

Québec

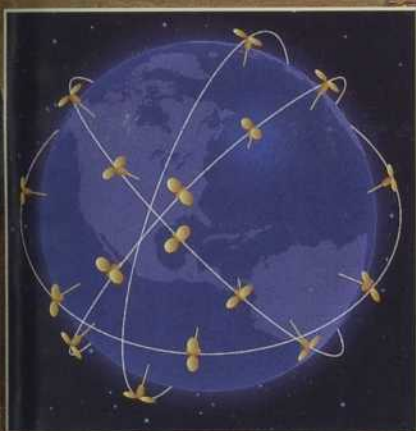
L'Univers est-il plat ?

Volume 35, numéro 2
Octobre 1996, 3,95 \$

Science

TÉLÉCOMMUNICATIONS

LA PLANÈTE



SANS FIL

Don d'organes :
les porcs à notre
secours

Soupçons de
vie sur Mars

Le véritable
héritage de
Descartes

Vos vraies chances de gagner au jeu

Les mathématiques du hasard





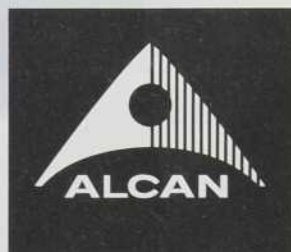
Longtemps vue comme un rêve, la voiture en aluminium est bel et bien une réalité. Métal léger, durable et résistant à la corrosion, qui permet la fabrication de structures rigides et sécuritaires, l'aluminium offre de multiples qualités à l'industrie automobile. Il n'est donc pas surprenant que les plus grands constructeurs au monde produisent déjà des pare-chocs, des jantes, des carrosseries et des moteurs en aluminium.

« Quand ta voiture sera en aluminium,
c'est moi qui prendrai le volant. »

Dans le marché de l'automobile, aluminium et environnement iront de pair. Alcan a mis au point une technologie révolutionnaire qui permet de construire en série des voitures d'aluminium. Beaucoup plus légères et consommant donc moins d'énergie, les voitures des prochaines générations seront plus respectueuses de l'environnement. L'aluminium de ces voitures sera recyclé, refondu en lingots et peut-être même réutilisé dans la conception de nouvelles voitures.

Alcan connaît déjà les chemins qui mènent vers demain.

L'AVENIR EST SI PROCHE



Le hasard bazarde

C'est dans les casinos que le genre humain exprime avec le plus de force l'étrange et paradoxal rapport qu'il entretient avec le hasard. En effet, comment expliquer que, chaque jour, des milliers de gens se laissent tenter par le jeu, en sachant très bien que les lois de la probabilité sont contre eux !

Comme Hydro-Québec le fait avec les rivières et les compagnies d'assurances avec la fatalité, Loto-Québec a harnaché les jeux de hasard et en tire une richesse collective discutable mais des plus appréciables. Loto-Québec pourrait donc dire mille fois merci aux mathématiques, puisque c'est en maîtrisant l'art du calcul que la science a permis l'arpentage des probabilités et du hasard, un territoire aujourd'hui bien délimité, nous apprend la journaliste Isabelle Montpetit. D'ailleurs, après la lecture de cet article, il y a fort à parier que vous ne jouerez plus de la même façon !

La roue verte

Greenpeace sera-t-il un des exposants au prochain Salon de l'auto de Montréal ? En dévoilant, en août dernier, une automobile « verte » performante sans être outrageusement gourmande et bricolée à partir d'un modèle européen de série, les activistes verts ont réalisé un autre de ces coups médiatiques fumants dont ils ont (ou du moins avaient) la recette.

Il faut le faire : le prototype qu'ils ont présenté consomme 3,2 litres au 100 kilomètres alors que le modèle original en consomme plus du double. Et tout cela, sans bouleverser les habitudes de vie du consommateur. Ils font ainsi la démonstration par quatre que les grands de l'automobile, qui ne manquent pas de ressources financières ou techniques, manquent singulièrement d'imagination... ou de volonté !

Greenpeace, qu'on associe davantage à la promotion du vélo et du transport en commun, est-il en train de remettre sa pendule à l'heure des années 90 et d'opter pour la stratégie qui consiste à mettre de l'eau dans son vin pour mieux faire avancer sa cause ?

Mieux vaut tard que jamais

Le renflouage de l'*Irving Whale* ? C'est gagné ! Et le mérite revient aux responsables de la Garde côtière et d'Environnement Canada qui ont réussi, envers et contre tous les éléments, à mener la barge à bon port.

L'exploit est double : cette première technologique au Canada a aussi survécu à des années de palabres et de débats politiques. Ce qui n'est pas rien.

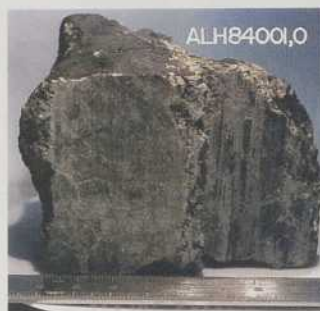
Reste à régler la question de la fameuse facture — près de 30 millions de dollars, soit 3 fois plus que prévu — et à éliminer les 7 tonnes de BPC que la barge nous a laissées en prime. Tout un gros lot !

De la science à l'économie

Bonne chance à Pierre Sormany, notre collaborateur de longue date, qui vient d'accepter de prendre les rênes de la revue *Commerce*. Fidèle comme pas un, il nous a tout de même livré, comme prévu, son dernier article, qui porte sur la télémédecine et que vous pourrez lire dans le prochain numéro.

Raymond Lemieux

Actualités



7 Soupçons de vie sur Mars

La découverte de ce que l'on croit être des fossiles de bactéries martiennes relance de façon spectaculaire le débat sur les origines de la vie.

par Claude Lafleur

9 La boussole des spermatozoïdes

Un chercheur de l'Université Laval a découvert une protéine

qui joue un rôle déterminant dans le pouvoir de fécondation des spermatozoïdes. Son absence chez l'homme serait une importante cause d'infertilité.

par Caroline Julien

10 Chronique Internet L'Internet des sinistres

par Jean-Pierre Cloutier



12 Nouvelles brèves

Chroniques

41 Innovations technologiques

par l'Agence Science-Press

42 Dimension cachée Cuisine branchée

par Raynald Pepin



44 Science et culture La maison sous les arbres

par Marie-Claude Ducas

À l'agenda

45 Des chiffres et des jeux

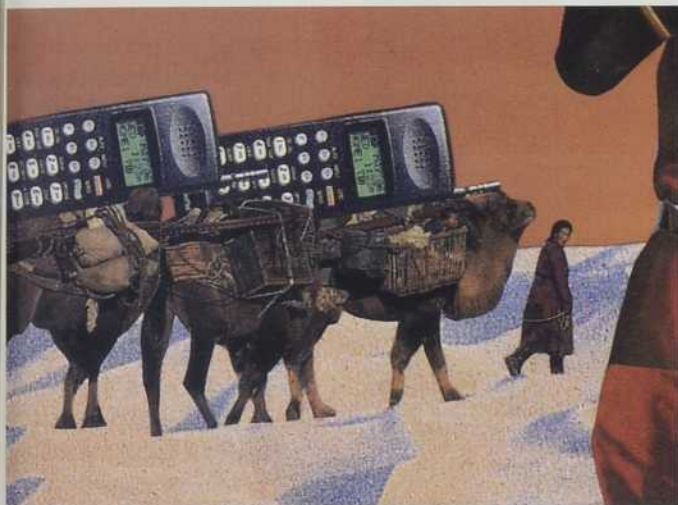
par Jean-Marie Labrie

46 Livres Le retour des sociobiologistes

par Anne Vézina et Robert Loiseleur

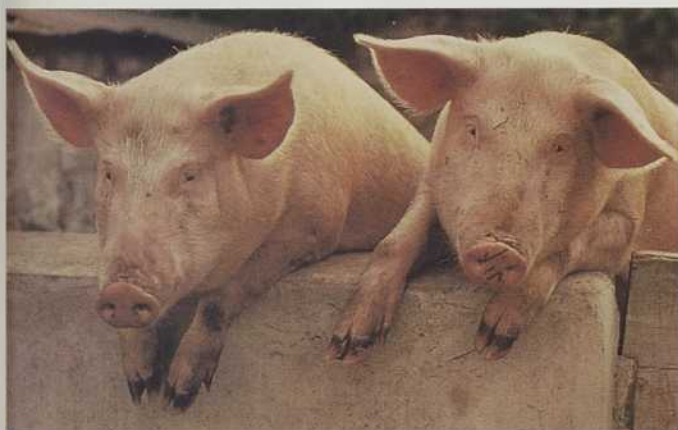
47 Entrevue avec... Gérard Bouchard Nos ancêtres étaient des gens modernes

par Rachel Duclos



24 La planète sans fil

Après la téléphonie et la câblodistribution, voici le nouveau rêve des technologues de la communication : une planète complètement branchée mais totalement déconnectée !
par *Laurent Fontaine*



31 Don d'organes : les porcs à notre secours

Les petits cochons ont bon cœur pour les chirurgiens : on s'apprête à réaliser une première greffe de l'animal à l'homme.
par *Claire Gagnon*



37 Le véritable héritage de Descartes

On souligne cette année le 400^e anniversaire de René Descartes. Sa pensée et sa géométrie analytique ont constitué pour plusieurs un tournant dans l'histoire des sciences. À tort ou à raison ?
par *Camille Limoges*
et *Yves Gingras*

Comptes scientifiques

13 Vos vrais chances de gagner au jeu

Le hasard n'existe pas pour les organisateurs de loterie : la chance, ça se calcule. Une incursion inusitée dans le monde des chiffres et des nombres.
par *Isabelle Montpetit*



18 L'histoire des chiffres, c'est l'histoire du monde

Nos ancêtres ont peiné pendant des siècles et des siècles pour arriver à compter jusqu'à dix et à conceptualiser le zéro et l'infini.
par *Martine Turenne*

22 Les maths des magiciens

Les nombres avaient une connotation magique pour nos ancêtres. Une tradition qui ne s'est pas totalement perdue...
par *Martine Turenne*



34 L'Univers est-il plat ?

Rencontre avec un des grands de la cosmologie : le Canadien Jim Peebles, professeur à l'Université Princeton. Il nous donne les dernières nouvelles du cosmos.
par *Roger Tétreault*

De la science, encore de la science

Johanne Larochelle, de Gatineau, a apprécié notre Guide des vacances scientifiques et suggère à son tour une visite sur les lieux des fouilles archéologiques (avec chantier de participation) du lac Leamy, dans la région de Hull. Serge Laurence rappelle pour sa part que le nouveau musée de Berthierville, dédié au coureur automobile Gilles Villeneuve, est passionnant et vaut le détour dans la région de Lanaudière.

À coups de milliards

Yvon Ferland, de Mont-Saint-Hilaire, nous fait le plaisir de cette courte mais savoureuse réflexion qui lui est venue après la lecture de l'article de Pedro Rodrigue, « Galaxies : réviser l'addition », paru dans le numéro de juillet-août.

« Encore une fois, je constate que la Nature ignore l'économie de moyens : elle travaille toujours à coups de milliards, semble-t-il. On dirait que pour elle la meilleure garantie de succès réside dans une loi des grands nombres : mettez-en, mettez-en, il en res-



tera toujours quelque chose !

« Parce qu'elle veut un érable de plus quelque part, elle couvre ma pelouse d'un nombre incalculable (et incontrôlable) de graines à aileron. Et ces milliards de spermatozoïdes de toutes les espèces qui ne féconderont jamais rien ? (...) Est-ce que les milliards d'humains qui ont vécu sur la Terre furent là tout simplement pour qu'il y ait aussi Aristote, César, Jésus, Galilée, Einstein et quelques autres ? Et que font ces milliards d'étoiles dont vous me parlez ? »

Bon jusqu'à la dernière page

Nous sommes toujours étonnés de voir qu'il nous parvient encore du courrier au sujet de notre dossier « Comment naissent les grandes énigmes », paru... l'été dernier ! C'est ainsi que François Verney considère que nous avons évacué un peu trop rapidement le dossier sur les ovnis en écrivant qu'il manque toujours de preuves concrètes pour affirmer qu'il existe bel et bien une vie intelligente extraterrestre. « Le phénomène d'apparition a diminué considérablement ? C'est vrai, et alors ? Si vous ne voyez là que la preuve d'un essoufflement du phénomène,

d'aucuns y voient un fait plus inquiétant : s'il y a moins d'apparitions d'ovnis, c'est peut-être parce qu'"ils" sont déjà là. »

Des preuves, M. Verney, nous voulons des preuves...

Médaille d'argent

D'après un sondage de la maison SDM (Service documentaire multimédia), *Québec Science* est le deuxième magazine que l'on retrouve le plus fréquemment sur les rayons des bibliothèques et des centres de documentation du Québec, après *L'actualité* et immédiatement devant *Science et vie*, *Protégez-vous* et 266 autres magazines.

Donnez-nous vos commentaires !

Vous avez des commentaires et des suggestions sur le magazine ? Écrivez-nous à l'adresse suivante, ou envoyez-nous une télécopie au (514) 843-4897.

Québec Science

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

Adresse électronique

courrier@QuebecScience.qc.ca

Québec Science



CEGEP de Jonquière

Publié par
La Revue Québec Science
425, rue de La Gauchetière Est
Montréal (Québec)
H2L 2M7

courrier@QuebecScience.qc.ca
http://QuebecScience.qc.ca

DIRECTION

Directeur général : Michel Gauquelin
Adjointe administrative : Nicole Lévesque

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Raymond Lemieux
Adjoint à la rédaction : Normand Grondin

Comité de rédaction : Patrick Beaudin, Jean-Marc Carpentier, André Delsile, Jean-Marc Fleury, Rosemonde Mandeville, Isabelle Montpetit, Gilles Parent, Pierre Sormany, René Vézina

Collaborateurs : Jean-Pierre Cloutier, Marie-Claude Dugas, Rachel Duclos, Laurent Fontaine, Yves Gingras, Caroline Julien, Claire Gagnon, Jean-Marie Labrie, Claude Lafleur, Camille Limoges, Robert Loisel, Isabelle Montpetit, Raynald Pepin, Pedro Rodrigue, Roger Tétrault, Martine Turenne et Anne Vézina

Illustrations/photos : Pierre-Paul Pariseau, Rémy Simard, Jean Soulard
Correction : Natalie Boulanger

PRODUCTION

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

COMMERCIALISATION

Promotion : Hélène Lapointe
Abonnements : Nicole Bédard
Distribution en kiosques : Messageries Dynamiques

ABONNEMENTS

Tarifs (taxes incluses)	Au Canada	À l'étranger
1 an (10 numéros)	37,60 \$	48,00 \$
2 ans (20 numéros)	64,95 \$	86,00 \$
3 ans (30 numéros)	89,91 \$	125,00 \$
À l'unité	4,50 \$	5,25 \$
Groupe (10 ex./ même adresse)	34,19 \$	Non disponible

Pour abonnement et changement d'adresse

QUÉBEC SCIENCE
C.P. 250, Sillery (Québec) G1T 2R1
Pour la France, faites votre chèque à l'ordre de :
DAWSON FRANCE, B.P. 57, 91871, Palaiseau, Cedex, France

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. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

ABONNEMENTS ET CHANGEMENTS D'ADRESSE

Téléphone : (418) 657-4391

PUBLICITÉ

Communications Publi-Services inc.
1, rue Forget, Saint-Sauveur (Québec) J0R 1R0
Géraldine Richard, Jean Thibault
Tél. : (514) 227-8414 Téléc. : (514) 227-8995

RÉDACTION

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

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec
Quatrième trimestre 1996, ISSN-0021-6127
Répertorié dans *Repère* et dans l'*Index des périodiques canadiens*.
© Copyright 1996 - 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 l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie (Programme Revues de vulgarisation scientifique et technique) et du gouvernement du Canada (Programme Sciences et Culture Canada)

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie

Industrie Canada Industry Canada

Membre de : The Audit Bureau of Circulations (ABC)

Québec Science est produit sur cassette par l'Audiothèque, pour les personnes handicapées de l'imprimé. Téléphone : (418) 627-8882

Actualités

Soupçons de vie sur Mars

C'est une minuscule météorite martienne — et pas une soucoupe volante ! — qui pourrait nous confirmer l'existence de vie extraterrestre.

par Claude Lafleur

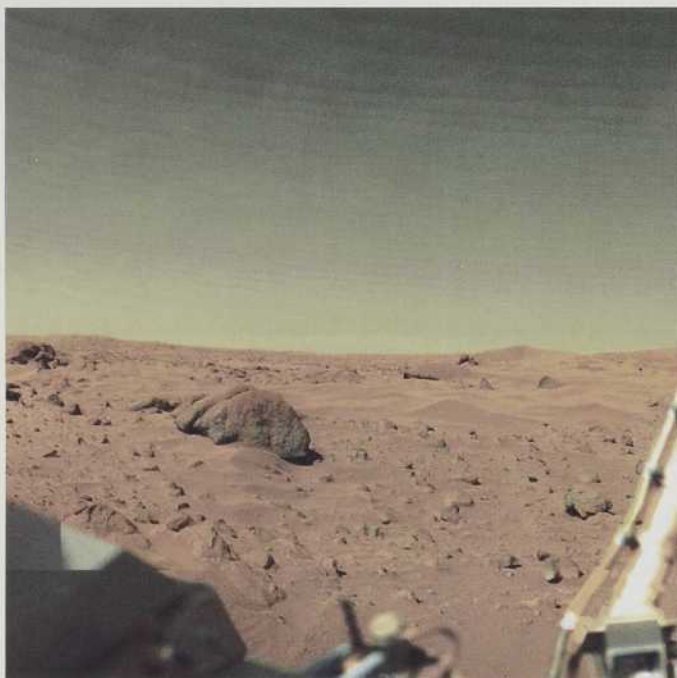
Le 7 août 1996 passera sans doute à l'histoire comme le jour où la NASA a annoncé la découverte de vie extraterrestre. En effet, une équipe de chercheurs de l'agence américaine a déclaré avoir identifié des « micro-fossiles » dans la météorite ALH84001, un caillou de la taille d'une pomme de terre et provenant de la planète Mars.

Mais a-t-on vraiment découvert de la vie sur Mars ?

Plusieurs en doutent toujours. Même Everett Gibson, géochimiste au Johnson Space Center et codirecteur des travaux, bien qu'un peu offusqué par la vague de scepticisme qui a suivi l'annonce, admet volontiers qu'on n'est pas encore absolument certain qu'il s'agisse bien de vie extraterrestre.

