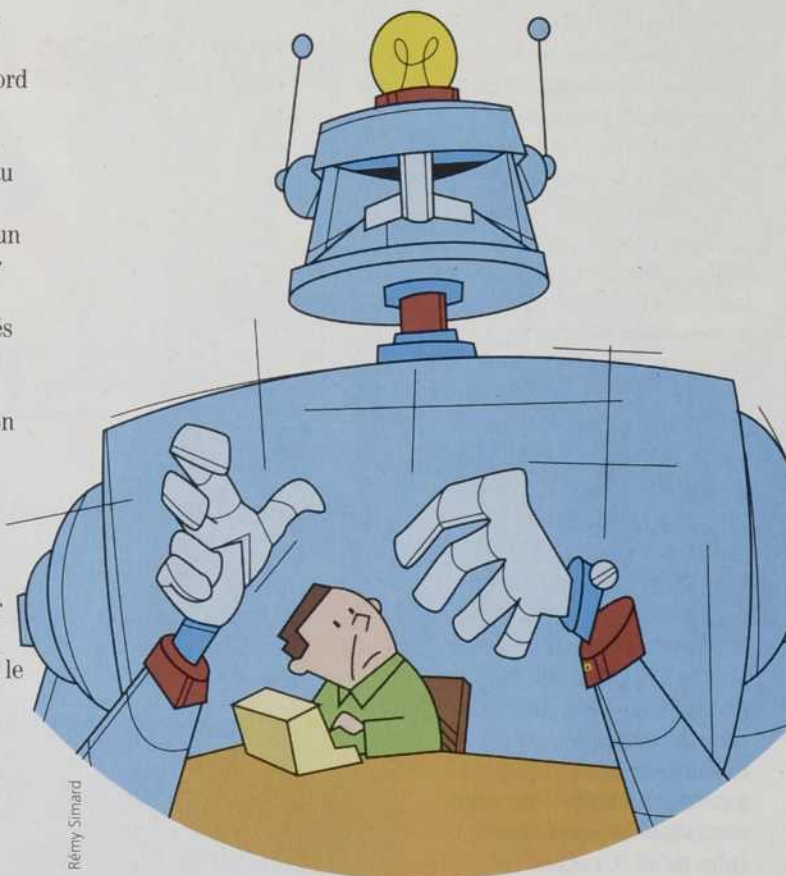
Même les pays démocratiques mettent sur pied des programmes de surveillance électronique sur Internet. L'automne dernier, les médias ont d'ailleurs levé le voile sur les rouages du programme *Echelon* (2), un gigantesque système de surveillance mondial auquel participent les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Australie, la Nouvelle-Zélande et aussi le Canada.

### Comment se protéger contre Big Brother et ses sbires ?

Évidemment, il y a la cryptographie qui consiste à rendre illisible le contenu de ses communications. Seul le destinataire connaît la clé pour déchiffrer le message. Des systèmes d'encryptage grand public, comme *Verisign* (3) et *Pretty Good Privacy* (4), commencent d'ailleurs à se répandre.

Mais, même si elle est efficace, la cryptographie attire l'attention. C'est comme

De moins en moins confidentiels, nos balades sur Internet. États et organismes trop curieux peuvent retracer nos moindres clics. Les messages codés gagnent en popularité.



Rémy Simard

de peindre un coffre-fort d'une couleur fluorescente et d'y inscrire « Attention : top secret » !

Pour plusieurs, l'idéal est encore de passer totalement inaperçu. On peut alors faire appel à la « stéganographie ». Du grec *steganos* « cacher » et *graphein* « écrire », la stéganographie — à ne pas confondre avec la sténographie, dont la racine grecque *stenos* signifie « étroit » — désigne les différentes techniques qui

visent à cacher un message à l'intérieur d'un autre. Contrairement à la cryptographie qui rend tout le document illisible, la stéganographie vise, en quelque sorte, à passer en douce.

C'est un art qui ne date pas d'hier. La méthode classique, très populaire depuis le Moyen-Âge, consiste à camoufler le message en utilisant la première lettre, par exemple, de chaque mot ou de chaque phrase. Les œuvres de

Shakespeare, comme bien d'autres, contiendraient une multitude de messages secrets cachés de la sorte (5). Les métaphores et autres figures de style peuvent également être considérées comme de la stéganographie linguistique, un peu comme le jargon scientifique !