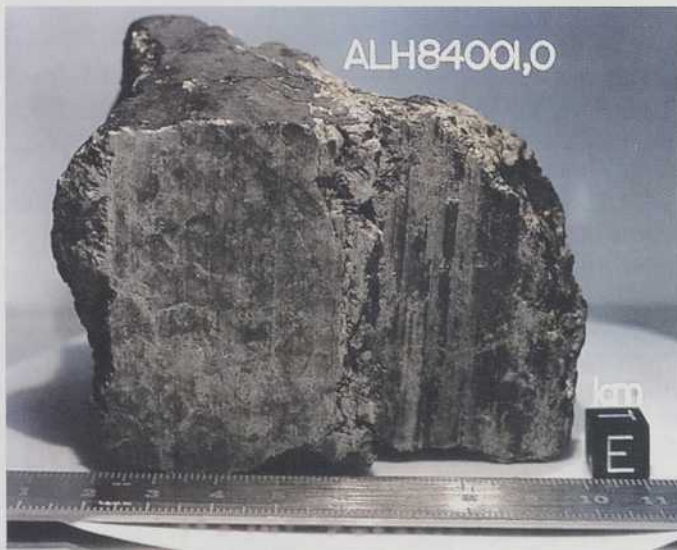
« Sur une échelle de 1 à 10 — 10 étant la certitude absolue que nous avons trouvée des microfossiles martiens —, je situerais notre certitude à près de 9, précise le géochimiste. Personnellement, je suis convaincu que nos analyses résisteront au test du temps, même si nos interprétations peuvent changer. »

ALH84001 est l'une des 12 météorites provenant de Mars que la NASA a en sa possession. Elle est toutefois beaucoup plus grosse que les autres



Paysage de Mars photographié par la sonde *Viking* dans les années 70. Un sol désertique, mais qui cache encore beaucoup de secrets.

En dessous : la météorite ALH84001. C'est elle qui a apporté sur Terre ce qui semble être des fossiles de micro-organismes martiens vieux de 3,6 milliards d'années.



Photos : NASA

et, surtout, nettement plus âgée. « Cette roche s'est cristallisée il y a 4,5 milliards d'années, dit le géochimiste, soit au moment de la formation de la planète rouge. L'âge des 11 autres météorites varie de 1,3 milliard à 180 millions d'années et ne reflète donc pas la genèse de Mars. »

Everett Gibson explique que son équipe a d'abord trouvé des globules carbonés dans la météorite. « Comme c'était inusité pour un échantillon venant de Mars, nous avons minutieusement analysé ses structures à l'aide de techniques qui n'existaient pas il y a trois ou quatre ans. » Les organismes, ou plutôt les microfossiles observés, se sont logés dans la roche il y a 3,6 milliards d'années. À cette époque, pensent les gens de la NASA, Mars était une planète chaude et humide. Avec le temps, explique le géochimiste, elle se serait refroidie

et asséchée. Puis, il y a 16 millions d'années, la planète aurait été percutée par un objet avec une telle force que des parcelles de son sol ont été projetées dans l'espace. Après un long voyage, la météorite est tombée en Antarctique il y a 13 000 ans.

Pour ceux qui s'étonnent que l'on puisse ainsi trouver des cailloux martiens sur Terre, il faut savoir que, chaque jour, notre planète est percutée par quelque 10 000 tonnes de matière cosmique, matière qui se consume en grande partie pour former les étoiles filantes.

La NASA, ajoute Everett Gibson, n'a pas terminé ses analyses sur la météorite.



Il a fallu deux ans de travaux pour qu'une équipe de la NASA annonce que ces formes globuleuses s'apparentent à des restes de bactéries.



Pas plus grosse que le centième du diamètre d'un cheveu humain, cette structure tubulaire trouvée dans la météorite martienne pourrait avoir été laissée par des organismes vivants.

« Nous aimerions repérer la paroi d'une cellule [biologique] dans les globules carbonés et nous pensons que nous y parviendrons dès cet automne. » L'équipe de chercheurs se mettra également à la recherche d'acides aminés à l'aide de nouvelles techniques

qui devraient être au point, espère-t-on, d'ici six mois. Si on parvient à déceler une trace de vie, même extrêmement primitive, sur la planète voisine de la Terre, il s'agira là d'une découverte de grande envergure.

Steven Ostro, grand observateur d'astéroïdes au Jet Propulsion Laboratory (voir Québec Science, mars 1996), est lui-même très impressionné par la découverte. Il estime qu'en démontrant qu'il y a eu de la vie « microbienne » sur Mars, on renforce l'hypo-

thèse que la vie est un phénomène « naturel et fréquent dans l'Univers ». Du moins, là où on trouve des systèmes planétaires semblables au nôtre.

En somme, si l'événement s'est produit ici et sur Mars, il est probable qu'il soit arrivé ailleurs.

Il serait très intéressant d'obtenir de nouveaux échantillons de météorites provenant de la planète rouge. Sur ce point, Steven Ostro rappelle qu'avant de chuter en Antarctique, ALH84001 a

d'abord croisé les parages de la Terre durant des millions d'années sous forme d'astéroïde. « Nous savons, précise l'astrophysicien, qu'il existe au moins une centaine de millions d'astéroïdes de plus de 10 mètres dans les parages de la Terre. » Combien d'entre eux proviennent de Mars ? Et combien pourraient contenir des traces du passé biologique de cette planète ? Cela, on ne saurait le dire.

Malgré son enthousiasme, Steven Ostro reste prudent. « Je veux tellement croire qu'ALH84001 renferme réellement des fossiles de vie martienne, dit-il, que je me refuse à y croire tant que toutes les autres hypothèses n'auront pas été éliminées ! » ●

Pour en savoir plus
<http://cu-ames.arc.nasa.gov/marslife/>
<http://rsd.gsfc.nasa.gov/marslife/>

Infertilité masculine

La boussole des spermatozoïdes

Un chercheur de l'Université Laval, Robert Sullivan, vient de découvrir une cause d'infertilité masculine : l'absence d'une protéine clé. Sans elle, les spermatozoïdes ne reconnaissent même pas l'ovule qu'ils sont censés féconder !

par Caroline Julien



CNHR/Photo

Robert Sullivan, médecin et chercheur à l'unité d'ontogénie et de reproduction du Centre hospitalier de l'Université Laval à Québec, étudie la P34H depuis quelques années. « Au départ, on s'intéressait aux protéines qui permettent aux spermatozoïdes de reconnaître l'ovule de son espèce. C'est fascinant de voir qu'un spermatozoïde de souris ne reconnaît pas l'ovule d'un rat et que la fé-

condation d'un ovule par le spermatozoïde d'une autre espèce est impossible », explique-t-il.

Au cours de leurs recherches, le chercheur et son équipe ont remarqué que la protéine impliquée dans la reconnaissance était produite dans l'épididyme. Ils ont ensuite vérifié, chez une trentaine d'hommes infertiles, la présence de la P34H. Les résul-

tats les ont convaincus qu'ils étaient sur une bonne piste : la moitié d'entre eux en étaient dépourvus.

Surprenant si on considère que l'infertilité est multifactorielle : la génétique, les hormones et l'anatomie, mais également la psychologie et l'environnement, peuvent expliquer un problème de fertilité. Les résultats obtenus avec cette première population, même si l'échantillonnage était réduit, pourraient donc indiquer que la déficience protéique joue un rôle très important dans le cas de l'infertilité masculine.

Pour l'instant, l'infertilité se mesure à l'aide d'un spermogramme. Selon les normes de l'Organisation mondiale de la santé, un homme est considéré infertile si son spermogramme indique moins de 20 millions de spermatozoïdes par millilitre de sperme. Cependant, de nombreux hommes qui présentent un spermogramme normal ne réussissent pas à féconder.

Dans l'avenir, Robert Sullivan espère donc améliorer la précision du diagnostic d'infertilité en mettant au point un test indiquant la présence ou l'absence de la protéine. Puis, — qui sait ? — peut-être un véritable traitement. « Nous croyons, dit-il, qu'il pourrait être possible de redonner au patient la protéine dont il a besoin. » ●

PROLONGEZ VOS VACANCES, VENEZ SURFER !

L'informatique vous intéresse ?

Vous désirez en savoir davantage sur les dernières technologies ?

Vous aimeriez vous familiariser avec Internet et naviguer gratuitement ?

Alors venez visiter notre sympathique café de l'électronique

Toutes les réponses à vos questions au

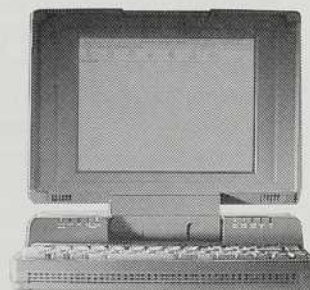
**SALON DE L'INFORMATIQUE
DE LA PLACE DUPUIS**

**du mercredi 25 au vendredi 27 septembre
de 10 h à 18 h**

Place
DUPUIS

c'est pratique, c'est tout près.

800, rue de Maisonneuve Est, Montréal (Québec)



L'Internet des sinistrés

Le réseau pourrait fournir un sérieux coup de pouce aux autorités lors des situations de crise majeure.

Internet peut-il être utilisé pour organiser les secours lors des catastrophes naturelles auxquelles un gouvernement est confronté ? En raison du caractère nouveau et du rythme de développement exponentiel de cette technologie, on s'est encore relativement peu intéressé au rôle que peut jouer le réseau pour gérer l'intervention et le suivi en situation d'urgence.

L'exemple des sites Web montés en toute hâte lors des inondations survenues au Saguenay en juin dernier est intéressant car, pour la première fois au Québec, la collectivité internaute se voyait mobilisée face à un sinistre d'envergure. On a pu, *a posteriori*, constater l'achalandage important de ces sites Web où l'on pouvait se documenter sur le phénomène, avoir accès aux plus récents communiqués et, surtout, obtenir des nouvelles de proches et de parents habitant les régions touchées.

Selon les autorités japonaises, Internet aurait également pu être utile durant les jours qui ont suivi le séisme qui a dévasté la ville de Kobe, le 17 janvier 1995. Grand centre industriel du Japon, la région était bien pourvue en infrastructures de communication en tous genres. Cependant, un rapport d'experts publié à la suite des événements de Kobe a évalué qu'il y avait eu plusieurs failles dans le maillage des infrastructures, y compris dans le fonctionnement des réseaux de communication. Parce qu'ils étaient sous-



Rémy Simard

utilisés en temps normal et qu'ils n'étaient pas en état continu de veille, les réseaux ne pouvaient servir en situation de crise.

En cas de désastre naturel ou de sinistre, les médias traditionnels ont un rôle considérable à jouer pour renseigner la population locale. Mais Internet aussi, en raison de sa structure qui permet la communication d'un point à un autre (communication entre équipes de secours), d'un point vers des points multiples (coordination des interventions des organismes) et d'un point vers une masse d'utilisateurs (diffusion d'information, demande de renseignements ou de rétroaction).

Évidemment, lors d'un grand séisme, toute la portion des info-routes dont l'infrastructure repose sur des lignes téléphoniques conventionnelles peut devenir inutilisable. Par contre, le développement de la technologie MSAT permet maintenant la communication vocale et la transmission de données sur de très grandes étendues, par téléphonie cellulaire relayée par satellite. On peut se rendre compte de la portée de cette nouvelle technologie en Amérique du Nord en consultant la carte de la couverture

MSAT (http://www.hcisat.com/sat/fleet/msat_map.html) qui montre qu'il est possible de communiquer par téléphonie sans fil de la terre de Baffin aux Caraïbes.

De plus, si on dispose d'une hiérarchie régionale de réseaux informatiques de communication, tous les paliers d'une région affectée (quartier, ville, comté) peuvent avoir accès à l'information, fournir des renseignements et communiquer. État de la situation, besoins en denrées vitales, priorités d'intervention, liste de personnes saines et sauvées, tout peut circuler sur le réseau si on a prévu son fonctionnement dans une telle éventualité.

C'est ce qu'on a constaté après l'exercice de simulation d'intervention en cas de désastre naturel « I Am Alive », mené par un groupe multidisciplinaire japonais. Des experts du gouvernement, des universités et du secteur privé se sont penchés sur les lacunes de communication constatées lors du tremblement de terre de Kobe. L'exercice a permis d'élaborer un modèle d'intervention et de suivi en cas de désastre, reposant sur une communication exploitant les réseaux informatiques. On a d'abord instauré des modes d'ac-

cès rapide à des bases de données, puis des relèves temporaires des circuits terrestres grâce à des liens satellites.

En cas de besoin, tout se passe un peu comme si on déclenchait un signal d'alarme dans un édifice public. Un responsable par plancher connaît l'emplacement du matériel d'intervention et, dans la mesure du possible, l'active. Ses adjoints se chargent ensuite de l'évacuation ou des premiers soins.

De l'avis des responsables, le modèle de communication par Internet en cas d'urgence souffre encore de carences, mais pourrait être amélioré sans trop de difficultés.

Voici quelques ressources à ce sujet sur le Web. D'abord, la page principale sur le séisme de Kobe, The Great Earthquake of Hanshin (Kobe) Page (<http://jisp.cs.nyu.edu/RWC/rwcp/people/yk/kobe-quake/>). Toutefois, plusieurs des liens suggérés sont en japonais. Puis, le texte de la présentation « Forethought and Hindsight », livrée à l'occasion de la conférence INET96, en juin dernier, à Montréal : Experiences from the First Internet Disaster Drill (http://www.isoc.org/isoc/whatis/conferences/inet/96/proceedings/h2/h2_1.htm). On y traite des réussites et des échecs de l'exercice « I Am Alive ». Enfin, le Disaster Connection, un site mis sur pied par l'Islandais Gísli Rafn Ólafsson (<http://rvik.ismennt.is/~gro/disaster/disintro.html>). Une ressource magistrale que je suggère sans réserve : à ma dernière visite, il comportait 1 079 sites classés en 121 catégories traitant des sinistres, catastrophes et désastres, et surtout de leur gestion. ●

Depuis plus de **15** ans, au Québec,
un centre de recherche apporte des solutions concrètes
à des problèmes de santé-sécurité du travail.

Et c'est

L' I R S S T

Créé en 1980 et financé par la CSST, l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) contribue à l'élimination à la source des dangers professionnels et à la réduction des coûts humains, sociaux et économiques qui découlent des accidents et maladies du travail.

Les recherches qu'il réalise ou finance originent de besoins exprimés par les milieux de travail. Elles sont menées en étroite collaboration avec les travailleurs et les employeurs.



Pour tout connaître sur ces recherches et savoir comment elles peuvent vous aider, abonnez-vous **gratuitement** au magazine **Prévention au travail**, publié cinq fois l'an par la CSST et l'IRSST.

Composez le **1.800.665.5372**



IRSST

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

■ Archéologie Rasé de près

Un futurologue a déjà dit que tout ce que les archéologues de l'avenir retrouveraient de notre civilisation après un holocauste nucléaire serait la porcelaine vitrifiée des cuvettes de nos W.-C. !

Nous n'en sommes heureusement pas encore rendus là, mais les chercheurs d'artefacts s'intéressent vivement, maintenant que la radioactivité commence à se dissiper, aux reliques laissées par certains essais nucléaires américains effectués au début des années 50. Ainsi, à Sedan, au Nevada, des fouilles sur le terrain, des entrevues avec des témoins et quelques documents du département américain de l'énergie ont permis à l'archéologue Coleen Beck de reconstituer les principales étapes du projet Smokey.

Amorcée dans le plus grand secret lorsque les Américains furent convaincus que les Soviétiques disposaient eux aussi d'armes nucléaires, cette série d'expériences avait pour but d'étudier la vulnérabilité de la population nord-américaine au feu nucléaire. Dans le cadre de ce projet, l'archéologue a appris, entre autres choses, qu'on avait construit pour la circonstance tout un village habité par des mannequins. Une fois que les militaires eurent vaporisé le village au moyen d'une bombe au plutonium, ce qui restait des malheureux « habitants » fut exposé en 1953... au magasin J.C. Penney de Las Vegas !

■ Médecine dentaire Et pan, dans les dents !

Ne trahissez plus votre caractère bagarreur par un sourire ébréché ! Suivez plutôt ce conseil que viennent de publier les dentistes Anthony Blinkhorn et Iain Mackie dans le *British Medical Journal* : si vous vous cassez une dent, replantez-la sans tarder dans une alvéole et elle aura de bonnes chances de « retiger ».



Les chercheurs expliquent en effet qu'une dent saine arrachée peut être réimplantée avec succès, pourvu que les cellules de sa racine n'aient pas eu le temps de se dessécher. Vous ne voulez pas procéder vous-même à cette chirurgie sommaire ? Alors, courez chez votre dentiste, en prenant soin de conserver votre dent dans un milieu humide, par exemple dans votre bouche ou dans un verre de lait.

Depuis le temps qu'on vous dit que le lait, c'est bon pour les dents !

■ Ornithologie L'un chante, l'autre pas

Étudiant à la maîtrise à l'Université du Québec à Chicoutimi, Louis Imbeau a étudié des espèces d'oiseaux chanteurs dans des secteurs de forêt qui se sont régénérés à la suite d'une coupe forestière (réserve faunique des Laurentides) et à la suite d'un feu (nord-ouest du lac Saint-Jean).

Ses résultats lui font dire que l'industrie devrait réviser certaines de ses pratiques. Ainsi, si une vingtaine d'espèces, la plupart migratrices, ne semblent pas sérieusement menacées par l'exploitation forestière, d'autres sont plus vulnérables. Surtout celles qui préfèrent les brûlis ou les forêts matures, comme le grimpereau brun, le pic à dos noir et le pic tridactyle. « Si on voulait que les aires de coupe ressemblent plus à des brûlis, fait remarquer Louis Imbeau, il faudrait laisser debout des arbres morts pour les espèces telles que les pics. Aussi, les espèces qui vivent dans les forêts matures ont besoin de grands territoires. Or, quand on réduit la superficie des parterres de coupe, on augmente le morcellement de la forêt. »

Actuellement, les exploitants forestiers sont tenus de laisser des bandes de 60 à 100 mètres entre les aires de coupe, mais ces bandes ne sont probablement pas suffisantes pour satisfaire les besoins des espèces de forêt mature. Il suggère donc d'augmenter les superficies laissées intactes à la suite des opérations forestières.

De plus, le déplacement de l'exploitation forestière vers le nord au fur et à mesure que les forêts du sud sont coupées est en train de former un trou dans la forêt boréale. « Bientôt, il y aura des forêts matures au sud — celles qui ont été exploitées il y a plusieurs années et qui approchent de la maturité — et d'autres très loin au nord, explique Louis Imbeau. Entre les deux, il y aura une bande où on ne trouvera que peu de forêts matures. » La solution, selon lui : créer des corridors de forêt mature dans un axe nord-sud pour maintenir la biodiversité.

Anne Vézina

4,35 C'est le pH moyen des pluies au Québec. Il est 18 fois plus acide qu'une précipitation dite « en équilibre », signale le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec dans son dernier bilan sur le sujet. Les autorités jugent ce niveau toujours très préoccupant, bien que la question soit un peu passée de mode dans les médias.

On estime que 1 lac québécois sur 5 atteint un pH de 5,5, un seuil intolérable pour le quart des organismes aquatiques qui y vivent. Mais, selon le ministère, il y a une lueur d'espoir : l'entente survenue il y a quelques années entre le Canada et les États-Unis sur la réduction de rejets de SO₂ dans l'atmosphère pourrait permettre, à court terme, de sauver plus de 16 000 lacs déjà acidifiés. (R.L.)

Vos vraies chances de gagner au jeu

Gagner à la loto est le résultat du plus grand des hasards combiné à la plus improbable des chances.

par Isabelle Montpetit

Casino de Montréal, vendredi soir, minuit. Un joueur à la table de roulette dispose des piles de jetons bleus sur quelques-uns des 37 numéros inscrits sur le tableau des mises. Le croupier fait pivoter le tourniquet, lance la bille blanche qui rebondit, ralentit, puis s'immobilise dans la case numéro 11. Le joueur vient de gagner 3 500 dollars.

Heureux hasard. Mais les possibilités qu'il obtienne le même résultat une autre fois sont minces. D'abord, au casino, on fait tout pour que le hasard reste le fruit du hasard ! À chaque jeu, le mouvement du tourniquet est inversé. En plus, de petits obstacles disposés sur le plateau mobile font rebondir la bille, ce qui rend sa trajectoire encore plus imprévisible. Et pour s'assurer que la roulette n'est pas truquée, tous les résultats sont compilés puis analysés. « Tout est étudié pour que la position finale de la bille soit due au hasard, explique Jean-François Gagné, jusqu'à récemment chef de produit "tables et keno" de la Société des casinos du Québec. Et si certains numéros sortaient trop souvent, on ferait enquête. »

De plus, le mouvement de la bille qui a conduit à ce résultat est déterminé par une foule de facteurs : la force appliquée par le croupier, la vitesse de la bille, l'endroit où elle tombe sur le plateau mobile, les chocs contre les petits obstacles, etc. Si on pouvait estimer tous ces facteurs, on



pourrait calculer précisément la trajectoire de la bille. Mais la moindre erreur d'évaluation quant à la position de la main du croupier sur le tourniquet sera amplifiée à chaque mouvement subséquent de la bille.

En fait, seul le calcul des probabilités permet de décrire la position finale de la bille avec réalisme. Et, dans l'univers des probabilistes, le sens du mot chance est beaucoup plus circonscrit que chez les joueurs. Il signifie la possibilité qu'un événement se produise par hasard. Et

comme il y a 37 numéros sur la roulette, il n'y a donc qu'une chance sur 37 que la bille tombe sur le 11.

Lorsqu'un joueur de roulette a misé sur le numéro gagnant, le casino lui paie 35 fois sa mise. Le jeu est à l'avantage du casino, car il y a 37 numéros et on ne paie que 35 fois la mise. Voici comment on calcule l'espérance de gain d'un joueur qui miserait 1 \$: (probabilité de gagner X montant du gain) - (probabilité de perdre X montant de la perte) $(\frac{1}{37} \times (35 \times 1 \$)) - (\frac{36}{37} \times 1 \$) = \frac{35}{37} - \frac{36}{37} = -0,027 \$$, une espérance de gain négative.

Cela signifie que pour chaque dollar misé à la roulette, le casino conserve en moyenne 2,7 cents, explique Jean-François Gagné. Aux États-Unis, le jeu est encore plus avantageux pour la maison, car la roulette compte un numéro de plus — le double zéro — et qu'on ne vous paie toujours que 35 fois votre mise.

« Je ne vais jamais au casino,
dit le mathématicien Martin Goldstein, de l'Université
de Montréal. Ma religion de probabiliste m'interdit de jouer
à un jeu où l'espérance de gain est négative ! »

« Je ne vais jamais au casino, dit le mathématicien Martin Goldstein, de l'Université de Montréal. Ma religion de probabiliste m'interdit de jouer à un jeu où l'espérance de gain est négative ! » Selon lui, pour qu'un jeu soit équitable, l'espérance de gain doit être égale à zéro.

C'est le cas, par exemple, lorsqu'on tire une pièce à pile ou face. Ainsi, imaginez qu'un ami vous propose le marché suivant : « Si c'est pile, je te donne 1 \$, si c'est face, tu me donnes 1 \$. » Votre espérance de gain se calcule de la façon suivante : (probabilité de pile X votre gain) - (probabilité de face X votre perte) = $1/2 \times 1 \$ - 1/2 \times 1 \$ = 0$. C'est donc un jeu équitable.

Aux cartes, l'espérance de gain est beaucoup plus difficile à calculer qu'à la roulette, car les impondérables sont nombreux. Par exemple, les coups ne sont pas indépendants comme à la roulette : chaque fois qu'on tire une carte, on modifie les probabilités d'apparition des suivantes.

Ainsi, la probabilité de sortir un as en début de partie est de 4 sur 52. Lorsque la première carte est tirée, la probabilité de sortir un as est de 3 sur 51 si la première carte était un as et de 4 sur 51 si ce n'était pas un as. Comme le calcul devient rapidement très complexe pour les jeux comme le black-jack, le poker ou le baccara, on établit l'es-

pérance de gain en établissant des statistiques sur un grand nombre de parties.

Dans certains jeux, comme le black-jack, le joueur doit également prendre des décisions. L'espérance de gain des participants n'est donc pas la même (*voir le tableau*).

« Le black-jack est le jeu le plus intéressant du casino... pour le joueur qui sait jouer ! » affirme Jean-François Gagné.

Un bon joueur de black-jack suit les mêmes règles que le croupier, ce qui peut réduire l'avantage du casino. Les joueurs vraiment observateurs peuvent aussi améliorer leurs gains en tirant profit de certaines situations. En 1962, Edward O. Thorp, un professeur de mathématiques du Massachusetts Institute of Technology, publiait un livre où il présentait une méthode pour gagner au black-jack. En observant un grand nombre de parties et en comptant les cartes, il avait découvert que certaines situations étaient plus favorables au joueur, qui devait miser gros lorsqu'elles se présentaient.

Mais à malin, malin et demi. Aujourd'hui, aux tables de black-jack de la plu-

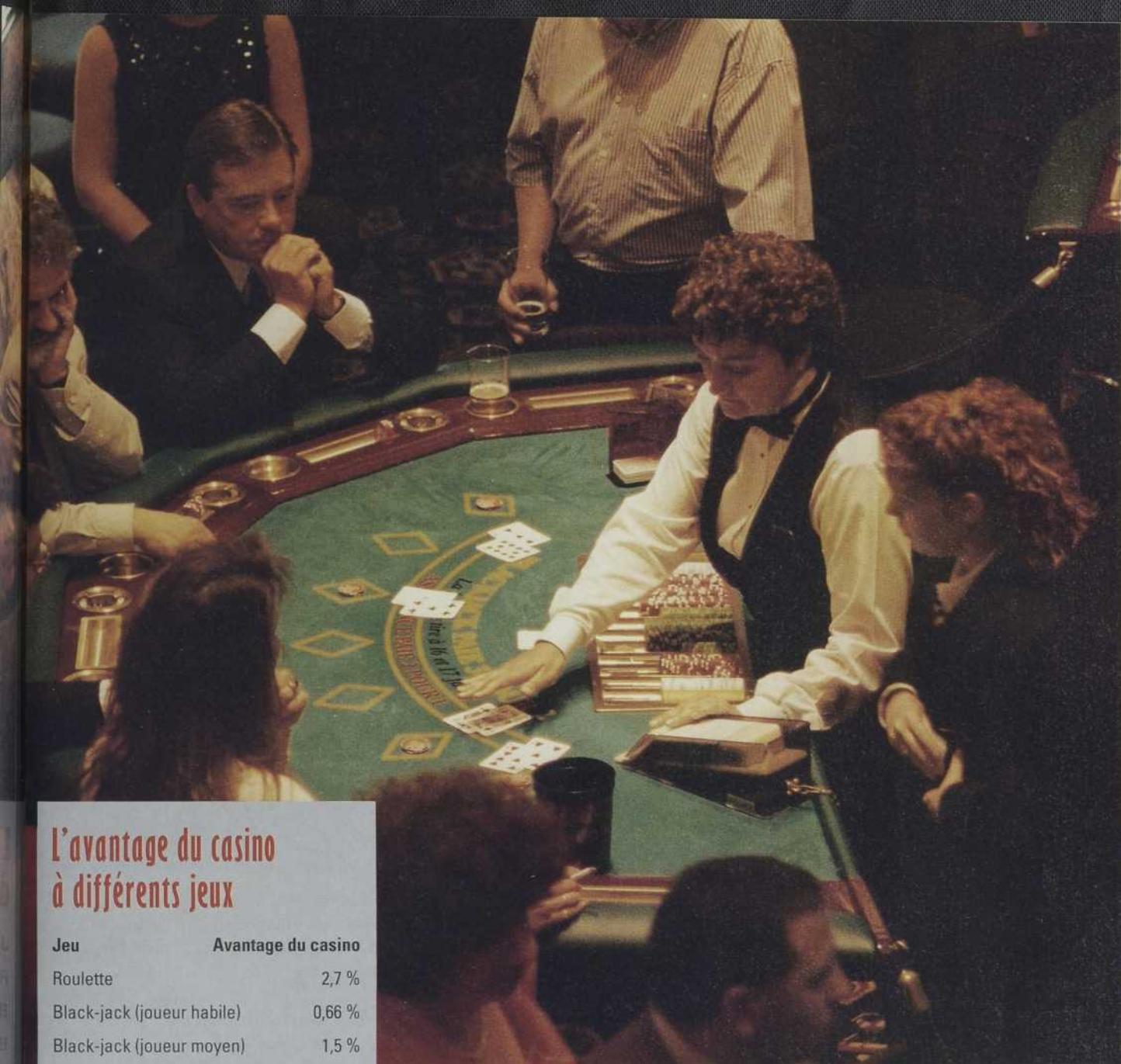
Pour essayer toutes les combinaisons possibles de la 6/49, il faudrait que vous achetiez 2 billets par semaine pendant 134 615 ans et, même dans ce cas, vous pourriez fort bien ne jamais gagner !



part des casinos, on utilise de 4 à 6 paquets de cartes entremêlés, soit de 208 à 312 cartes. Dans ces conditions, même l'observateur le plus attentif aura du mal à suivre les cartes ! Et lorsqu'on augmente le nombre de cartes, les situations propices sont moins nombreuses et moins favorables.

« Avec 6 paquets, l'avantage de la maison augmente d'environ 0,4 % », dit Jean-François Gagné.

Aux tables de jeu, les gains peuvent être importants, mais il faut évidemment jouer des sommes importantes. Beaucoup de joueurs se rabattent donc sur les machines à sous où l'on peut miser aussi peu que 25 cents. Munis de gros gobelets remplis de monnaie, ils passent de longs moments devant la machine, insérant des pièces dans la fente, actionnant la manette et espérant que la manne tombe du ciel.



L'avantage du casino à différents jeux

Jeu	Avantage du casino
Roulette	2,7 %
Black-jack (joueur habile)	0,66 %
Black-jack (joueur moyen)	1,5 %
Black-jack (mauvais joueur)	2 %
Machines à sous	10 %

Source : Société des casinos du Québec

Aujourd'hui, c'est un programme informatique installé dans les machines à sous qui détermine les combinaisons. Il génère des nombres au hasard correspondant chacun à l'adresse d'un symbole (fruit, étoile, numéro « chanceux ») sur l'un des trois cylindres.

Sur un très grand nombre de parties, la machine remet environ 90 % de ce qu'on y glisse. Mais on dit bien « sur un très grand nombre de parties ». En fait, il faudrait jouer des millions de parties pour obtenir ce pourcentage. Si vous ne jouez que quelques parties, il est impossible de savoir combien vous gagnerez... et, surtout, com-

bien vous perdrez ! Les joueurs font quand même régulièrement de petits gains avec les machines à sous, ce qui les incite à revenir y dépenser leurs dollars. « On doit récompenser le client si on veut qu'il revienne », concède Claude Francken, chef de produits « machines à sous » de la Société des casinos du Québec.

« Certaines personnes pensent également que « la machine est due » lorsqu'un lot important n'a pas été gagné depuis longtemps. Sauf que chaque coup est vraiment indépendant des autres », explique Jean-François Gagné. En fait, le gros lot peut théoriquement sortir deux fois de suite. C'est d'ailleurs survenu au casino de Hull, où en une semaine la même machine a accordé deux fois le gros lot — une voiture, dans ce cas-ci. Inutile de dire qu'elle a ensuite été inspectée à la

loupe pour déterminer si on n'avait pas forcé un peu le hasard...

Cela dit, probabilité n'égale pas réalité. Si vous tirez à pile ou face, vous avez, en principe, une chance sur deux d'obtenir pile et une chance sur deux d'obtenir face. Mais, en pratique, vous pouvez fort bien tirer pile cinq fois de suite. Et, théoriquement, si vous jouez des milliards de fois, vous pouvez tomber 100 fois de suite sur pile ! Malgré tout, sur l'ensemble des essais, vous devriez obtenir un résultat très proche de 50 % de pile et 50 % de face. C'est ce qu'on appelle la loi des grands nombres : la réalité finit par rejoindre les probabilités lorsqu'on répète l'expérience un très grand nombre de fois.

Mais plus qu'avec les casinos, c'est avec les loteries que Loto-Québec fait son pain et son beurre. Elles comptent pour 70 % du

bénéfice net de l'entreprise. Les loteries dites « semi-actives », où le joueur choisit lui-même une série de numéros, comme à la Lotto 6/49, au Super 7 ou à La Quotidienne, sont les plus rentables.

À la 6/49 (la plus populaire des loteries dont 55 % du produit des ventes se retrouve dans les coffres de Loto-Québec !), on a une chance sur 53 de gagner au moins 10 \$ avec une mise de 1 \$. Mais la chance de gagner le gros lot est infime. Voici pourquoi.

Pour gagner, vous devez deviner les 6 numéros qui seront tirés d'un boulier contenant 49 boules. La première boule est tirée parmi 49 autres, la seconde parmi 48 et ainsi de suite. Le nombre de combinaisons de 6 boules est donc de $49 \times 48 \times 47 \times 46 \times 45 \times 44 = 10\,068\,347\,520$.

Par contre, les six boules n'ont pas besoin d'être tirées dans l'ordre. Il faut donc diviser ce résultat par le nombre de façons possibles d'agencer six numéros, soit 720^1 . Le résultat : 13 983 816 combinaisons possibles, soit à peine une chance sur 14 millions d'être terrassé par une crise d'apoplexie en vérifiant votre billet !

Martin Goldstein ajoute que, selon la théorie des probabilités, « on est certain de gagner à la loterie si on joue un nombre suffisant de fois ». Et c'est combien, un nombre suffisant ? « Une infinité », admet-il. Merci du conseil ! À titre d'exemple, pour essayer toutes les combinaisons possibles de la Lotto 6/49, il faudrait que vous achetiez 2 billets par semaine pendant 134 615 ans et, même dans ce cas, vous pourriez fort bien ne jamais gagner !

Il existe quand même un truc pour maximiser vos gains à la 6/49. Il s'agit de miser sur des numéros que peu de gens choisissent.

¹ Le nombre d'agencements différents de 6 objets se calcule ainsi : $6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 720$. L'opération par laquelle on multiplie un nombre par tous les nombres précédents jusqu'à 1 s'appelle factorielle. Pour obtenir le nombre d'agencements de n objets, on calcule n factorielle, ce qui s'écrit $n!$



Gagnez à la roulette à coup sûr

Il existe un moyen infaillible de gagner à la roulette : jouer la martingale. Le problème, c'est que vous devrez parfois miser gros pour un gain somme toute insignifiant.

Pour jouer la martingale, vous ne misez pas sur un numéro en particulier, mais plutôt sur le fait qu'il sera pair ou impair ou encore que la case sera rouge ou noire. Si vous gagnez, on vous paiera une fois votre mise. Par contre, si vous perdez, vous devrez gager à nouveau mais doubler votre mise. Dès que vous gagnez, vous devez cesser de jouer.

Un exemple : vous décidez de miser 50 \$ sur le rouge. Le noir sort. Au coup suivant, vous misez 100 \$ sur le rouge. Le noir sort toujours. Au troisième coup, vous misez 200 \$ sur le rouge. Le rouge sort enfin. On vous donne 400 \$ (votre gain de 200 \$ plus le remboursement de votre mise). Mais, en tout, vous avez misé 350 \$ ($50 \$ + 100 \$ + 200 \$ = 350 \$$). Votre bénéfice est donc de 50 \$.

Si le rouge ne sortait qu'au huitième jeu, vous devriez miser 6 400 \$ pour gagner 50 \$... Sauf que vous ne pourriez pas vous rendre si loin car les casinos du Québec n'autorisent pas les mises de plus de 1 000 \$ à la roulette !

sent. De cette façon, si vous gagnez, vous courez moins de risques d'avoir à partager votre lot avec quelqu'un d'autre. C'est déjà ça de gagné... « Beaucoup de gens choisissent des dates d'anniversaire, dit Jean-Pierre Roy, de Loto-Québec. Les numéros au-dessus de 31 sont plus rares. » Les numéros qui contiennent le chiffre 7 sont aussi très populaires.

Et puis, si vous croyez encore avoir des chances de gagner avec la combinaison 1-2-3-4-5-6, si improbable selon vous que personne d'autre ne la choisira, détrompez-vous : Éline Thivierge, gestionnaire de

Loto-Québec, rappelle que « c'est la combinaison la plus jouée ». Il y aura des déçus lorsqu'elle sortira... dans une infinité de tirages ! ●

Pour en savoir plus

Le hasard au quotidien : coïncidences, jeux de hasard, sondages, par José Rose. Seuil, coll. Points Sciences, 1993, Paris.
La probabilité, le hasard et la certitude, par Paul Deheuvels. PUF, coll. Que sais-je ?, 1982, Paris.
Beat the Dealer, par Edward O. Thorp. Random House, 1966, New York.



Vos chances de gagner quelque chose à la loto

Loterie	Coût du billet	Lot maximum	Lot minimum	Chance de gagner quelque chose
Mini	0,50 \$	50 000 \$	10 \$	Une sur 90
Extra	1 \$	100 000 \$	2 \$	Une sur 10
Lotto 6/49	1 \$	Varie selon la cagnotte	10 \$	Une sur 53
Loto-Bingo	2 \$	10 000 \$	2 \$	Une sur 4,26
Casino Royal	5 \$	100 000 \$	5 \$	Une sur 3

Source : Loto-Québec

20 journées de découvertes scientifiques !

En participant à la Quinzaine des sciences, vous découvrirez, entre autres, le n° 9 de Maurice Richard, l'indice Dow Jones, la monnaie de carte de la Nouvelle-France, l'échelle d'Anders Celsius, une molécule d'acide désoxyribonucléique, une pièce de bœuf catégorie « A » et les lois du mouvement des planètes.