On peut également utiliser des procédés techniques. L'encre invisible, qui se révèle en présence d'une flamme ou d'un produit chimique, est l'exemple le plus connu. Il y a aussi la technique du micropoint où une page entière de texte est réduite à la dimension d'un point au bout d'une phrase. On peut enfin coder l'espacement entre les

### CyberJargon

#### SSL

Au lieu de l'habituel « http:// », vous avez peut-être remarqué, particulièrement sur les sites de commerce électronique, la présence du préfixe « https:// ». Dans la plupart des fureteurs, un petit cadenas fermé apparaît également à l'écran de ces sites. Le petit « s » additionnel est pour « secure ». Cela signifie que les données qui voyagent entre le serveur Web et votre fureteur sont cryptées grâce au protocole *Secure Sockets Layer* (SSL). Pour plus de sécurité, il est préférable de choisir la version de votre fureteur dotée d'une clé de chiffrement à 128 bits, ce qui offre plus de combinaisons possibles ( $3,4 \times 10^{38}$  que les clés de 56 bits ( $7,2 \times 10^{16}$  seulement).

#### ABC des inforoutes : Cryptographie

[www.cybersciences.com/abc/fiche/2\\_2.htm](http://www.cybersciences.com/abc/fiche/2_2.htm)

mots ou entre les lettres pour créer un message en mode binaire.

Ce ne sont donc pas les moyens qui manquent à celui qui veut garder pour lui ses petits secrets. On trouve sur Internet toute une gamme d'outils (6, 7, 8) pour répondre à ce type de besoin. Leur fonctionnement est fort simple. Les images et les fichiers sonores contiennent une petite partie de données inutiles ou redondantes. Les logiciels stéganographiques exploitent ces « trous » pour y dissimuler d'autres fichiers. Une photo d'anniversaire peut ainsi inclure une lettre confidentielle ou un fichier musical MP3 cacher un rapport ultrasecret ! Dans la plupart des cas, l'altération est invisible et la taille du fichier n'a pas grossi d'un octet !

Certains logiciels permettent même de cacher des messages à l'intérieur de fichiers html : ils insèrent subtilement des espaces et des tabulations à la fin des lignes !

La plupart de ces logiciels sont plutôt faciles à utiliser et on peut s'amuser à camoufler toutes sortes de choses. Pour un usage plus sérieux, il est préférable d'encrypter son message avant de le « stéganographier ». Cette

## CyberRessources

- (1) **Reporters sans frontières**  
[www.rsf.fr/alaune/ennemisweb.html](http://www.rsf.fr/alaune/ennemisweb.html)
- (2) **Echelon Watch**  
[www.aclu.org/echelonwatch/](http://www.aclu.org/echelonwatch/)
- (3) **Verisign**  
[www.verisign.com](http://www.verisign.com)
- (4) **Pretty Good Privacy**  
[www.pgp.com](http://www.pgp.com)
- (5) **Are There Ciphers in Shakespeare?**  
[home.att.net/~tleary/](http://home.att.net/~tleary/)
- (6) **Steganography Info and Archive**  
[members.tripod.com/steganography/stego.html](http://members.tripod.com/steganography/stego.html)
- (7) **Digital watermarking & steganography**  
[www.cl.cam.ac.uk/~fapp2/steganography/](http://www.cl.cam.ac.uk/~fapp2/steganography/)
- (8) **Steganography Tools and Software**  
[www.jitc.com/Security/stegtools.htm](http://www.jitc.com/Security/stegtools.htm)
- (9) **La problématique du watermarking (INRIA)**  
[www-rocq.inria.fr/codes/Watermarking/](http://www-rocq.inria.fr/codes/Watermarking/)
- (10) **Steganalysis**  
[www.jitc.com/Steganalysis/](http://www.jitc.com/Steganalysis/)
- (11) **StirMark**  
[www.cl.cam.ac.uk/~fapp2/watermarking/stirmark/](http://www.cl.cam.ac.uk/~fapp2/watermarking/stirmark/)
- (12) **unZign**  
[altern.org/watermark/](http://altern.org/watermark/)

procédure complique la tâche de quiconque détecterait la présence du message caché. Cependant, la procédure de cryptographie n'est habituellement pas comprise dans les logiciels que l'on peut télécharger sur le Web.

## NAVIGUEZ incognito et blindé

**A**u sein de la multitude du cyberspace, croyez-vous votre anonymat en sécurité ? Détrompez-vous. Chacun de vos clics laisse des traces : mots clés entrés dans les moteurs de recherche, sites visités, éléments saisis dans les formulaires, commentaires laissés dans les forums, et ainsi de suite.

Zero Knowledge, une PME du boulevard Saint-Laurent, à Montréal, a lancé en décembre dernier un dispositif pour brouiller les pistes. Son service Freedom rend impossible, assure-t-on, l'identification d'un internaute.

Chaque client dispose de cinq pseudonymes (ou « *nyms* ») grâce auxquels il peut naviguer sur Internet, participer à des forums et envoyer ses courriels. Toutes les données sont encryptées et transitent via les serveurs de Zero Knowledge dans le monde. De plus, Zero Knowledge ne conserve aucune archive (*log*) sur les allées et venues de ses clients — au cas où les forces de l'ordre le lui demanderaient... La société Anonymizer offre un service similaire.

Votre ordinateur n'est peut-être pas à l'abri. Relié à Internet, il devient la cible des logiciels « renifleurs » (*sniffers*) qui peuvent tenter d'y glaner des données ou des fichiers pour ensuite les modifier et, au pire, les effacer ! Le risque est plus grand si votre ordinateur est connecté de façon permanente à Internet.

La société Gibson Research Corporation (GRC) — ne pas confondre le sigle avec celui des gendarmes qui retrouvent toujours leur homme — offre un service de diagnostic sur l'étanchéité de votre système. *ShieldsUP!* contrôle les ports de votre ordinateur, vérifie s'il ne présente pas d'ouvertures béantes. Il suggère des correctifs, comme la mise en place d'un garde-barrière personnel (*firewall*). Le service est gratuit et les données sont confidentielles.

**Vos traces sur Internet :** [www.cnil.fr/traces/traces.htm](http://www.cnil.fr/traces/traces.htm)

**Zero Knowledge :** [www.freedom.net](http://www.freedom.net)

**Anonymizer :** [www.anonymizer.com](http://www.anonymizer.com)

**ShieldsUP! :** [www.grc.com](http://www.grc.com)

Toute l'actualité  
scientifique  
au jour le jour

[www.cybersciences.com](http://www.cybersciences.com)

Il est intéressant de mettre à l'épreuve l'efficacité des techniques employées. Elle est remarquable : même volontairement brouillée, une image codée perd très peu d'information après décodage.

Une application particulière de la stéganographie consiste en l'insertion d'un filigrane numérique — ou *watermarking*, en anglais (9). Pour se protéger contre le piratage, les producteurs d'images, ainsi que les compagnies de disques, tatouent leur signature secrète (*watermark*) à l'intérieur des photos et des pièces musicales, un peu à la manière d'un filigrane de billet de banque. Cette signature peut contenir des renseignements sur le copyright, l'auteur, le propriétaire, le distributeur, etc. Pour identifier les « utilisateurs non autorisés », on envoie à leurs trousses un « robot » (*web crawler*) qui navigue sur le Net à la recherche des fichiers qui contiennent le filigrane numérique.

Plusieurs logiciels — dont *Digimarc*, *Pretty Good Signature* et *SureSign* — existent sur le marché pour le tatouage d'images à des fins de copyright. Le défi consiste ici à s'assurer que la signature soit indétectable tout en étant assez robuste pour ne pas être éliminée ou rendue illisible. Le *watermarking* est cependant plus facile à réaliser que la

stéganographie en général, puisque les informations à encoder sont moins nombreuses. On peut donc intégrer le filigrane dans l'image, mais de façon assez discrète pour qu'il passe inaperçu.

Cela dit, toute manipulation d'une image introduit un peu de distorsion. Même si elle n'est pas visible à l'œil nu, un logiciel peut la détecter. Il existe d'ailleurs des outils de « stéganalyse » (10), comme *StirMark* (11) et *unZign* (12), pour identifier la signature stéganographique et tester son efficacité.

Toutefois, il n'est pas nécessaire de connaître l'existence d'une marque pour la détruire ou la rendre sans effet. Sur les fichiers graphiques par exemple, les pirates disposent de plusieurs stratégies possibles. Ils peuvent amputer partiellement l'image, la déformer, la compresser, y ajouter du bruit, l'agrandir ou la rapetisser, créer une image miroir, changer les couleurs, etc. En théorie, la meilleure protection contre de telles agressions consiste à intégrer le tatouage au point où l'agresseur n'aura pas d'autre choix que de détruire complètement l'image !

Comme pour les créateurs de virus et les fabricants d'antidotes, c'est donc un combat sans merci que se

livrent les experts en stéganographie et leurs adversaires de la stéganalyse. Oui, une image vaut mille mots, mais elle peut aussi cacher bien d'autres choses !

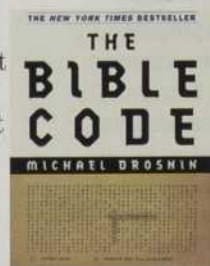
## La planète cryptée

L'usage de la cryptographie est encore limité. Pour des raisons de sécurité nationale, le gouvernement américain a restreint la puissance des outils de cryptographie distribués hors de ses frontières. Les fabricants américains, y compris Netscape et Microsoft, n'ont pu exporter des logiciels dont les clés de chiffrement dépassaient 56 bits — ce qui est assez facile à briser avec un superordinateur. L'argument du commerce électronique a fini par avoir raison de l'embargo militaire. Depuis janvier 2000, les règles ont été assouplies et les fabricants n'auront plus à distribuer des versions « bridées » de leurs logiciels. Accusés d'encourager le terrorisme, sept pays (Iran, Iraq, Lybie, Syrie, Soudan, Corée du Nord et Cuba) demeurent toutefois sur la liste noire.