10 au 27 octobre 1996

Quinzaine DES SCIENCES



DES CHIFFRES EN NOMBRE



Une présentation du ministère
de l'Industrie, du Commerce,
de la Science et de la Technologie

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Industrie, du Commerce,
de la Science et de la Technologie

NORTEL

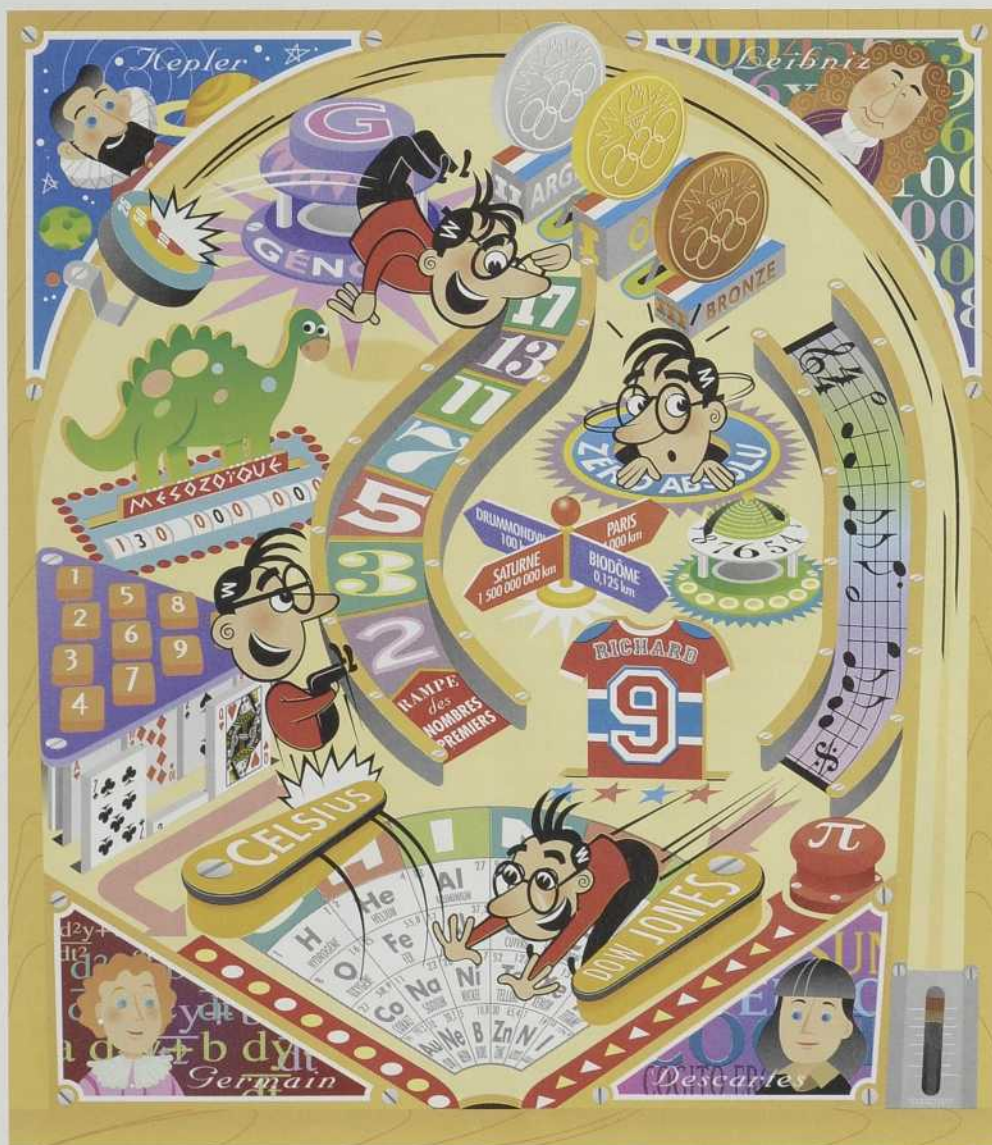
Un monde de réseaux



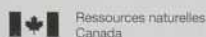
Pour obtenir gratuitement la programmation des activités dans votre région, contactez un des bureaux régionaux :
Est du Québec : (418) 722-3110, Estrie : (819) 565-5062, Montréal : (514) 873-1544, Outaouais : (819) 778-7511, Québec et Chaudière-Appalaches : (418) 650-2881, Saguenay-Lac-Saint-Jean : (418) 668-4541.

Un événement de

Société pour la
promotion de
la science et de
la technologie



Visitez le site de la Quinzaine sur Internet : <http://www.spst.org>



L'histoire des chiffres, c'est l'histoire du monde

La création de la numération est l'un des faits marquants de l'histoire de l'humanité. Mais comment en est-on venu à représenter un nombre par un simple symbole ? Petite histoire d'une grande « découverte ».

par Martine Turenne

« Les chiffres sont pétris d'humanité », écrit Georges Ifrah, historien du nombre et des chiffres et autorité mondiale en la matière. Ils en sont « pétris » puisqu'ils ont contribué, à l'instar des lettres, à développer chez l'humain l'intelligence et le raisonnement.

Pourtant, l'une des plus fantastiques découvertes de l'humanité est aussi l'une des plus méconnues. D'où viennent les chiffres ? Et les nombres ? Existents-ils *en soi* ou sont-ils uniquement un produit de l'imagination des hommes ? « On s'est toujours plus intéressé au nom du roi qu'au nombre d'habitants de son royaume, constate André Giroux, professeur de mathématiques à l'Université de Montréal. Mais si on n'a pas de chiffres, on n'a plus rien. »

Les plus anciennes « machines à compter » que les archéologues ont pu mettre à jour sont des ossements d'animaux vieux de 20 000 à 35 000 ans et gravés d'une ou de plusieurs séries d'encoches. Ces premiers outils comptables, découverts en Europe occidentale, servaient sans doute à dénombrer les ours ou les bisons chassés.

Puis, les cinq doigts de la main et du pied, à la base de notre système décimal, ont été adoptés « naturellement » par presque tous les peuples. Suivront les cailloux, les entailles, les tables, les objets d'argile et les bouliers. Les premiers vestiges d'une numération prémoderne nous viendront du Proche-Orient. On y a découvert par milliers, dans plusieurs sites archéologiques, des objets de taille et de forme géométrique diverses utilisés pour

compter et effectuer des transactions.

Ces symboles deviendront des nombres, l'un des concepts les plus complexes et les plus abstraits que l'espèce humaine a découverts, écrit Georges Ifrah dans son *Histoire universelle des chiffres*. « Cette invention est sans aucun doute l'une des plus grandes conquêtes de l'humanité, pour ne pas dire la plus grande. » Et même s'il y a eu de mauvais systèmes de numération et d'autres très rudimentaires, comme celui des Romains, ajoute André Giroux, « l'important, c'était d'avoir un système. » Tout le miracle est là.

C'est aux Indiens que l'on doit la découverte ultime : celle d'une numération moderne, qui permettra le développement des mathématiques. Selon Georges Ifrah, nos chiffres dits « arabes » sont en fait « des chiffres indiens, un peu déformés par l'usage, le temps et les voyages ».

Leur histoire est longue et sinieuse.

Ce sont les habitants de Suse, en Élam, une terre iranienne située non loin du golfe arabo-persique, qui, au IV^e millénaire av. J.-C., ont les premiers l'idée de remplacer les cailloux qui servent alors à compter par des objets dont la dimension et la forme correspondent à un ordre d'unité d'un système de numération : un bâtonnet symbolise l'unité simple, une bille la dizaine, une sphère la centaine.

À la même époque, soit vers 3200 av. J.-C., les habitants du pays de Sumer, en Basse-Mésopotamie (l'actuel Irak), créent un système similaire. Seule différence : comme le système utilisé est

Nos chiffres dits « arabes » sont en fait des chiffres indiens, un peu déformés par l'usage, le temps et les voyages. Voici, en rouge, les ancêtres indiens de nos chiffres modernes.





Cette illustration montre Boèce qui a jeté les bases de l'arithmétique occidentale au début du Moyen Âge (environ 500 ans après J.-C.). Il a effectué tous ses calculs à l'aide des chiffres romains. Il a fallu attendre plus de 700 ans avant qu'on utilise les chiffres dits arabes.

sexagésimal plutôt que décimal, un petit cône vaut 1, une bille 10, un grand cône 60, 600 ou 3 600. Notre culture a d'ailleurs conservé un souvenir des Sumériens puisque nous utilisons encore leur système pour exprimer la mesure du temps en heures, minutes et secondes.

Les Sumériens enferment les objets dans des boules creuses en argile. Celles-ci contiennent de petits jetons de taille et de

forme variées qui représentent diverses quantités de biens (des moutons, des mesures d'huile ou de blé, etc.) et servent probablement de registres de comptabilité. Elles portent à leur surface le sceau du propriétaire ou du contrôleur et doivent être cassées pour qu'on puisse en vérifier le contenu.

Les ancêtres de nos comptables modernes entreprennent ensuite de symboliser les différents *calculi* enfermés par diverses empreintes sur la paroi externe de chaque boule. La forme de l'empreinte, plus ou moins épaisse selon le cas, détermine la valeur du contenu. Il n'est donc plus nécessaire de briser la boule d'argile pour procéder à des

vérifications ou inventaires, il suffit de « lire » les informations. On estime que ce sont là les plus vieux chiffres de l'histoire.

Vers 3000-2900 av. J.-C., les jetons disparaissent. Seules demeurent les marques sur la surface de la boule, qui s'aplatit peu à peu. C'est sur ces tablettes qu'apparaissent les premiers signes de l'écriture dite « protoélamite ».

Mais deux problèmes majeurs se posent encore pour ces civilisations. D'une part, les signes sont tellement simplifiés avec le temps qu'ils perdent toute valeur d'évocation directe ! D'autre part, explique Jacques Lefebvre, professeur d'histoire des mathématiques et des sciences à l'UQAM, la numération sumérienne exigeait des répétitions parfois démesurées de signes identiques parce qu'elle reposait sur le principe de juxtaposition des chiffres par simple addition des valeurs. Ainsi, pour noter le nombre 3 599, il fallait... 26 chiffres ! « C'était un système qui confinait l'arithmétique à un stade primitif », dit Jacques Lefebvre. Malgré tout, la première pierre de l'édifice est jetée.

Héritant de la tradition des Sumériens, les Akkadiens assurent la période « intermédiaire » en transformant la notation sexagésimale cunéiforme de leurs prédécesseurs en notation décimale. Les signes de 60 et 600 sont peu à peu éliminés, et on ne retient que 100 et 1 000.

À partir de la première moitié du II^e millénaire av. J.-C., les Babyloniens et les savants mésopotamiens mettent au point une numération écrite abstraite, de loin supérieure à tous les systèmes numériques de l'époque. Ils inventeront aussi, mais beaucoup plus tard, l'usage du premier zéro connu. « C'était déjà une grande évolution, note Jacques Lefebvre. D'un système plutôt primitif, on passait à un autre qui offrait de plus grandes possibilités. »

À quelques milliers de kilomètres de là, aux environs de 3000 avant notre ère, les Égyptiens inventent une écriture et un système de numération écrite. Tout comme les Sumériens, écrit Georges Ifrah, les Égyptiens se trouvent « dans des conditions psychologiques, sociales et économiques parfaitement favorables à l'invention des chiffres et de l'écriture ».

Le système de numération égyptien repose sur une base décimale. Dès son apparition, il permet la représentation de nombres pouvant atteindre et dépasser le million. Pour y arriver, les Égyptiens se bornent toutefois à répéter le chiffre de chaque classe décimale autant de fois qu'il le faut.



Chez les anciens Grecs, le système, en vigueur du V^e siècle av. J.-C. aux débuts de l'ère chrétienne, repose plutôt sur le principe d'addition. Mais, tout comme les systèmes sumériens et élamites, ces notations exigent des répétitions démesurées de symboles identiques. Les Grecs cherchent donc à simplifier le tout en assignant un chiffre particulier à chacun des nombres. Ainsi, il ne leur faut plus que 15 signes pour représenter le nombre 7 699 au lieu des 31 autrefois nécessaires !

Cependant, pense Georges Ifrah, cette « évolution » marque une régression dans l'histoire du calcul proprement dit. « N'attribuant de chiffre spécial qu'à l'unité et à chaque puissance de sa base, la numération grecque permettait au début de faire des opérations par écrit. Mais, en introduisant des chiffres supplémentaires à leur liste initiale, les Grecs la privèrent de toute possibilité opératoire. Ce qui conduisit les calculateurs grecs à ne plus recourir désormais qu'à des tables à compter. »

Les Romains, pour leur part, utilisent des chiffres qui rappellent les lettres de l'alphabet. En fait, ces graphismes « modernes », tels que nous les connaissons aujourd'hui, ont été précédés par des formes bien plus anciennes qui n'avaient rien à voir avec des lettres. Ces chiffres, selon une hypothèse communément admise de nos jours, seraient issus des chiffres étrusques, eux-mêmes d'origine grecque !

Pas plus que les signes de numération précédents, les chiffres romains n'ont permis à leurs utilisateurs de faire des calculs. Il s'agissait plutôt d'abréviations destinées à notifier et à retenir les nombres. C'est pourquoi les comptables romains (et les calculateurs européens du Moyen Âge après eux) ont toujours utilisé des tables de calcul. « C'était un système archaïque, constate Jacques Lefebvre, et même en régression par rapport à celui des Babyloniens, qui avaient instauré un système de position mixte et additif. »

Si on a longtemps cru que notre numération provenait du monde arabo-musulman,



il semble qu'elle soit plutôt d'origine indienne. Cette notation est apparue pour la première fois au milieu du III^e siècle avant notre ère dans les édits que l'empereur Ashoka, de la dynastie des Maurya du Magadha, avait fait graver sur des rochers, des colonnes en grès poli et des temples creusés dans le roc de différentes régions de son empire.

L'origine des trois premiers chiffres est relativement simple. La superposition de deux ou trois traits horizontaux, réunis d'abord en un seul signe par une ligature, a donné naissance à des graphismes de même facture que le 2 et le 3 indiens. Cependant, dès leur apparition, les chiffres de 4 à 9 sont déjà des signes graphiquement évolués, correspondant à des chiffres indépendants, écrit Georges Ifrah. Selon lui, ils sont le résultat d'une évolution graphique partant de prototypes constitués de groupements primitifs, vestiges d'une vieille notation numérique indigène. Pour répondre aux exigences du temps et des matériaux, les chiffres ont ensuite subi une profonde modification de leur tracé, n'ayant plus rien à voir avec les formes des premiers prototypes idéographiques.

À quel moment les neuf premiers chiffres de ce système ont-ils été soumis à la numération décimale de position ?

Les premiers documents connus et proprement indiens qui témoignent de l'usage du zéro et des neuf chiffres soumis au principe de position datent de la seconde moitié du IX^e siècle de notre ère. Mais on estime que leur découverte remonte à une époque beaucoup plus ancienne. Vraisemblablement au milieu de l'époque de l'empire des Gupta, une dynastie qui régna sur toute la vallée du Gange et de ses affluents de 320 à environ 535.

Dans ce système, les nombres sanskrits de 1 à 9 reçoivent une valeur variant selon leur position dans l'énonciation des nombres à plusieurs ordres d'unités. « En disant un, trois, neuf pour 931 par exemple, on donne une valeur d'unité simple au mot un, une valeur de dizaine à trois et

une valeur de centaine à neuf, indique Georges Ifrah. Il s'agit donc d'une véritable numération de base dix fondée sur le principe de position. Le fait est d'autant plus remarquable que les savants indiens sont les seuls à avoir inventé un système de ce type. »

Il aura sans doute fallu beaucoup de temps et d'imagination, écrit l'historien, et surtout une grande faculté d'abstraction pour en arriver là. Les savants indiens ont ainsi permis l'essor de l'algèbre et joué un rôle essentiel dans le développement des mathématiques et des sciences exactes. « L'Occident n'a réellement commencé à développer ses mathématiques, ajoute André Giroux, qu'au moment où on a repris le système de numération indien. »

Les chiffres dits arabes ne seront connus de l'Occident qu'à la fin du XII^e siècle et réellement utilisés dans les milieux les plus savants qu'au siècle suivant. Nos chiffres modernes ont été fixés dans leur graphie actuelle au XV^e siècle, en Occident, suivant des prototypes bien déterminés et adoptés une fois pour toutes lors de l'invention de l'imprimerie.

Ils sont aujourd'hui répandus dans le monde et constituent une sorte de langage universel, même si des graphies particulières, les chiffres « hindi », représentant les mêmes nombres, coexistent encore dans certains pays du Moyen-Orient. C'est d'ailleurs le grand paradoxe des chiffres dits arabes. ●



Pour en savoir plus

Histoire universelle des chiffres, par Georges Ifrah. Robert Laffont, coll. Bouquins, Paris, 1994.



Anthropologie des nombres, par Thomas Crump. Seuil, Paris, 1995. Cambridge University Press, 1990.

Du 10 au 27 octobre 1996, la Société pour la promotion de la science et de la technologie organise la Quinzaine des sciences dont le thème porte cette année sur les chiffres et les nombres. Des activités ont lieu dans toutes les régions du Québec. Pour en connaître les détails, composez le (514) 873-1544 ou sur Internet : <http://www.spst.org>

La quête du zéro

On imagine difficilement la somme d'efforts qu'il a fallu déployer pour circonscrire le concept de zéro. Essayez donc de figurer « quelque chose » là où il n'y a « rien » !

par Martine Turenne

La plus formidable découverte mathématique a sans conteste été celle du zéro. Celle du zéro-absence d'abord puis, beaucoup plus tard, du zéro-nombre, base de notre arithmétique moderne.

Il est difficile aujourd'hui d'imaginer le temps et la réflexion nécessaires pour sauter du nombre « 1 », premier de tous les nombres, au zéro. Un saut qualitatif incroyable, car, selon Jacques Lefebvre, professeur d'histoire des mathématiques et des sciences à l'UQAM, il a fallu également beaucoup de temps pour simplement considérer le 1 comme un nombre ! « Pour le mathématicien grec Euclide, ce n'en était pas un : le nombre n'existait que lorsqu'il commençait à compter des objets. Alors imaginez le zéro... »

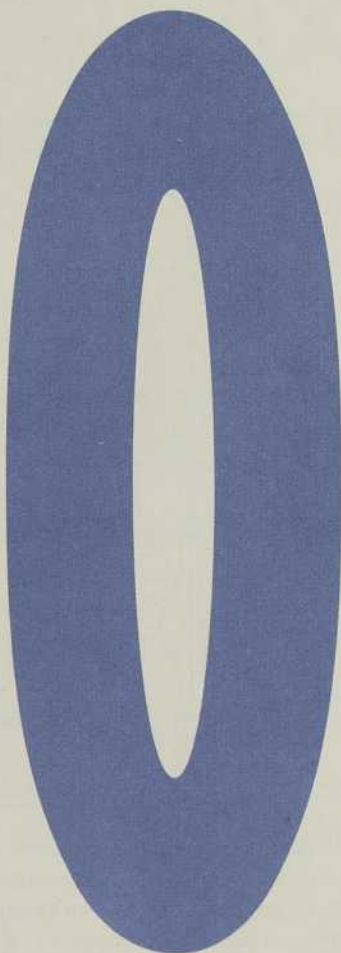
Trois peuples seulement, les Babyloniens, les Mayas et les Indiens, sont parvenus à cette ultime abstraction. Mais ni le zéro babylonien, ni celui des Mayas ne furent conçus comme des nombres.