**U.S. Bureau of Export Administration**  
[www.bxa.doc.gov/Encryption/](http://www.bxa.doc.gov/Encryption/)

## Un code dans la Bible ?

En 1998, le journaliste américain Michael Drosnin publie un livre choc, *The Bible code* (en version française : *La Bible : le code secret*, aux éditions Robert Laffont) qui occupera le palmarès du *New York Times* durant des mois. Selon l'auteur, la Bible dissimulerait des prédictions qu'il a pu décoder à l'aide d'un programme informatique. Divers événements, dont la Seconde Guerre mondiale et l'assassinat de John F. Kennedy, y seraient consignés. Pour les statisticiens, il n'y a pas de quoi en faire un plat : il s'agit de sim-



plés coïncidences. On peut trouver le même genre de « messages secrets » dans *Guerre et Paix*, *Moby Dick* ou n'importe quel texte suffisamment long. Bref, on peut trouver des messages même lorsqu'il n'y en a pas — ce qui rend l'utilisation de la stéganographie d'autant plus redoutable !

**Skeptic's Dictionary: The Bible Code**  
[www.skeptdic.com/bibcode.html](http://www.skeptdic.com/bibcode.html)

## Technologie de l'Information et Informatique

### Au premier cycle

- Baccalauréat en informatique appliquée (régimes régulier et coopératif)
- Majeure en informatique
- Mineure en informatique
- Certificat en informatique

### Au deuxième cycle

- Certificat de 2e cycle en technologie de l'information - 4 mois
- Diplôme d'études supérieures en technologie de l'information (régime coopératif) 8 mois suivis d'un stage en entreprise de 4 mois

UNIVERSITÉ DE MONCTON  
 Un accent sur le savoir  
 Campus de Moncton



Une formation axée sur les besoins du marché

[www.umoncton.ca](http://www.umoncton.ca)



- Équipement à la fine pointe de la technologie
- Environnement et encadrement dynamique
- Stages pratiques en milieu de travail
- Bourses disponibles

Département d'Informatique  
 Université de Moncton  
 Moncton (NB) E1A 3E9

Tél.: (506) 858-4335  
 1-800-363-UdeM (8336)  
[dinfo@umoncton.ca](mailto:dinfo@umoncton.ca)

# Anciens numéros



Octobre 1998

## Novembre 1999

Le junk food : pire que vous ne le pensiez  
 Superman marchera-t-il ?  
 Multiples visages de la paranoïa  
 Rencontre avec Jean Rochon  
 100 ans de science : 1990-1999

## Octobre 1999

Tempêtes solaires, ça va chauffer !  
 La physique s'amuse  
 Les maux de la bouche  
 Êtes-vous génétiquement corrects ?  
 100 ans de science : 1980-1989

## Septembre 1999

L'énigme de la réussite scolaire  
 Chasse aux nouvelles planètes  
 Le cerveau chef d'orchestre  
 Les cosmétiques de Cléopâtre  
 100 ans de science : 1970-1979

## Juillet-Août 1999

9 aventures scientifiques  
 Les effets des crèmes solaires  
 Spécial ACFAS 1999  
 100 ans de science : 1960-1969

## Juin 1999

Du cannabis en pharmacie ?  
 Chandra, l'espace au rayon X  
 Le homard dans l'eau bouillante  
 Portrait de 5 dinosaures canadiens  
 100 ans de science : 1950-1959

## Mai 1999

Le Jour J de Julie Payette  
 Les 50 meilleurs sites Internet en science  
 Le vrai bilan de la santé au Québec  
 Parcs et protection de l'environnement  
 100 ans de science : 1940-1949

## Avril 1999

Ce que la généalogie nous révèle  
 Le cœur de la Terre en laboratoire  
 Cancer : il faut lui couper les vivres  
 100 ans de science : 1930-1939

## Mars 1999

Manquons-nous d'électricité ?  
 Votre cerveau, maître des illusions  
 Galaxies : voyage dans l'espace-temps  
 100 ans de science : 1920-1929

# Il vous manque un Québec Science ? Le voici.

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

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

**Commandez dès maintenant.**

## Février 1999

Les 10 découvertes de l'année  
 Trésor légué par les Inuits en Arctique  
 Les scientifiques de l'année  
 100 ans de science : 1910-1919



Février 1999

## Décembre 1998-Janvier 1999

La créatine, le nouveau joueur sur la glace  
 Le Québec se refroidit  
 Verglas : sommes-nous mieux préparés ?  
 100 ans de science : 1900-1909

## Novembre 1998

Histoire de la naissance de la Lune  
 De quel droit modifier les animaux ?  
 Bioterrorisme : sommes-nous prêts ?  
 Nos collections scientifiques

## Octobre 1998

Montignac, ça fonctionne !  
 Une auto à vapeur fabriquée au Québec  
 Linux et l'informatisation des écoles  
 Astronomie : la pollution lumineuse

## Septembre 1998

Le bogue de l'an 2000  
 Ce qu'il faut savoir sur le Ritalin  
 Les sourciers du cosmos  
 Les aliments génétiquement modifiés

## Juillet-Août 1998

5 énigmes sous la loupe scientifique



Novembre 1999

Les plages du Québec  
 Moustiques et autres vampires  
 Astronomie : peut-on expliquer l'Univers ?

## Juin 1998

Un grand chantier dans l'espace : la SSI  
 La vie secrète des crevettes  
 Les vestiges de La Belle de Cavellier de La Salle  
 Le recyclage de la peinture



Septembre 1999

## Mai 1998

Les robots  
 Premier guide des voyages dans l'espace  
 Allergies respiratoires  
 La route des arômes jusqu'à nous

## Avril 1998

La Terre comme vous ne l'avez jamais vue  
 2 000 mètres sous les mers  
 Le « procès » du glutamate de sodium  
 La filière magnésium  
 Astronomie : la découverte du Soleil

## Mars 1998

Le cerveau sous influence  
 Bactéries plus coriaces, plus dangereuses  
 Internet 2  
 Tourbillons : comment ils se forment

## Février 1998

Les 10 découvertes de l'année  
 Lucien Abenheim, scientifique de l'année  
 Innovations dans l'automobile  
 Enseignement des sciences : vive la crise !

# Québec Science

Numéros demandés :

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Remplissez ce coupon et retournez-le avec votre paiement à : Québec Science, 525, rue Louis-Pasteur, Boucherville (Québec) J4B 8E7

Je commande \_\_\_\_\_ numéros à 6,45 \$ Total : \_\_\_\_\_  
 (poste, manutention et taxes incluses) TPS : 0,45\$ - TVQ : 0,52\$

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_ rue \_\_\_\_\_ app. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ ville \_\_\_\_\_ province \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ code postal \_\_\_\_\_ téléphone \_\_\_\_\_

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

N° de carte \_\_\_\_\_ Date d'expiration \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

Offre valide au Canada, jusqu'au 30 avril 2000, selon la disponibilité. Étranger : tarifs sur demande.  
 TPS : R 1335 97427 TVQ : 1013609086



**En kiosque !  
fin mars**

4.95\$ + taxes

La science sur la place publique !

## UN BAR DES SCIENCES

Animé par Michel Désautels

Prochain rendez-vous :  
vendredi 14 avril 2000 à 19h  
Au Salon du livre de Québec  
(Espace cinéma)

### La science à tout prix ?

On peut multiplier les exemples de science « détournée » vers des objectifs éthiquement douteux. Il s'en trouve même pour affirmer que « Ce que la science peut faire, elle le fera ! », en dépit de tout argument moral. Peut-être que les chercheurs ont-ils assez de soucis sans, en plus, avoir s'interroger sur les usages éventuels de leurs découvertes ?



Organisé par Québec Science  
VLB éditeur et  
l'Association des communicateurs scientifiques

## Des chiffres et des jeux

par Jean-Marie Labrie

### Jeu n° 81 La réussite en tout !

Dans une classe, 8 élèves échouent dans la matière A, 10 dans la matière M, 6 dans les matières A et M, 9 dans la matière P, 2 dans les matières A et P; finalement, un seul élève échoue ces 3 matières. Si la classe comprend 31 élèves, quel est le nombre d'élèves qui réussissent ces trois matières?

### Jeu n° 82 Quel âge a-t-elle ?

- Une jeune dame nous a envoyé ces renseignements qui, selon elle, doivent suffire pour déterminer sa date de naissance.
- 1) Pour obtenir mon âge réel, il faut ajouter le tiers de mon âge apparent.
  - 2) Mon âge apparent et mon âge sont des multiples d'un nombre premier égal à la somme des deux derniers chiffres de mon année de naissance.
  - 3) À partir du 10 décembre 1990, j'aurais une année de plus et je ne suis pas à ma retraite.

### Jeu n° 83 Triangles à découvrir!

Soit la figure ci-contre composée de huit petits triangles équilatéraux. Supprimer quatre petits segments de façon à ce qu'il ne reste que quatre petits triangles équilatéraux.



### Solutions de mars 2000

#### Jeu n° 79 Le coffre-fort récalcitrant

Dans 613, le chiffre 6 est mal placé, car 1 et 3 ne sont pas corrects. Dans 426, le chiffre 6 est bien placé, car 4 et 2 ne sont pas corrects. Dans 547, le chiffre 7 est mal placé, car 5 et 4 ne sont pas corrects. Dans 859, le chiffre 8 est bien placé, car à la place du 9 on doit avoir le 6, et le 5 n'est pas correct. Par conséquent, le chiffre 7 occupe le rang des dizaines. La combinaison du coffre-fort est donc 876.