D'ailleurs, les mathématiciens et astronomes babyloniens ont ignoré le zéro pendant plus de 15 siècles dans leurs calculs. Une lacune qui a dû les gêner considérablement, explique Jacques Lefebvre. « Quand on applique le principe de position, il arrive un moment où il est nécessaire de disposer d'un signe graphique spécial pour représenter les unités manquantes. »

Prenons l'exemple du nombre 10. En utilisant notre numération décimale de position actuelle, on doit placer le chiffre 1 en deuxième position pour qu'il signifie une dizaine. « Mais alors comment signifier que ce 1 est en deuxième position si l'on n'a rien à mettre au premier rang ? demande l'historien français Georges Ifrah. Il faut poser 1 et... rien. De même pour 702, il faut mettre un 2 en première position, un 7

en troisième et rien entre les deux. »

On finira donc par prendre conscience qu'on doit figurer ce rien par « quelque chose » si on ne veut pas s'embrouiller dans les représentations chiffrées. « Ce "quelque chose" qui ne veut "rien" dire, ou plutôt ce signe graphique servant à marquer l'absence des unités d'un certain ordre, ce sera finalement le zéro », explique Georges Ifrah.



C'est vers la fin du IV^e siècle av. J.-C. que les Babyloniens ont utilisé un véritable zéro pour signifier cette absence. « La découverte du zéro-absence a été capitale pour que le système de position fonctionne sans équivoque », dit Jacques Lefebvre.

Mais ce signe n'a jamais été conçu par les savants babyloniens dans le sens de « nombre zéro ». « Ce dernier ne serait apparu, explique-t-il, qu'à force d'utiliser le zéro comme absence. » Et ce sont les Indiens qui en découvrent finalement la vocation. Vraisemblablement vers le milieu du V^e siècle de notre ère.

Les astronomes indiens, qui mettent au point le système décimal de position, arrivent à la même impasse que les Babyloniens lorsque vient le temps d'indiquer une décimale manquante dans un nombre. S'il était aisé d'écrire 923, il l'était moins d'imaginer 901. Les Indiens contournent donc l'obstacle en faisant appel au mot sanskrit *shūnya*, signifiant « vide » et, par extension, « zéro ».

Puis, les savants indiens franchissent la dernière étape : parfaire le concept du zéro et l'enrichir de sa signification numérique actuelle. Rapidement, le concept devient le synonyme de ce que l'on appelle aujourd'hui le « nombre zéro » ou la « quantité nulle ». Et c'est alors, écrit Georges Ifrah, que le *shūnya* est rangé dans la catégorie des *Samkhyā*, c'est-à-dire celle des « nombres ». En 628 de notre ère, Brahmagupta définira le zéro comme le résultat de la soustraction d'un nombre par lui-même et décrira ses propriétés ainsi : « Lorsque le zéro est ajouté à un nombre ou soustrait d'un nombre, celui-ci demeure inchangé ; et un nombre multiplié par zéro devient zéro. » Notre zéro était né. ●

Les maths des magiciens

Les nombres avaient une connotation magique pour nos ancêtres.
Une tradition qui ne s'est pas totalement perdue...

par Martine Turenne

Depuis que les chiffres et les nombres existent, les peuples ont éprouvé vis-à-vis d'eux une certaine crainte mystique. Plusieurs cultures les ont même identifiés à des forces, voire à des divinités, histoire de conjurer une puissance qui leur échappait.

Dès le début du II^e millénaire av. J.-C., explique l'historien des chiffres et des nombres Georges Ifrah, les mages ont attribué un nombre particulier à chacun des dieux de leur panthéon, suivant un ordre décroissant qui traduisait la hiérarchie des personnages.

Ainsi, 60 était associé à Anu, dieu du Ciel, 50 à Enlil, dieu de la Terre, 40 à Éa, etc.

Pour Platon et les pythagoriciens, le nombre est investi d'une dimension symbolique. Il apparaît comme existant en soi, imbu de propriétés originelles intervenant dans la création de l'Univers. Platon lui-même a fait des nombres « le plus haut degré de la connaissance ». Et Pythagore a érigé cette philosophie mystique en un système selon lequel « les nombres seuls permettent de saisir la nature véritable de l'Univers ».

L'octroi de valeurs numériques aux lettres de l'alphabet a également donné nais-

sance à de curieux procédés. Ainsi, en servant de la valeur des lettres constituant un mot, un groupe de mots ou un groupe de lettres, on pouvait les transposer en nombres pour les interpréter. Cette pratique a conduit à toutes sortes d'interprétations et de calculs spéculatifs et divinatoires. Chez les juifs, par exemple, la kabbale et ses applications « magiques » montrent bien ce que cette pratique pouvait offrir à la dialectique religieuse.

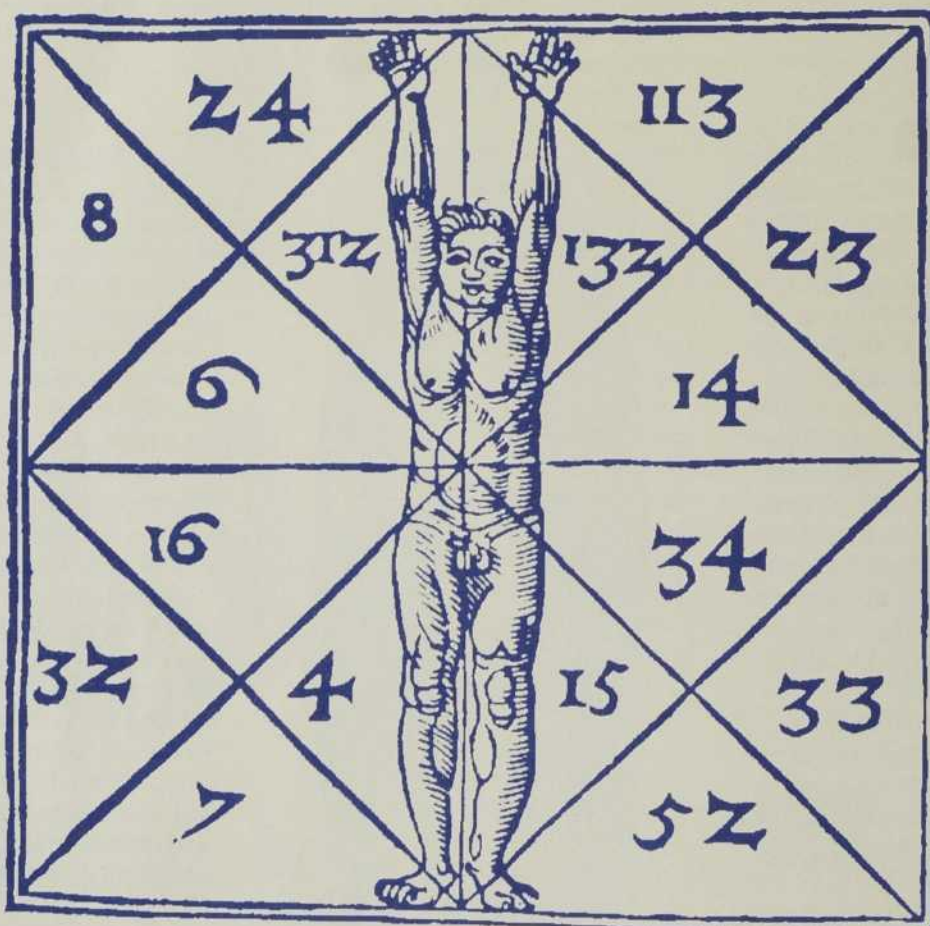
Le nombre 26 est un bon exemple du sens religieux dont pouvait être imprégné un nombre, souligne Georges Ifrah. Ainsi, 26 générations séparent Adam de Moïse, 26 descendants sont mentionnés dans la

tagèmes pour symboliser leurs noms. À Pompéi, par exemple, on a retrouvé l'inscription suivante : « J'aime celle dont le nombre est 545. » Quoi de plus romantique !

On raconte que le dieu égyptien Sarapis aurait révélé son nom à Alexandre le Grand de la manière suivante : « Prends deux cent et un, puis cent et un, et quatre fois vingt et dix. Place ensuite le premier de ces nombres à la fin et tu sauras alors quel dieu je suis. » En prenant à la lettre les paroles du dieu, on obtient en effet le nom grec Sarapis. Le procédé de l'évaluation numérique des lettres a également servi aux mages musulmans pour le *hisab*

généalogie de Sem, le nombre de personnages figurant dans cette dernière est un multiple de 26 et c'est au verset 26 du chapitre 1 de la Genèse que Dieu dit : « Faisons l'Homme à notre image ». Qui plus est, selon la tradition juive, le fait que « Dieu a façonné Ève à partir d'une côte d'Adam » se retrouve dans la différence numérique (égale à 26) qui existe entre le nom hébraïque d'Adam (qui égale 45) et celui d'Ève (qui égale 19) !

Sur les rives de la Méditerranée, des peuples ont utilisé les mêmes stra-



al nim, une pratique divinatoire servant à prédire, en période de guerre, lequel des deux souverains serait vainqueur.

Jusqu'à une époque récente, au Moyen-Orient, une écriture et une numération secrètes étaient utilisées, notamment dans les services officiels de l'Empire turc ottoman. « Les manuscrits mathématiques, médicaux ou relatifs aux sciences occultes, composés ou traduits par des Ottomans, fourmillent d'alphabets et de systèmes numériques secrets », raconte Georges Ifrah.

Le monde occidental n'est pas demeuré à l'écart de ce mouvement mystique.

Durant le Moyen Âge européen, la mathématique et le symbolisme sont en symbiose. Les nombres sont investis de propriétés originelles qui aident non seulement à déchiffrer le monde, mais aussi à dominer les forces occultes. Avec ses trois dimensions — mathématique, philosophie et mystique —, le nombre acquiert une nouvelle puissance.

Une idée souvent exploitée durant cette période, note l'historien français, est celle des nombres auxquels on attribue une vertu surnaturelle d'après la forme graphique de leurs signes représentatifs. Ainsi, selon Cyprien, 365 est un nombre sacré parce qu'il est égal à la somme de

**La philosophie,
la mathématique et
le religieux seront les
trois axes autour desquels
va se structurer une
symbolique des nombres,
qui demeurera présente
dans la culture occiden-
tale, malgré Descartes
et malgré la révolution
scientifique.**

300 (T, symbole de la croix), de 18 (IH, les deux premières lettres de Jésus), de 31 (le nombre d'années que le Christ aurait vécu, selon lui) et de 16 (année du règne de Tibère au cours de laquelle Jésus fut crucifié)... Ouf !

Les mystiques chrétiens se sont aussi permis de nombreuses spéculations autour du nombre 666, que l'apôtre Jean avait associé à la Bête de l'Apocalypse. Néron, le premier empereur romain à persécuter les chrétiens, a par exemple été identifié par quelques interprètes à la « Bête », en raison de la valeur numérique de son nom qui, accompagné du titre de « César », est égale à 666 dans le système hébraïque.

Omniprésents dans les textes sacrés, les nombres ont été décryptés grâce aux connaissances arithmétiques des Grecs. La philosophie, la mathématique et le religieux seront les trois axes autour desquels va se structurer une symbolique des nombres, qui demeurera présente dans la culture occidentale, malgré Descartes et malgré la révolution scientifique. Un symbolisme qui encore aujourd'hui fait le bonheur des astrologues, des numérollogistes et de toutes les Jojo Savard en ce bas monde. ●



**L'ASSOCIATION DES PROFESSEURS DE SCIENCES DU QUÉBEC
POUR L'AVANCEMENT DE L'ENSEIGNEMENT
DES SCIENCES ET DES TECHNOLOGIES**

31^e Congrès de l'APSQ

Sciences et technologie : une toile à tisser

17 - 18 - 19 octobre 1996

École secondaire de l'Île, Hull

L'Association des professeurs de sciences du Québec
regroupe des enseignants de tous les ordres, des animateurs scientifiques,
des techniciens, des étudiants, des parents...

**Pour informations
(congrès, adhésion et abonnement)**

514-948-6422

La planète sans fil

En l'an 2000, 400 millions de Terriens utiliseront un téléphone sans fil. Pour brancher la planète, le téléphone se « débranche ».

par Laurent Fontaine

En 1985, Cantel et Bell Mobilité lançaient le téléphone cellulaire au Canada. Les compagnies ne pensaient atteindre qu'un marché étroit, une centaine de milliers de gens d'affaires tout au plus. Erreur : 10 ans plus tard, plus de 2 millions de cellulaires circulent au pays ! Une progression à faire pâlir d'envie le bon vieux téléphone à fil qui, lui, a mis 40 ans à rejoindre un million de Canadiens.

Mais 2 millions de « débranchés » canadiens, c'est une goutte dans l'océan du sans-fil : à travers le monde, 136 millions de personnes utilisaient déjà un tel système en 1994. Dans moins de 5 ans, ils seront 400 millions. Préparez vos annuaires ! Depuis le début de la décennie, on implante également chaque année trois fois plus de nouvelles liaisons téléphoniques dans les pays du tiers-monde que dans les pays développés. Et, là-bas, les nouveaux systèmes sans fil constituent la planche de salut qui permet d'embarquer dans le train du XXI^e siècle.

En Inde, où moins de 1 % de la population dispose du téléphone, la mise aux enchères de franchises pour des réseaux cellulaires a procuré des milliards de dollars au gouvernement avant même que le premier appel cellulaire ne soit fait. Et, sur le continent africain, on est passé de

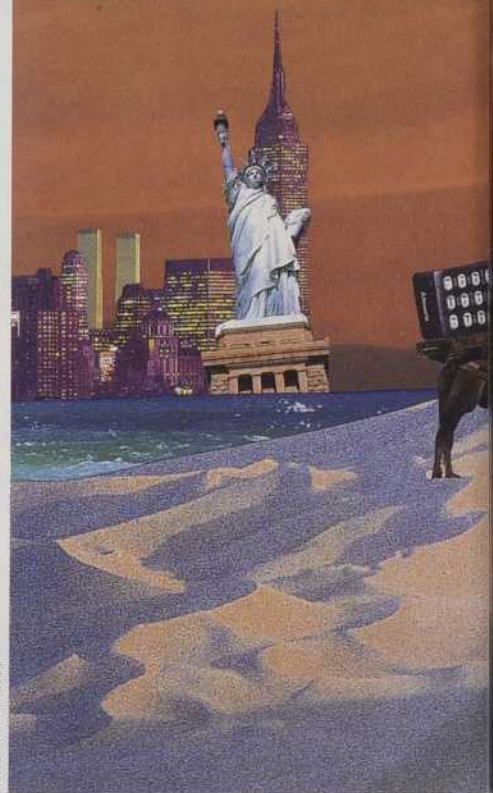
80 000 cellulaires en 1993 à 400 000 aujourd'hui, dont 86 % en Afrique du Sud. « Le téléphone sans fil est une solution à long terme pour les besoins de communication en Afrique », dit Pekka Tarjanne, secrétaire général de l'Union internationale de télécommunication (UIT), un organisme affilié à l'ONU. Le téléphone est même considéré comme une arme stratégique de développement en Chine où on a récemment condamné à mort quatre hommes pour sabotage de lignes !

Le concept d'un réseau téléphonique sans fil n'est pas né d'hier. En fait, il traînait dans les tiroirs du AT&T Bell Laboratory depuis 1947 ! À l'époque, les ingénieurs voulaient réutiliser la même fréquence radio dans une ville en se servant d'émetteurs-récepteurs de faible puissance pour desservir des cellules d'une dizaine de kilomètres. En 1962, AT&T testa cet ancêtre du réseau cellulaire, mais la technologie d'alors ne permettait pas d'assurer le relais des communications entre les cellules, ni d'éviter le brouillage entre les fréquences. Pour communiquer sans fil, il fallait se contenter du système de radio mobile instauré en 1921 par le service de police de Detroit, un système si populaire qu'il n'y avait plus un seul canal libre en Amérique du Nord, malgré la mauvaise qualité du son !

L'invention des premiers commutateurs informatisés durant les années 70 a relancé l'idée d'un réseau cellulaire. Le premier jalon a officiellement été posé le 14 octobre 1983 à Chicago, sous la norme AMPS (Advanced Mobile Phone Service), la plus répandue actuellement en Amérique du Nord. Les communications sont transmises vers l'antenne la plus proche, dans la fréquence des 800 MHz, à l'intérieur de cellules dont la taille varie de 1 à 40 kilomètres selon la densité d'abonnés. L'antenne est reliée au réseau téléphonique commuté par un réseau intelligent de contrôleurs, de commutateurs, de bases de données et, le plus souvent, des kilomètres et des kilomètres de fils ! En effet, pour transporter le signal entre le réseau cellulaire et le réseau commuté mondial, la fibre optique est plus économique et plus fiable que les ondes.

À cause du coût d'utilisation et de la capacité limitée des réseaux analogiques, la première génération de cellulaires n'a quand même pas remplacé le bon vieux téléphone : si 10 % des usagers possédaient un cellulaire, le réseau sans fil ne véhiculait que 1 % des communications. La numérisation a complètement changé cette situation.

Dans le meilleur des cas, les services de téléphone terrestres ne couvrent que 15 % de la surface du globe. Il reste donc au sans-fil un énorme territoire à investir.



Pierre-Paul Parizeau

Le numérique permet maintenant de transmettre entre 3 et 10 conversations sur une même fréquence, là où la transmission analogique n'en fait passer que 1 à la fois. La numérisation des systèmes était d'ailleurs vitale, car la denrée rare dans l'univers du sans-fil, c'est la bande passante : le nombre de fréquences disponibles dans le champ électromagnétique est limité !

Depuis une dizaine d'années, deux technologies numériques concurrentes ont été mises au point. La première et la plus répandue fonctionne sous la norme TDMA (Time Division Multiple Access), qui découpe le signal en fractions de seconde. Chaque portion de temps est allouée à une conversation différente, transmise alternativement avec d'autres sur une même fréquence. L'autre système fonctionne sous la norme CDMA (Code Division Multiple Access). Cette fois-ci, les signaux sont étalés sur tout le spectre de la fréquence, mais ils se différencient les uns des autres grâce au code d'identification et au signal de faible puissance qui les distinguent dans le brouhaha général. L'image généralement utilisée pour expliquer le CDMA est celle d'un cocktail : vous percevez clairement la conversation d'un interlocuteur dans un

concert de conversations différentes. À terme, on estime que ces deux normes vont probablement se combiner ou, à tout le moins, les systèmes sans fil fonctionneront indifféremment avec l'une ou l'autre.