#### Jeu n° 80 Des voisins dans le désordre

Voici trois des solutions possibles.

8	7	8	5	8	0					
2	5	4	9	2	6	3	5			
9		6	4	6	9	7	4	6	3	7
1	0	1	3	1	9					

#### Niveaux de difficulté

● : débutant    ■ : intermédiaire    ◆ : expert

# La science à bon port

L'ouverture, dans le Vieux-Port, du premier « musée de la science » à Montréal sera sans contredit l'événement de l'année dans le paysage de la vulgarisation scientifique québécoise. Mais cette annonce en grande pompe ne doit pas faire oublier les musées plus spécialisés, situés à proximité, dont la vocation est aussi d'instruire, d'amuser et de fasciner. Petit parcours scientifico-touristique dans le Vieux-Port et ses environs.

## Le Centre iSci

C'est un projet vieux de 20 ans qui se concrétise enfin, grâce à un partenariat entre le gouvernement fédéral



et l'entreprise privée. « Pour le public, les sciences et les technologies sont souvent abstraites, au point que leur impact dans la vie quotidienne passe souvent inaperçu, explique Madame Claude Benoit, vice-présidente Programmation et développement. Le Centre iSci veut démystifier le tout, de façon ludique et intelligente. »

D'une surface totale de 45 000 mètres carrés, le Centre contiendra un cinéma IMAX, un IMAX 3D et un cinéma interactif IMMERSION en première canadienne. Divisé en 12 grands secteurs industriels de pointe québécois et canadiens, le Centre recevra une centaine d'objets techniques, des innovations technologiques et des jeux interactifs. On y projettera également des vidéos sur les nouveaux métiers, on y débatera de grands enjeux des sciences et des technologies et on pourra s'y documenter grâce à trois centres de documentation. On attend deux millions de visiteurs dès la première année.

### Le Centre iSci

Renseignements :  
(514) 496-4724  
www.isci.ca

## Musée Pointe-à-Callière

En novembre 1690, le *Elizabeth and Mary*, un navire de la flotte de l'amiral William Phips, est englouti dans les eaux du fleuve Saint-Laurent, alors que le célèbre amiral venait attaquer Québec. Le 24 décembre 1994, on découvre le navire au fond du fleuve, au large de Baie-Trinité et, du coup, une importante collection archéologique du XVII<sup>e</sup> siècle. L'exposition montre le fascinant processus qui entoure une découverte archéologique subaquatique majeure. Grâce à une mise en scène des artefacts retrouvés et à une reconstitution de scènes d'époque par des personnages historiques, le musée nous fait redécouvrir l'histoire de cet amiral qui s'est fait répondre par la bouche des canons de Frontenac (du 19 avril au 24 septembre).

### Pointe-à-Callière, musée d'archéologie et d'histoire de Montréal

Renseignements :  
(514) 872-9150

## Le musée Stewart



Ce serait comme le butin d'une chasse au trésor : la plus importante collection de globes célestes anciens au Canada.

Le Musée Stewart, au fort de l'île Sainte-Hélène, présente trois siècles de globes, de

cartes et d'instruments scientifiques. Ces objets — véritables œuvres d'art décoratives — représentent plus de 300 ans d'exploration, de découvertes et d'interprétations scientifiques du monde et du cosmos. Parmi la quarantaine de globes en exposition, datant de 1533 à 1840, se trouvent un globe format poche et un globe Coronelli, d'un mètre et demi de diamètre. Par ailleurs, l'exposition permanente *La*

*galerie de l'histoire* met en valeur la collection du musée : ustensiles d'âtre et de cuisine, instruments scientifiques et de navigation, armes anciennes. La galerie Héritage-Europe, quant à elle, est consacrée à l'art décoratif.

### Musée Stewart au fort de l'île Sainte-Hélène

Métro Île-Sainte-Hélène  
Renseignements :  
(514) 861-6701  
www.stewart-museum.org



## Le Planétarium de Montréal

Le Soleil a des sautes d'humeur, cette année. L'an 2000 est en effet l'année du maximum d'activité solaire, ce qui peut affecter la Terre de diverses manières. Ce fantastique voyage que propose le spectacle *Soleil en colère* débute au cœur de notre astre et montre à quel point nous lui sommes soumis (jusqu'au 19 novembre).

Également au programme : *La fin du monde* (jusqu'au 22 mai). Un spectacle qui présente 2001 faits astronomiques passionnants, tout en remettant les pendules à l'heure à propos des théories des « catastrophistes ». Est-ce à dire que rien ne nous menace ? Pas si sûr... Des expositions de photos d'astronomie compléteront votre visite : *À ciel ouvert* présente quelques-uns des aspects les plus fascinants de l'astronomie contemporaine. *Hubble* est une exposition de photographies obtenues grâce au fameux télescope spatial. Finalement, *Aurores boréales*, le travail du photographe Michel Tournay dans le grand nord québécois, vous fera frissonner !

### Planétarium de Montréal

Renseignements :  
(514) 872-4530  
www.planetarium.montreal.qc.ca

# Danielle Cécyre, biochimiste : « Nous sommes en pénurie de cerveaux sains. »

La banque de cerveaux a besoin de dons. Pas besoin de souffrir de maladies complexes; les cerveaux normaux sont les bienvenus.

par Emmanuelle Bergeron

**D**anielle Cécyre est gérante de banque. Mais cette biochimiste ne manipule jamais d'argent; elle transige... des cerveaux ! Sa banque a distribué des milliers d'échantillons de tissu cérébral humain à des chercheurs un peu partout dans le monde depuis sa création, en 1980. Pourquoi une banque de cerveaux ? Parce que les modèles animaux ne sont pas toujours pertinents pour étudier les anomalies du système nerveux humain.

Située au Centre de recherche de l'hôpital Douglas, affilié à l'Université McGill, la banque est prête, à toute heure du jour ou de la nuit, à recevoir les cerveaux de donateurs ayant consenti à léguer leur matière grise à la science. Certains ont signé le formulaire très longtemps à l'avance. Après la mort du donneur, le cerveau est envoyé au laboratoire dans un délai maximum de 24 heures.

« Comme les molécules se dégradent très rapidement, plus le délai est court, plus le tissu sera de bonne qualité », explique Danielle Cécyre.

Aussitôt que l'organe est acheminé, les hémisphères, le cervelet et le tronc cérébral sont séparés en deux. Une des moitiés est conservée intacte dans le formol et sera utilisée afin d'établir le diagnostic neuropathologique du patient; elle servira ensuite aux études immunologiques et anatomiques. L'autre moitié est coupée en tranches, congelée et gardée sous haute



surveillance à -80 °C. Les tissus congelés pourront servir à des études biochimiques, enzymatiques, génétiques, anatomiques ou pharmacologiques.

L'étude des maladies neurodégénératives nécessite l'observation de structures très spécifiques. « On envoie rarement un hémisphère au complet », précise Danielle Cécyre, qui fait elle-même la dissection des tissus dont les chercheurs ont besoin. L'hippocampe, impliqué dans le processus de la mémoire, est fortement en demande pour l'étude de la maladie d'Alzheimer. Dans le cas de la maladie de Parkinson, on observe plutôt la substance noire ou le striatum.

Pour les employés, la manipulation d'un cerveau frais nécessite des précautions particulières afin de diminuer les risques de transmission de maladies comme l'hépatite ou

le sida. Certains pathogènes, comme les prions, responsables de la maladie de Creutzfeld-Jacob, peuvent survivre très longtemps même dans des échantillons congelés ou formolés.