Les chercheurs n'auraient pu mettre au point ces deux systèmes sans les progrès des réseaux informatiques. « Tout l'art dans le sans-fil consiste à réutiliser au maximum les fréquences pour tirer le plus de profits possible d'un spectre d'ondes sans créer d'interférences entre les cellules », explique Pierre Sarault, vice-président Technologie chez Microcell. Les chercheurs ont aussi profité des progrès réalisés dans les domaines des matériaux semi-conducteurs et de la miniaturisation des composants pour concevoir les téléphones sans fil actuels, des appareils plus légers, plus puissants et beaucoup moins chers que leurs ancêtres.

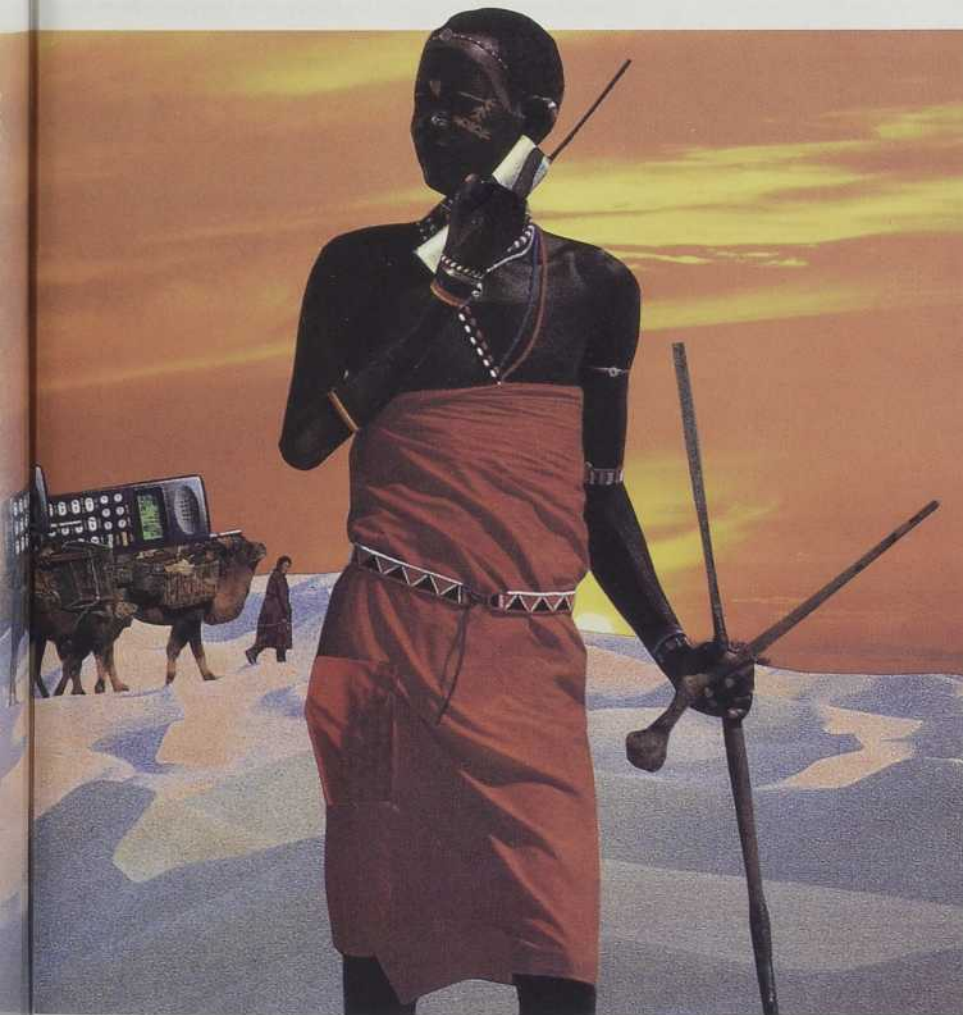
Dans cet univers débranché s'annonce une nouvelle étape : celle des systèmes de communication personnelle (PCS). Microcell a investi 1,2 milliard de dollars pour exploiter un réseau dans une gamme de fréquences jusqu'ici difficile à exploiter, les micro-ondes à 2 GHz (le premier tronçon sera ouvert à Montréal en



1997). Son PCS fonctionnera d'abord sous la norme TDMA, la même que le téléphone sans fil GSM, le standard européen qui s'impose dans le monde entier. Ce système fonctionne suivant le même principe que le cellulaire. Cependant, la taille des cellules est plus petite — 200 mètres contre 40 kilomètres —, car l'onde est plus courte que celle du cellulaire. Il faudra une centaine d'antennes pour couvrir Montréal, de trois à quatre fois plus que pour le cellulaire.

À la différence du cellulaire, le PCS est entièrement numérique (RNIS), du réseau jusqu'au téléphone. De la taille d'une télécommande, l'appareil se glisse dans une poche et transmet non seulement la voix, mais aussi des données à grand débit et plusieurs services numériques comme les messageries vocales, les messages électroniques (téléavertisseur), l'accès au réseau Internet, les télécopies, etc. Même si son coût d'utilisation est moins élevé, le PCS ne remplacera quand même pas les cellulaires à court terme, puisqu'il faudra d'abord couvrir la plupart des villes du Canada de mini-antennes. Par contre, le PCS pourrait devenir dans bien des foyers le téléphone de base, branché aux réseaux existants, filaires ou non filaires, pour logger les appels interurbains.

De plus, le PCS va modifier profondément l'idée qu'on s'est toujours fait de la structure du service local, faite de câbles, de fibre optique et de cuivre, croit le professeur Bolstein, président de l'Institut canadien de recherche en télécommunications, le centre d'excellence de l'Université McGill. « Il offre une réelle alternative pour accéder sans câble au réseau commuté, constate-t-il. Par contre, pour le transport en masse des données ou de la voix sur les réseaux, les ondes ne peuvent pas concurrencer les câbles de fibre optique, très puissants et très sûrs. »



Avec le PCS, les télécommunications font aussi un pas de plus vers le numéro de téléphone personnalisé. Dans un réseau filaire, ce n'est pas à vous mais à la prise téléphonique de votre appartement qu'est attribué un numéro de téléphone. Changez de logement, et vous perdez votre numéro. Avec le PCS, le numéro devient votre signature, encodée sur une carte à puce, avec votre adresse de facturation et les services auxquels vous avez droit. Vous changez de ville ou de pays ? Rien de plus simple : vous emportez votre carte à puce, la glissez dans le téléphone le plus proche qui signale à votre réseau de base où vous vous trouvez. Quand vos amis composent votre numéro, ils vous rejoignent où que vous soyez. « La question centrale d'un système PCS n'est plus "Où êtes-vous ?", comme dans un système filaire, mais "Qui êtes-vous ?" », dit Pierre Sarault, de Microcell.

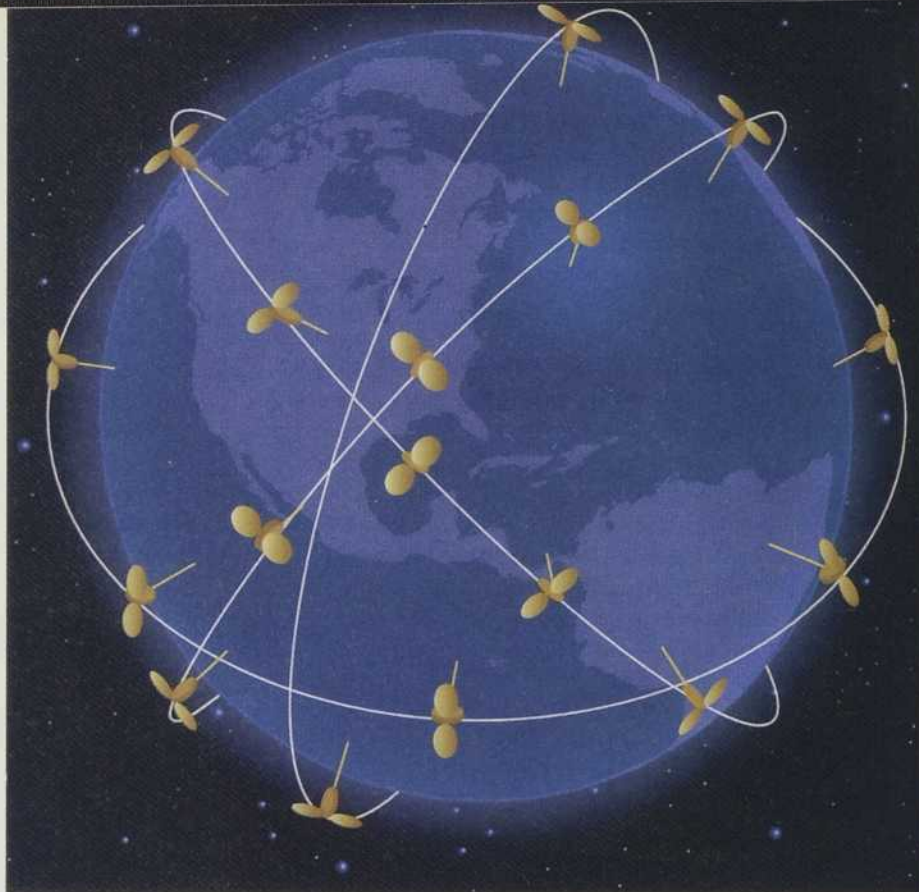
En Colombie, au Sri Lanka, au Viêt-nam, au Brésil, en Chine, partout, les ingénieurs de Nortel, de Motorola, d'Ericsson implantent des réseaux sans fil. Les compagnies ont adapté la technologie cellulaire pour qu'elle puisse donner accès au réseau commuté mondial. En fait, plus de la moitié des réseaux créés d'ici cinq ans dans les pays en développement reposeront sur cette architecture. La grande innovation : la boucle locale, entre les abonnés et le commutateur et, parfois, entre abonnés, fonctionne sans fil. On achemine ensuite les communications du commutateur local vers l'extérieur par ondes ou par fibre optique, suivant la nature des terrains.

La Chine se « débranche »

Pour passer d'une société rurale et agricole à une société industrielle et urbaine, la Chine mise sur le développement des télécommunications. Cependant, avec 1 téléphone pour 25 habitants et 1 télécopieur pour 200, le saut que le dragon doit faire est gigantesque. Le plan quinquennal du dernier grand bastion communiste prévoit d'ailleurs des investissements de 60 milliards de dollars d'ici l'an 2000 afin de doubler la capacité de commutation de 71 à 150 millions de lignes. Le gouvernement espère ainsi fournir un téléphone par maison à Shanghai et Beijing.

Pour relever ce défi, la Chine doit créer, chaque année, l'équivalent d'un réseau grand comme celui du Canada, et ce, pendant 10 ans ! Pour y parvenir, les Motorola, Ericsson, British Telecom et autres Nortel doivent absolument installer des réseaux sans fil afin de contourner le problème des distances et de limiter les coûts. Motorola et Ericsson ont créé un réseau qui couvre 26 provinces, ce qui en fait le plus grand tronçon cellulaire du monde. Il compte 3 millions d'abonnés et devrait en avoir 13 millions dans 3 ans. Pour beaucoup de Chinois, le téléavertisseur est aussi une solution intermédiaire : à défaut de se parler, 30 millions de Chinois (bientôt 70 millions) s'envoient de courts messages électroniques !

Malgré tous ces investissements, le taux de pénétration du téléphone passera de 4 % à seulement 10 %. On est loin des standards occidentaux — 56 Canadiens sur 100 ont le téléphone ! C'est pourquoi l'Empire céleste concentre ses investissements dans les zones urbaines. Les 900 millions de Chinois et plus qui habitent la campagne, eux, devront attendre encore quelques années, le temps de déployer les systèmes satellitaires.



Plus l'orbite des satellites est basse, plus il en faut pour couvrir le globe. Si chaque satellite est moins puissant individuellement, l'ensemble est plus performant et moins cher. Au sol, un système de relais ultrarapides entre satellites assure la continuité des communications. Le maillage du réseau sur trois axes garantit que chaque point du globe sera toujours dans le champ d'au moins deux satellites.

De cette façon, on arrive à sauver du temps puisque ces réseaux sans fil sont installés dans un village ou une ville entière en quelques mois. « En Ouzbékistan, ça prenait 10 ans pour être branché et, au Brésil, installer une nouvelle ligne prenait

tant de temps que les parents léguaient leur demande de téléphone dans leur testament ! » raconte Tony Pietropaolo, directeur de compte chez Nortel. Le sans-fil permet également de sauver de l'argent : il en coûte entre 700 et 1 000 dollars par abonné pour installer un système local sans fil, contre des prix variant entre 1 000 et 5 000 dollars, selon la nature des terrains, pour tirer quelques centaines de mètres de fil de cuivre ! Les frais de gestion de réseau sont aussi 25 % moins élevés parce qu'il n'est pas nécessaire d'entretenir des lignes, ni de les protéger. « La valeur du cuivre posé sur quelques dizaines de mètres dans le sol est plus élevée que le salaire annuel d'un cultivateur hindou ! » explique David Bernardi, directeur au développement technologique chez Téléglobe.

Dans les régions où la densité de population est trop faible, les ingénieurs songent à installer un seul poste téléphonique relié au réseau mondial par les ondes (par satellite ou système cellulaire). Les villageois achèteraient une carte à puce qu'ils glisseraient dans l'appareil. Ils disposeraient ainsi d'un temps d'accès et d'un numéro privé pour écouter leurs messages stockés dans une boîte vocale personnelle.

C'est d'ailleurs un système semblable qui

a causé la mort du leader tchéchène Doudaïev le printemps dernier. Doudaïev disposait d'un des 40 000 terminaux du système Inmarsat — le même que CNN a utilisé durant la guerre du Golfe. Une fois que les militaires russes ont obtenu ses coordonnées, ils n'ont eu aucun mal à repérer sa fréquence, à établir la communication et à diriger un missile air-sol vers son poste téléphonique. Un véritable guet-apens satellito-téléphonique !

Aujourd'hui, quelque 200 satellites géostationnaires transmettent des ondes. Leur position, à 35 000 km au-dessus de l'équateur, assure une couverture fixe et, comme ils sont assez élevés, les ondes qu'ils transmettent couvrent une bonne portion de la surface terrestre. En reliant des appareils cellulaires aux satellites, grâce à une petite antenne parabolique fixée à l'appareil, le programme Inmarsat a permis de créer le premier réseau mondial de communication mobile.

Le système cellulaire-satellitaire classique a cependant trois inconvénients. D'abord, l'effet d'écho : l'onde met plus de 0,8 seconde pour franchir la distance entre le satellite et la Terre et, dès 0,4 seconde de délai, l'oreille entend l'écho. Puis, la couverture du réseau est encore limitée :

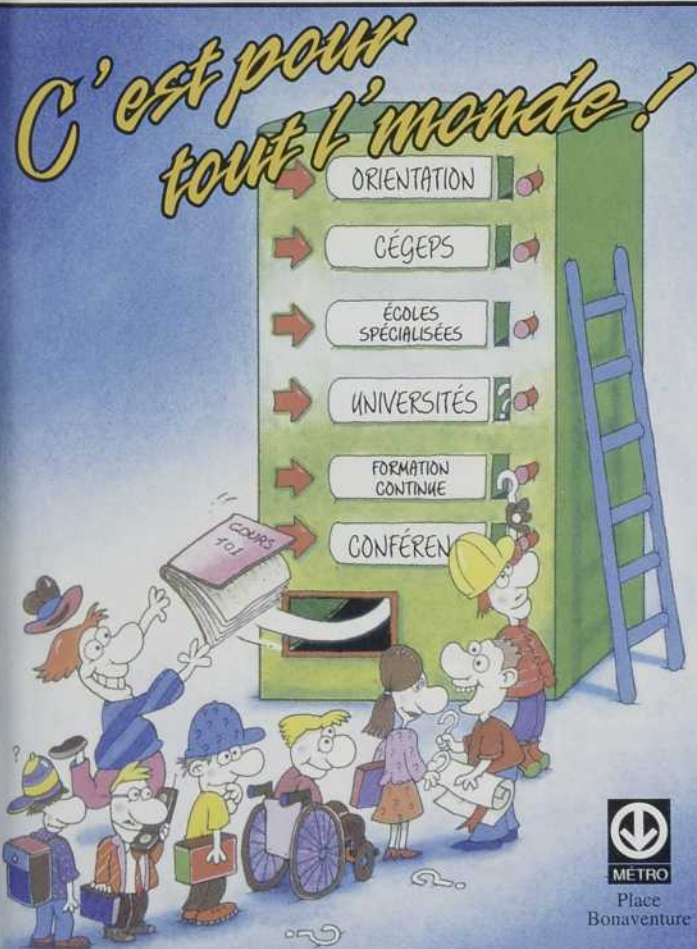
Le STML : des ondes rapides pour l'inforoute

Le Système de Télécommunications Multipoints Locaux (STML), communément appelé câble sans fil, sera bientôt implanté au Canada. Ce système est comparable au système cellulaire, avec des cellules de quelque 10 kilomètres connectées au réseau de téléphonie commuté. Compte tenu des fréquences dans lesquelles le STML opère (28 GHz), il pourra offrir des communications à large bande, bidirectionnelles et à haute vitesse, par la voie des airs. Le STML pourra acheminer numériquement jusqu'à 100 canaux de télévision conventionnels, donner accès au réseau Internet par le biais d'un lien haute vitesse et transmettre des vidéoconférences. Industrie Canada a mis aux enchères une série de blocs permettant la commercialisation de services multimédias par micro-ondes. Encore du sans-fil...

à des latitudes élevées comme celle de Montréal, les ondes frappent les antennes avec un angle à peine au-dessus de l'horizon et, plus au nord, à partir de Saint-Donat, par exemple, ça ne fonctionne carrément plus. Enfin, à plusieurs milliers de dollars pour un récepteur gros comme une valise, avec des tarifs moyens de 7,5 dollars la minute de communication, le système est trop coûteux pour le grand public.