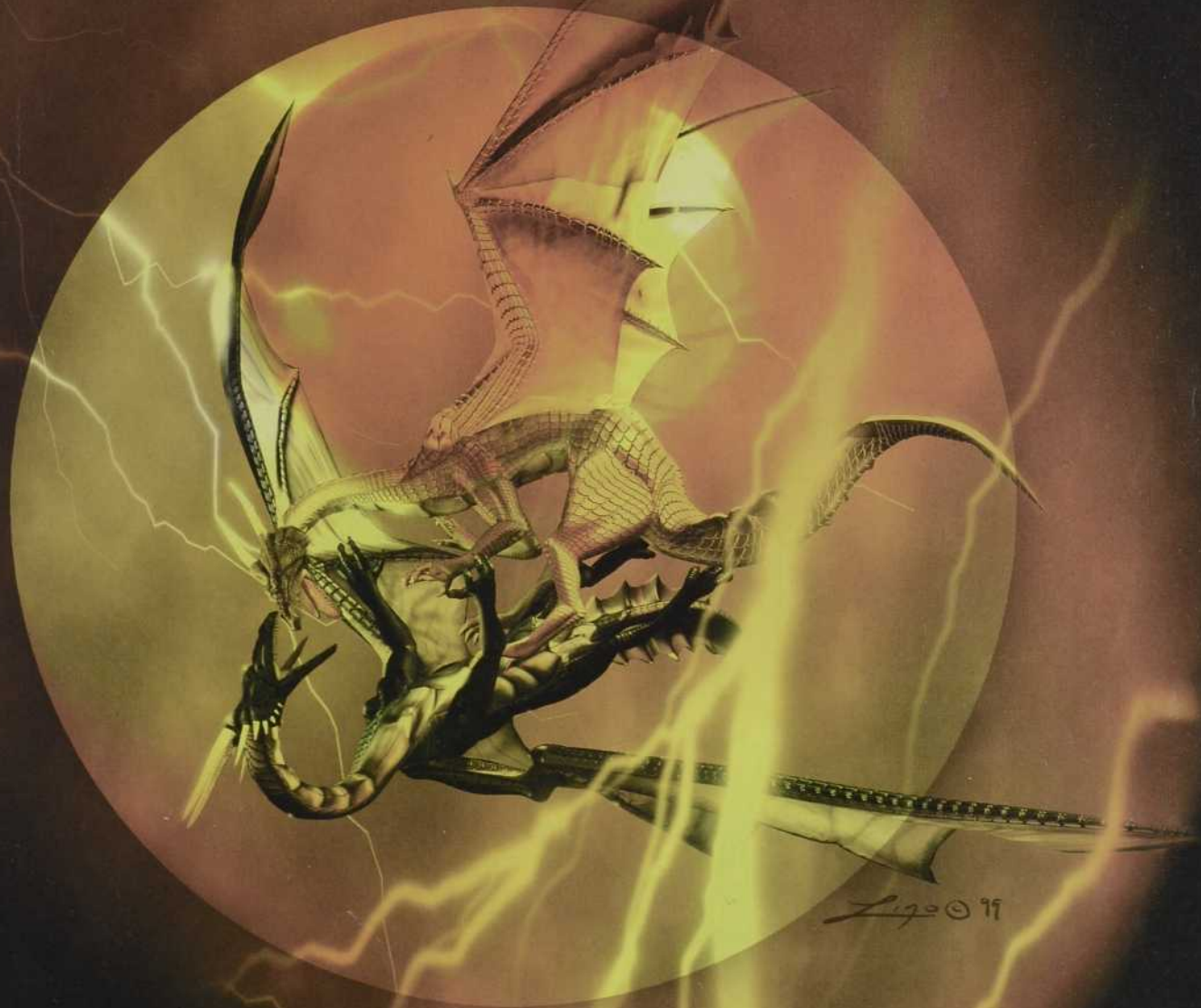
Des marqueurs neuropathologiques, c'est-à-dire des plaques caractéristiques ou des anomalies dans la configuration de certains tissus, aident les scientifiques à poser un diagnostic juste. Ils cherchent aussi des indices afin de percer les mystères de ces maladies encore mal connues. En 1993, grâce à des échantillons de la banque de cerveaux, le docteur Judes Poirier, du Centre McGill d'étude sur le vieillissement, a établi un lien entre la mutation d'un gène et une forme sporadique de la maladie d'Alzheimer. Plus le nombre de copies de ce gène est grand, a-t-il conclu, plus l'individu est à risque. Cette

découverte permettra éventuellement de mieux prévoir la réponse des patients aux traitements.

Des recherches sont également en cours sur des maladies dont la nature physiologique est loin de faire l'unanimité, notamment la psychose maniaco-dépressive, la schizophrénie ou des troubles affectifs. Au Centre de recherche de l'hôpital Douglas, l'équipe du docteur Lalit Srivastava a constaté que les tissus cérébraux des patients schizophrènes se caractérisaient par un taux anormalement bas de la protéine PSA-NCAM, fortement impliquée dans le développement du cerveau et la formation des connexions neuronales.

Malheureusement, le manque de ressources financières et le nombre restreint de spécimens limite grandement les activités de la banque de cerveaux. Plusieurs requêtes sont en attente, faute de tissus adéquats. La recherche s'effectue évidemment sur des spécimens atteints de maladies précises, mais il est primordial de comparer ces tissus avec ceux de sujets normaux. « Depuis 20 ans, nous avons reçu un total de 1160 dons et nous sommes en pénurie de cerveaux sains, déplore la gérante. Nous tenons à ce que plus de gens connaissent l'existence de la banque et sachent que tout or gris, malade ou en santé, constitue un précieux trésor ! » ●

# Quels mondes rêvez-vous de créer?



## NOUVELLES FORMATIONS

**Animation 3D et effets visuels  
en cinéma et télévision**

**Design et animation 3D  
en jeux vidéo**



**Centre NAD**

**514 288-3447**

**[www.nad.qc.ca](http://www.nad.qc.ca)**

**Formation haute performance**

*Du rêve* à la réalité

Au sommet de cette échelle : un monde sans maladies. La plupart des maladies sont génétiques. Plus vite nous décodons l'ADN, plus vite nous trouverons la cause exacte des maladies et mettrons au point de nouveaux traitements. Agilent fournit des moyens technologiques qui accélèrent l'analyse de l'ADN de façon exponentielle. L'échelle est haute, mais nous permettons à la science d'en graver les échelons plus rapidement.



**Agilent Technologies**

Innovate, façon HP\*

Agilent Technologies est une filiale de Hewlett-Packard Company. [www.agilent.com](http://www.agilent.com)

\* Innovating the HP Way