D'autres projets de communication personnelle par satellite ont vu le jour et proposent d'offrir des services de télécommunications à moins de un dollar la minute pour rester concurrentiels avec les systèmes au sol, tout en évitant les écueils des

satellites géostationnaires. Il faut dire que, dans le meilleur des cas, les services de téléphone terrestres ne couvriront que 15 % de la surface du globe. Il reste donc un énorme territoire à investir pour l'entreprise. C'est ainsi que les projets Iridium, Globalstar et Odyssey vont bientôt permettre de rejoindre quelques dizaines de millions de clients potentiels de plus. « Plus de la moitié d'entre eux, en Inde, en Chine, en Indonésie ou chez les Inuits, par exemple, utiliseront le téléphone satellitaire à partir d'un poste fixe, explique David Bernardi, de Téléglobe. Le satellite sera pour eux le seul moyen de télécommunication. »



SALON DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE ET TECHNIQUE 17-18-19-20 OCTOBRE 1996 MONTRÉAL - PLACE BONAVENTURE

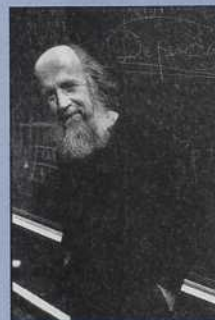
Québec Science présente
Hubert Reeves conférencier d'honneur du salon.

Venez entendre M. Reeves parler de
«La connaissance et l'éducation».

Samedi 19 octobre 1996 à 14h30
C'est un rendez-vous à la **Place Publique**.

Billet (entrée au salon et conférence) : 6 \$ adulte
3 \$ étudiant

Québec
Science



Comme un cri du cœur
Éditions l'Essentiel, 1992

Partenaires



Développement des
ressources humaines Canada

Human Resources
Development Canada



Gouvernement du Québec
Ministère
de l'Éducation

Partenaire conseil



Produit par

BENOÎT ROMERO

MÉTRO
Place
Bonaventure



SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE
DE DÉVELOPPEMENT
DE LA MAIN-D'ŒUVRE

Motorola devrait déployer 66 satellites de communication pour le projet Iridium (BCE, le leader canadien en télécommunications y est associé). Pour le projet Globalstar, on prévoit en déployer 48. Ces satellites évolueront en orbite basse (Low Earth Orbit, LEO), à une altitude de 1 000 à 3 000 km. Plus l'orbite est basse, plus il faut de satellites pour couvrir le globe, car le champ de vision du satellite est plus réduit et sa vitesse de rotation plus grande. Il faut 90 minutes à un satellite en LEO pour faire le tour de la Terre... contre les 24 heures que prend un satellite géostationnaire au-dessus de l'équateur !

« Cependant, explique David Bernardi, chaque satellite est moins puissant individuellement, mais l'ensemble est plus performant et moins cher. » Au sol, un système de relais ultrarapides entre satellites assure la continuité des communications. Le maillage du réseau sur trois axes garantit que chaque point du globe sera toujours dans le champ d'au moins 2 satellites, qui couvriront ce point pendant moins de 10 minutes !

Le projet Odyssey est différent et surtout moins coûteux : 2,5 milliards contre 3,4 milliards de dollars pour Iridium. Odyssey est une initiative de Téléglobe et



Le projet Odyssey : une douzaine de satellites en orbite permettant de rejoindre 10 millions de clients.

TWR, une société américaine spécialisée dans les satellites espions. Les 12 satellites seront placés en MEO (Medium Earth Orbit), à 10 000 kilomètres de la Terre, une orbite suffisamment rapprochée pour sup-

primer l'effet d'écho mais assez lointaine pour couvrir de vastes territoires sans multiplier le nombre de satellites. En MEO, un satellite met six heures pour parcourir l'orbite terrestre. Au sol, sept stations coordonneront les satellites et les relieront au réseau téléphonique.

« Nos abonnés disposeront d'un téléphone fonctionnant en double mode, explique David Bernardi. En mode GSM pour les communications de type cellulaire au sol, sur le réseau PCS, et un accès en mode CDMA pour le lien direct avec le satellite, grâce à la mini-antenne du téléphone. » Téléglobe travaille aussi sur Orbcomm, un système de localisation au sol et de transmission de données à partir d'un réseau de 28 à 36 satellites en LEO, idéal pour gérer une flotte de camions ou surveiller des pipelines.

D'autres projets devraient être mis en branle dans l'avenir, dont celui de Bill Gates et Craig McCaw, deux milliardaires du logiciel. Ils songent à installer 840 satellites en orbite basse pour fournir un accès multimédia interactif à large bande, la future autoroute de l'information satellitaire ! Le prix ? La bagatelle — pour Bill Gates, bien sûr ! — de neuf milliards de dollars. ●

Le Saint-Laurent pour La Vie



Secrétariat du colloque

C.P. 38015, Québec, Québec, G1S 4W8

Téléphone :

(418) 648-3444 (514) 279-7115

Internet :

<http://multim.com/colloqueABQ-SLV2000.html>

21^e congrès

de l'Association des biologistes du Québec

les 31 octobre, 1^{er} et 2 novembre 1996
Hôtel Hilton, Québec

**L'état du Saint-Laurent vous préoccupe ?
Vous avez une vision d'avenir au sujet de
ce grand Fleuve !**

**L'Association des biologistes du Québec et
les ministères partenaires de Saint-Laurent
Vision 2000 vous convient au colloque
*Le Saint-Laurent pour la vie.***

Frais d'inscription

	Avant le 11 octobre	après le 11 octobre
Membre de l'ABQ	90 \$	120 \$
Non-membre	110 \$	150 \$
Étudiant à temps plein	50 \$	50 \$

Canada

Québec

abq

Saint-Laurent
Vision 2000

NORTEL
NORTHERN TELECOM
Présente

TÉLÉ SCIENCE

DU 17 AU 27 OCTOBRE 1996
QUÉBEC: MUSÉE DE LA CIVILISATION
MONTRÉAL: CINÉMA DU CAFÉ ÉLECTRONIQUE



© Dan McCoy / RAINBOW / RAMTEK



Gouvernement du Québec
Ministère de la Culture
et des Communications

Télé-Québec

Québec



Agence spatiale
canadienne

SPAR

Ordre
des ingénieurs
du Québec

PRATT & WHITNEY
CANADA

VILLE DE
québec



MUSÉE DE LA
CIVILISATION



Ville de Montréal



Les guides 1997 de choix de Carrière

Q

Demandez notre dépliant

Quelle profession

choisir ?



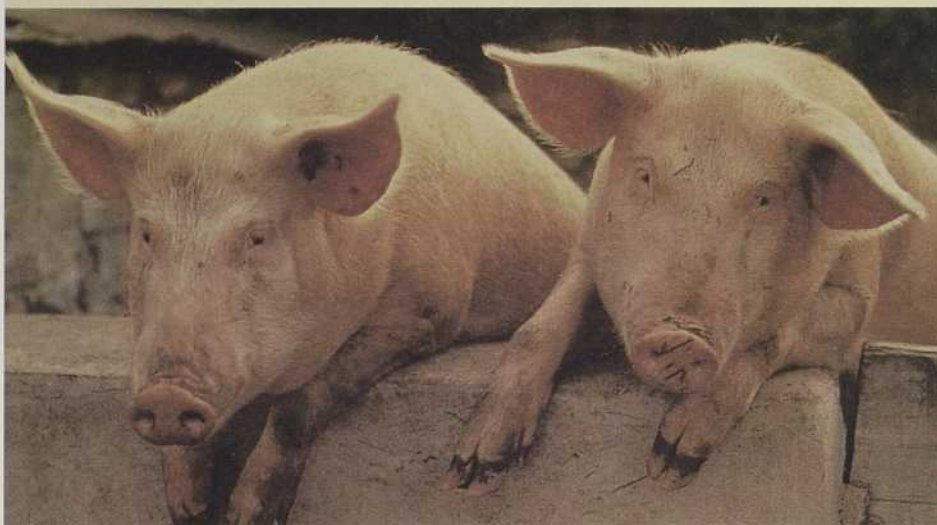
- Formations
- Emplois
- Perspectives
- Tâches
- Milieux de travail
- Salaires
- Taux de placement

La collection **Ma Carrière** couvre plus de 350 professions de la formation secondaire, collégiale et universitaire. La façon idéale de découvrir le monde du travail et les formations pour y parvenir! Plus de 800 rencontres avec de jeunes professionnels, avec des enseignants et avec des employeurs qui recrutent.

9 titres disponibles:

- Les Carrières de la formation universitaire 1997
- Les Carrières du collégial 1997
- Les Carrières de la comptabilité 1997
- Les Carrières de l'ingénierie 1997
- Les Métiers de la formation professionnelle au secondaire 1996
- Les Carrières du droit 1996
- Les Carrières de la médecine 1996
- Les Carrières de l'administration 1995-96
- Les Carrières de sciences et technologies 1995-96

ma **CARRIÈRE**



Don d'organes : les porcs à notre secours

Les organes du porc seraient parfaits
pour réaliser des greffes chez l'humain.
Mais êtes-vous prêt à marcher, courir et dormir
avec un cœur de porc dans la poitrine ?

par Claire Gagnon

Bientôt, de grands malades devraient pouvoir vivre, et bien vivre, grâce à la transplantation d'organes de porc. « Ce n'est pas de la science-fiction », dit l'immunologiste Éric Wagner, qui collabore avec les chercheurs d'un grand centre américain de xénotransplantation. Au rythme où la science progresse dans ce secteur hypercompétitif, il semble que les premières transplantations d'organes de porc sur l'humain se feront d'ici cinq ans.

Cinq ans, c'est très long pour ceux qui vivent sur la corde raide dans l'attente d'un organe. Mais c'est aussi très peu pour ceux qui s'interrogent sur la pertinence d'une percée scientifique qui fera allègrement tomber de nouvelles barrières éthiques.

Pourquoi des organes d'animaux ? Depuis des années, il existe une pénurie dramatique d'organes humains, ce qui incite les chercheurs à tenter de greffer chez l'humain le cœur, les poumons, le foie, le pancréas ou les reins d'un porc. Aux États-Unis, 40 000 personnes ont besoin d'un nouveau cœur, mais à peine 2 200 d'entre elles l'obtiendront. Au Québec, plus de 500 personnes attendent une transplantation. Ils sont près de 5 000 en France et 20 000 dans toute l'Europe. « Avoir accès rapidement et en tout temps à n'importe quel organe grâce à la xénotgreffe est le rêve de tout chirurgien », constate le docteur Raynald Roy, directeur du Laboratoire d'immunologie et de transplantation du Centre hospitalier de l'Université Laval.

Si elle paraît futuriste, cette approche n'est pourtant pas nouvelle. Le réflexe premier des chirurgiens du début du siècle fut de transplanter des organes d'animaux. La raison en est simple : à l'époque, explique Éric Wagner, la notion de mort biologique était différente de celle qui prévaut aujourd'hui. On estimait qu'un homme était mort quand son cœur avait cessé de battre (aujourd'hui, c'est l'arrêt des fonctions du cerveau qui sert d'indicateur), si bien que les tissus prélevés sur un cadavre étaient souvent inutilisables. « Et puis, ajoute-t-il, l'utilisation de l'humain soulevait des problèmes éthiques. On a donc expérimenté la transplantation à partir d'organes d'animaux. »

La première tentative remonte à 1906. Le chirurgien lyonnais Mathieu Jaboulay tenta alors de greffer le rein d'un porc à une femme atteinte d'insuffisance rénale. Un échec total ! Par la suite, la médecine a délaissé l'idée au fur et à mesure que la recherche faisait des progrès en matière de transplantations humaines. On a tout de même tenté 30 xénotgreffes entre 1962 et 1992.

Wagner, qui travaille avec l'équipe de Jeffrey Platt, les résultats préliminaires seraient concluants. La compagnie Nextran, partenaire du géant pharmaceutique Baxter, a également reçu de l'agence américaine Food and Drug Administration l'autorisation d'effectuer des essais cliniques chez l'homme, un programme qui devrait débiter d'ici deux ans.

La première barrière à franchir pour faire battre un cœur de porc dans la poitrine d'un homme est celle de l'inexorable rejet hyperaigu. En moyenne, la durée de survie d'un cœur de porc non modifié génétiquement est d'à peine une trentaine de minutes. Le grand coupable serait l'incompatibilité immunologique.

En gros, voici ce qui se passe. Dès qu'un chirurgien suture les vaisseaux du cœur et que le sang fait irruption dans le greffon porcin, les anticorps du receveur entrent en action. Ces petits soldats cellulaires naturellement présents dans le sang sont d'une redoutable efficacité. Certains d'entre eux (surtout des immunoglobulines de type IgM) reconnaissent spécifiquement quelques-uns

Bilan des opérations :
30 morts.

Mais, depuis les cinq dernières années, les phénomènes de rejet lors de la xénotgreffe sont de mieux en mieux compris, et on estime être aujourd'hui très près du but. Déjà, au laboratoire du docteur Jeffrey Platt, un médecin américain considéré comme une sommité en la matière, on perfuse un foie de porc avec du sang humain. Et, selon Éric

des antigènes (cellules étrangères) du porc, et particulièrement Gal-alpha-1-3-Gal, un carbohydrate se retrouvant à la surface des cellules qui tapissent l'intérieur des vaisseaux de l'organe du porc. Pour les anticorps, c'est la première cible à atteindre.

Dès qu'ils reconnaissent l'envahisseur, les anticorps partent au front et se fixent aux cellules étrangères. Ce corps à corps déclenche l'activation d'un mécanisme de défense du corps humain, le système du complément, l'une des pièces centrales de l'immunité. Cette « arme » chimique comporte neuf molécules, assemblées en séquence, dont l'action est foudroyante. En quelques minutes seulement, elles réussissent à percer l'enveloppe externe des cellules étrangères. Les conséquences sont fatales : blocage massif des petits vaisseaux de l'organe par des caillots sanguins (thrombus), échappement de sang vers l'intérieur du xénogreffon (hémorragie interstitielle) et accumulation de fluide (œdème). C'est la fin du cœur greffé.

Pour contrer cette réaction immune fulminante, il faut parvenir à modifier la cascade d'événements moléculaires et empêcher l'attaque du complément. Et c'est exactement ce filon que les chercheurs suivent maintenant. L'approche la plus prometteuse : concevoir un animal transgénique.

« C'est LA stratégie à la mode », explique Éric Wagner. Il s'agit en quelque sorte « d'humaniser » le porc en le manipulant génétiquement afin de rendre ses organes plus tolérables pour l'humain. Jusqu'ici, plusieurs équipes de recherche, en Europe et aux États-Unis, ont commencé à produire des porcs transgéniques dont le génome code la production de molécules humaines qui bloquent le fameux système du complément. « Deux de ces molécules humaines (CD55 et CD59) ont été introduites avec succès dans de nouvelles lignées de porcs », dit Éric Wagner. On plantera bientôt certains organes de ces porcs chez des singes.

Les premiers résultats sont encourageants : greffé chez un babouin, le cœur d'un porc humanisé peut survivre en moyenne une dizaine d'heures au lieu des 60 à 90 minutes habituelles. Le groupe du médecin britannique David White, le plus avancé au monde dans ce secteur, vient de réaliser une autre

prouesse. L'équipe a transplanté un cœur de porc transgénique chez un jeune macaque soumis à un traitement immunosuppresseur, une thérapie qui empêche le rejet classique des organes humains. Le cœur est resté en activité pendant plusieurs semaines.

La première barrière, celle du rejet hyperaigu, est donc franchie. « Mais passé cette frontière, nous sommes dans l'obscurité », admet Éric Wagner. En fait, comme pour une transplantation d'organe humain, la survie de la greffe porcine est menacée par les rejets aigus et chroniques qui peuvent se produire au cours des semaines, des mois ou des années qui suivent l'opération, explique le docteur Raynald Roy. « On ne sait pas quel type de réaction immunitaire suivra, dit-il. Et il reste encore beaucoup à faire pour comprendre tous les mécanismes de rejet et de tolérance à une xénogreffe. »



Chirurgie sur le porc effectuée à la faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'Université Laval. L'animal est recouvert d'un champ stérile. Le but de la chirurgie dans ce cas-ci est de récupérer les embryons. Les embryons sont microscopiques : on doit donc laver l'oviducte et regarder au microscope pour les trouver.

On peut également se demander pourquoi les chercheurs se sont intéressés aux organes du porc plutôt qu'à ceux du chimpanzé, par exemple. Surtout qu'en raison de sa similarité génétique le singe est considéré comme un donneur de choix pour l'humain. Il faut rappeler qu'il y a 20 millions d'années, le gène qui contrôle la molécule Gal-alpha-1-3-Gal a été inactivé chez l'homme, mais aussi chez l'espèce apparentée, le chimpanzé ou le babouin. En d'autres mots, le singe est un donneur de xénogreffes concordantes. Donc, pas de rejet hyperaigu possible.

Mais il existe plus d'un motif d'avoir mis cette option de côté.

D'abord, en ayant recours aux organes du

chimpanzé, on courrait le risque d'une dangereuse contamination infectieuse. Ces animaux sont en effet porteurs de virus qui pourraient éventuellement attaquer l'homme. Notamment un virus similaire à celui du sida ainsi que le STLV, qui cause des leucémies et des lymphomes et qu'on retrouve chez 40 % des babouins. La récente épidémie de fièvre hémorragique due au virus Ebola illustre le sérieux de cette menace. De plus, l'animal ne s'élève pas facilement en captivité, sa croissance est lente (de 7 à 10 ans pour qu'un de ses organes ait une taille suffisante pour la transplantation) et sa fréquence de reproduction est faible. Dernier argument, et de taille : sacrifier des babouins pour leurs organes est beaucoup plus mal vu dans le grand public que tuer des porcs qu'on envoie déjà à l'abattoir en quantités industrielles.

On a donc choisi le porc qui, malgré les apparences, est proche de l'homme par sa physiologie et son anatomie, puisque la grosseur et la structure de ses organes s'apparentent à ceux de l'humain. Et, contrairement au singe, il possède très peu d'agents infectieux pouvant être transmis à l'homme, il atteint une taille adéquate vers six mois et ses portées sont nombreuses. Il faut ajouter que l'industrie alimentaire utilise environ 90 millions de porcs par année aux États-Unis seulement. C'est dire que moins de 0,1 % de ce nombre suffirait à combler la demande d'organes dans ce pays.

Cependant, même si le porc semble un candidat idéal, il reste d'autres embûches sur la route des

chercheurs. Ainsi, sur le plan éthique, constate le médecin, la xénotransplantation soulève énormément de questions. Et déjà quelques levées de boucliers. « La science peut régler la question du rejet, dit-il. Mais c'est une autre histoire de savoir si le transfert de gènes humains à des animaux est acceptable du point de vue éthique. » En Europe et aux États-Unis, des groupes de pression ont commencé à s'opposer à l'utilisation des animaux transgéniques pour des applications pharmaceutiques. Et puis, se demande le chercheur en esquissant un sourire dubitatif : « Est-ce que les gens eux-mêmes vont accepter de recevoir un cœur de porc ? »

« Fait au Québec »

Il y aura un tout petit peu d'humain chez des porcelets qui devraient bientôt naître dans un centre de recherche québécois.

La naissance des premiers porcelets québécois dotés d'une partie d'un gène humain est prévue pour bientôt. C'est la première fois qu'on tente l'expérience sur des animaux de ferme au Canada. « Depuis un an, nous avons manipulé environ 600 embryons pour y intégrer un gène chimérique, moitié rat, moitié humain », explique François Pothier, du Centre de recherche en biologie de la reproduction de l'Université Laval. Mais même si la transgénèse chez le porc a un très faible taux de succès, à peine 0,4 %, le chercheur croit qu'en raison du nombre d'essais tentés l'équipe devrait bientôt obtenir un nouveau-né positif.

La recherche est effectuée pour le compte de Génétiporc, une entreprise de Sainte-Christine-de-Portneuf spécialisée en génétique porcine. Le but de l'exercice : prendre le haut du pavé de l'industrie alimentaire porcine avec un supernal animal une fois et demie plus gros que les porcs normaux, moins gras, plus prolifique et au développement plus rapide. Avec la sélection génétique traditionnelle, il faudrait plusieurs générations pour arriver au même résultat.

Le marché de la transgénèse a de plus en plus des allures surréalistes. L'une des voies les plus prometteuses est sûrement celle des xénogreffes, qui pourraient investir le lucratif marché de la transplantation d'organes humains, évalué à 1,1 milliard de dollars. Mais les « constructeurs » d'animaux voient plus loin et lorgnent du côté des entreprises pharmaceutiques à qui ils pourraient offrir des produits dérivés de bêtes génétiquement « humanisées ».

En Hollande, par exemple, une vache donne déjà du lait à saveur de lactoférine, une protéine humaine qu'on retrouve dans le lait maternel et qui permet aux nourrissons d'assimiler le fer. Ailleurs dans le monde, il existe quelques chèvres, lapins et brebis transgéniques dont le lait renferme différentes protéines humaines utilisées à des fins médicales.

La technique est dispendieuse : il en coûte 8 000 dollars pour produire un seul lapin transgénique, 60 000 pour un mouton ou un porc et un demi-million pour une vache ! Il faut dire que le rendement de l'animal est

proportionnel à son coût de fabrication. D'abord, les animaux modifiés transmettent leurs caractéristiques à leurs descendants. On ne recommence donc pas l'opération à chaque fois. Et puis, le créneau des dérivés pharmaceutiques est une histoire de très gros sous. Par exemple, une truie dont le lait sécrète du facteur IX — un produit utilisé par les hémophiles et qui se vend 25 000 dollars le gramme — peut potentiellement rap-



Embryon animal au premier stade de développement à une cellule. Une pipette retient l'embryon pour l'immobiliser et l'autre pipette contient l'ADN qui sera microinjecté dans l'un des noyaux de l'embryon. C'est ainsi qu'on réalise des modifications génétiques.

porter 1 875 000 dollars à son propriétaire (si la truie produit 250 litres de lait par année) !

Cependant, produire un animal transgénique, c'est presque s'adonner aux caprices d'un jeu de hasard. À partir d'une centaine d'embryons ayant subi des micro-injections, on ne peut espérer obtenir plus de cinq souris transgéniques, explique François Pothier. Chez le porc, le taux de réussite est encore plus faible : de 0,4 à 1 %. « Et même s'il y a intégration du gène étranger aux chromosomes, dit-il, dans deux cas sur cinq l'animal sera mis de côté parce que le gène ne sera pas exprimé correctement. »

Le transgène qui est ajouté au bagage gé-

nétique de l'animal est lui-même un assemblage maison. Dans le cas des premiers porcelets transgéniques québécois, les chercheurs ont fabriqué un gène qui a un peu de l'humain et du rat. Rappelons qu'un gène a deux composantes principales : la partie régulatrice et la partie codante. La première, qui pourrait être comparée au système d'exploitation d'un ordinateur, signifie à l'organisme quand et où fabriquer une protéine. La seconde, qu'on pourrait comparer à un logiciel, lui indique quoi fabriquer.

Pour construire des porcs ultraperformants, l'équipe de François Pothier a donc fait appel à une partie de gène provenant du rat. Puis, pour le second morceau du puzzle, la partie codante, elle a utilisé un gène... humain. Bien sûr, il ne s'agit que d'un seul gène préfabriqué parmi les 100 000 que possède un porc, mais on peut quand même se demander si le consommateur acceptera de manger de la viande qui contient un peu d'humain et de rat...

D'ailleurs, comme pour la xénotransplantation, cette biotechnologie soulève et soulèvera encore longtemps la controverse. Par exemple, François Pothier indique qu'une compagnie américaine a récemment produit des porcs qui synthétisent de l'hémoglobine humaine. Une fois le sang synthétisé vendu, l'entreprise écoulait les carcasses dans des boucheries. Du moins, jusqu'à ce que des consommateurs avertis de la chose se plaignent du fait qu'il pouvait rester un peu d'hémoglobine humaine dans les capillaires de l'animal. Ce qui signifiait, à leurs yeux, qu'ils allaient littéralement manger des protéines humaines. Une pratique qui s'apparente, disaient-ils, au cannibalisme ! « Malheureusement, se plaint le chercheur, ce genre d'argument farfelu trouve toujours beaucoup d'adeptes ! »

François Pothier croit au contraire que l'arrivée imminente de la xénotransplantation est la plus belle application qu'on puisse trouver à la transgénèse. « À l'heure actuelle, dit-il, les organes de porc finissent en saucisses et en nourriture pour chats. Faire d'un porc un donneur d'organes vient ennoblir le rôle de l'animal. » ●

Claire Gagnon et Michel Carignan

L'UNIVERS

Il y a une trentaine d'années, on était encore peu enclin à accorder le statut de science à la cosmologie. Au mieux, on la rangeait au rayon de la philosophie. C'est un Canadien, Jim Peebles, qui lui a donné ses lettres de noblesse.

Astrophysicien et cosmologue, Jim Peebles enseigne à l'Université de Princeton depuis plus de 35 ans. Il est considéré comme l'un des fondateurs de la cosmologie. En 1971, alors qu'il n'avait que 36 ans, la parution de son livre *Physical Cosmology* a eu, sur sa discipline, un impact comparable à celui qu'a eu *L'origine des espèces* de Darwin sur les naturalistes de l'époque victorienne. Son livre est devenu le plan directeur de toute recherche future. « Je suis un empiriste, un pragmatique, affirme Jim Peebles. J'admire les spéculations abstraites, les audacieuses et élégantes envolées théoriques, mais je ne me range pas parmi les chercheurs qui en font. Pour moi, la cosmologie, ça se vérifie par l'observation. »

Notre collaborateur Roger Tétrault l'a rencontré à Princeton.

par Roger Tétrault, en collaboration avec Raymond Laflamme, chercheur au Los Alamos National Laboratory, Nouveau-Mexique

Il y a bien peu de choses dans l'Univers, estiment les cosmologues. En effet, par rapport à son volume, l'ensemble de la matière que l'Univers contient compte pour très peu : à peine l'équivalent d'un atome d'hydrogène pour 10 mètres cubes (en comparaison, l'air que nous respirons contient, lui, 3×10^{25} atomes dans chaque mètre cube). Et si cette estimation de la quantité de matière dans l'Univers est juste, il serait... plat.

Si l'image d'une feuille de contreplaqué vous vient à l'esprit, vous n'avez pas complètement tort. Mais, pour déterminer si l'Univers est plat ou non, il faut d'abord évaluer si la « quantité » d'espace dans l'Univers est finie ou infinie. Si elle est finie, les frontières de l'Univers sont recourbées sur elles-mêmes, comme une sphère. Si elle est infinie, l'Univers s'étend à l'infini dans toutes ses dimensions. Et sa courbure, s'il y en a une, est indétectable.

Et qu'est-ce qui détermine cette géométrie de l'Univers ? « C'est l'ensemble de toute la matière et sa répartition, affirme Jim Peebles. C'est la matière, sa densité, qui sculpte l'Univers. C'est elle qui délimite les contours ultimes, les frontières du « contenant », sa géométrie. »

Pourquoi tant s'intéresser à la forme de l'Univers ? Parce qu'elle annonce ce que sera son destin. En fait, le destin de l'Univers est lié à la quantité de matière qu'il contient.

À ce sujet, la théorie de la relativité générale estime qu'il y a trois possibilités : l'Univers est fermé, ouvert ou plat.

Si la densité de matière est suffisamment grande, l'Univers est fermé : les forces de gravitation engendrées par cette densité freineront éventuellement l'expansion et le processus sera renversé. L'Univers se repliera sur lui-même jusqu'à l'écrasement final (le fameux « Big Crunch »).

Si la densité de matière est petite, l'expansion se poursuivra indéfiniment, l'Univers se diluant et se refroidissant sans cesse. On dira alors que l'Univers est « ouvert » ou en forme de « selle de cheval ».

Enfin, si la densité de matière est située

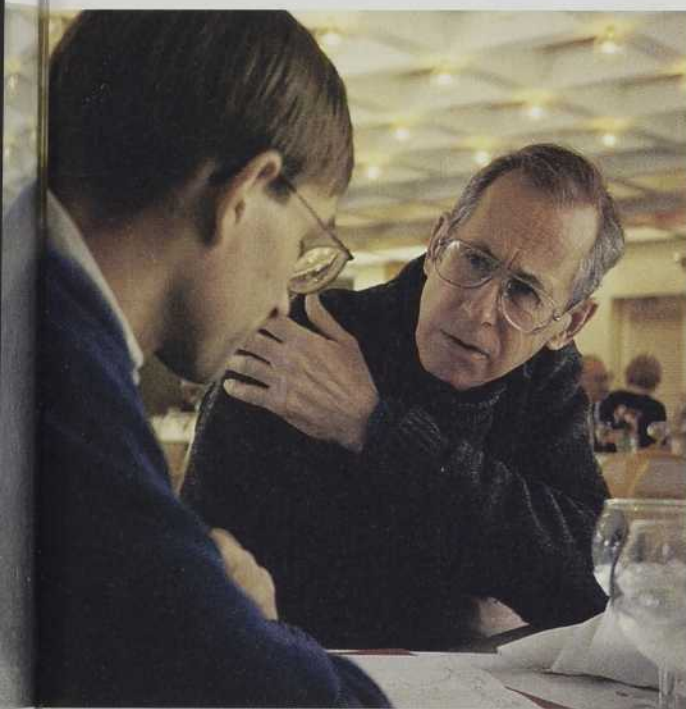
précisément à la frontière entre les deux valeurs précédentes, l'expansion ralentira graduellement, cessera peut-être, mais ne se renversera jamais. On dit alors que l'Univers est plat et qu'il possède la « masse critique ». Celle-ci est évaluée à 5×10^{-30} gramme de matière par centimètre cube d'espace : l'équivalent d'à peu près un atome d'hydrogène pour 10 mètres cubes d'espace. Comparer la densité réelle de l'Univers à cette densité critique permettrait donc, d'une certaine façon, d'entrevoir ce que sera notre avenir...

Pour y parvenir, il faut réussir à calculer la masse réelle de l'Univers et la comparer à la masse critique.

Actuellement, si nous calculons toute la masse visible de l'Univers, nous n'obtenons qu'environ 10 % de la masse critique. « La matière est à la fois dense et diluée dans l'Univers, poursuit Jim Peebles. À l'échelle globale de l'Univers visible, la matière est extrêmement diffuse, ténue : environ 1 proton (10^{-13} cm de diamètre) par mètre cube. Par contre, à une échelle beaucoup plus restreinte, celle des êtres vivants, des choses, des planètes, la matière est très dense : un être humain adulte contient approximativement 10^{25} protons ! »

Notre Univers est essentiellement constitué de galaxies, de gaz et de poussières. Les galaxies sont elles-mêmes groupées en amas (des milliers de galaxies) et ces amas, en superamas (des millions de galaxies). On peut également observer, ici et là, de colossaux groupements d'amas et de superamas appelés MURS. Ces MURS sont séparés par des distances tout aussi gigantesques : entre eux, il existe des « vides » s'étendant sur 200 à 400 millions d'années-lumière !

EST-IL PLAT?



« La cosmologie est une science difficile et complexe, dit Jim Peebles. Ce qui me préoccupe parfois, c'est que nous nous approchons de la frontière des questions pertinentes, utiles à poser. » On le voit ici en train de discuter avec l'astrophysicien québécois Raymond Laflamme.

À ces caractéristiques générales, il faut ajouter que 98 % de la matière dans notre Univers n'est constituée que de 2 éléments qui figurent parmi les plus simples : 74 % d'hydrogène (1 proton et 1 électron) et 24 % d'hélium (2 protons et 2 électrons). Tous les autres éléments de base (carbone, oxygène, fer, or, etc.), ceux qui ont construit les êtres et les choses que nous connaissons, ne comptent que pour le maigre 2 % restant. Du point de vue de l'Univers, nous sommes donc véritablement une minorité à peine visible...

Mais même cette « petite » quantité de matière n'est pas simple à calculer. En fait, depuis les années 30, l'astrophysique traîne un cadavre dans ses placards : celui de la masse manquante de l'Univers. Dans les années 30, l'Américain Fritz Zwicky

avait bien tenté d'attirer l'attention sur l'existence possible de matière invisible dans l'Univers en basant sa thèse sur l'observation de mouvements inexplicables de plusieurs galaxies, mais on ne l'avait guère écouté.

Quarante ans plus tard, Jeremiah Ostriker et Jim Peebles arrivent aux mêmes conclusions à la suite de travaux sur la stabilité gravitationnelle des galaxies en spirale. Celles-ci devraient normalement se fragmenter au cours de leur rotation à cause des vibrations déclenchées par la répartition

inégaie de leur masse. Or, elles sont stables — notre propre galaxie nous le démontre. La seule explication : le disque visible d'une galaxie est enchâssé dans une masse de matière beaucoup plus grande et étendue, mais invisible, qui amortit les vibrations. D'où la stabilité des spirales.

Cette « matière noire », comme on l'appelle également, constitue encore aujourd'hui l'une des grandes énigmes de la cosmologie moderne. Certains astrophysiciens estiment qu'environ 90 % de la masse de l'Univers serait ainsi constituée de matière qu'on ne voit pas, de matière non lumineuse en quelque sorte.

Quatre-vingt-dix pour cent, c'est énorme !

Alors, quelle est la nature de cette matière ? Plusieurs hypothèses ont été étudiées : particules nucléaires diverses sous forme de nuages de gaz ou de poussières, objets planétaires ou stellaires invisibles à de grandes distances, trous noirs, etc. Mais aucune de ces hypothèses ne résiste à toutes les vérifications. Or, le problème de la masse manquante n'est pas trivial : le résoudre apporterait une foule de réponses

nécessaires à une meilleure compréhension de la nature de notre Univers. Une nature qui dépend essentiellement de la densité (quantité) de matière qu'il contient et de sa distribution. Cette quantité de matière détermine également son évolution, son histoire.

À ce sujet, les convictions de Jim Peebles sont fermes. Il croit que la densité réelle de l'Univers est près de la densité critique. « Non seulement, dit-il, l'Univers ne manifeste aucun signe de contraction, mais pour qu'aujourd'hui nous observions une densité si près de la densité critique, il faut que cette densité de matière ait été l'une des conditions initiales à la naissance de l'Univers, au Big Bang. »

De plus, selon lui, il est plus facile d'expliquer les structures actuelles de l'Univers si la densité de matière réelle est près de la densité critique. « Il n'y a aucune raison pour que toute la matière de l'Univers soit détectable, dit Jim Peebles. Mais je ne crois pas que 90 % de la masse réelle soit invisible. » Par contre, le cosmologue est prêt à accepter l'idée que 40 % de la masse est non visible. « S'il y avait autant de masse manquante qu'on l'affirme, on devrait voir plus de protogalaxies entre les galaxies. Or, on n'en voit pas. »

« La cosmologie est une science difficile et complexe, poursuit Jim Peebles. Ce qui me préoccupe parfois, c'est que nous nous approchons de la frontière des questions pertinentes, utiles à poser. Et notre technologie ainsi que nos moyens financiers et intellectuels peuvent nous permettre d'y apporter des réponses. »

De plus, ajoute le cosmologue, une théorie physique est toujours une approximation de la réalité, c'est-à-dire une histoire exacte dans ses grandes lignes, mais dont tous les détails ne sont pas encore connus. La réalité et le « destin ultime » de l'Univers sont donc des questions expérimentales et non des questions théoriques. « C'est la nature qui nous donnera les réponses, dit-il. Et quel que soit le sens de l'Univers, il nous revient de le découvrir. » ●

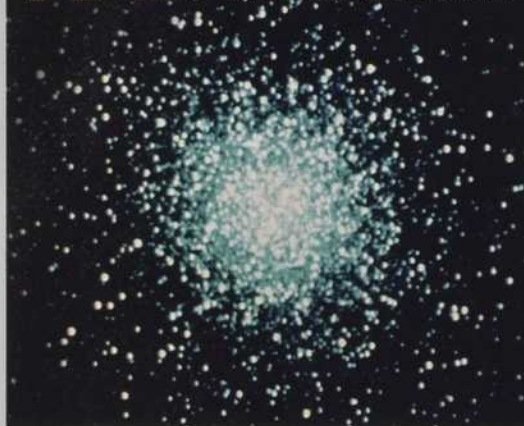
Comment est née la matière ?
Par accident !

Selon le modèle standard du Big Bang, au cours des premières fractions de seconde de son existence, l'Univers aurait produit en quantités égales matière et antimatière. Dans chaque camp, les forces étaient identiques : particules et antiparticules se sont donc annulées les unes les autres. Puis, entre 0,000 000 000 1 (10^{-10}) et 0,000 4 (10^{-4}) seconde de son existence, en raison d'une légère et rare asymétrie des réactions d'échange et de métamorphose entre matière et énergie, un minuscule surplus de matière va survivre et notre Univers va naître. Minuscule ? De l'ordre de un pour un milliard : autrement dit, un milliard PLUS UN protons pour un milliard d'antiprotons ! L'ouverture était mince...

À sa naissance, le bébé est inimaginablement confiné, dense, chaud et presque homogène. Pendant une minifraction de seconde, sa taille croît de façon exponentielle : d'un diamètre approximatif de 10^{25} cm, il enflera brusquement d'un facteur de 10^{50} à $10^{1\,000\,000}$, selon la version du modèle inflationniste privilégiée. Cette expansion le refroidit un peu et l'énergie libérée se condense pour former les matériaux de base de la matière : protons, neutrons et électrons. La gravité entre alors en action et commence à freiner l'expansion.

Au cours des deux minutes suivantes, protons et neu-

LES ORIGINES DE LA MATIÈRE



trons commencent à fusionner pour former les noyaux des premiers éléments : hydrogène, deutérium, hélium et lithium. L'Univers a alors la densité de l'eau. L'énergie dégagée par toutes ces réactions est intense et encore très confinée : particules de matière et photons d'énergie sont coude à coude et se bousculent sans cesse.

Cette activité se poursuit tout au long des 300 000 années qui suivent. La température continue à décroître en fonction de l'accroissement de la taille de l'Univers. Graduellement, les électrons voient leur marge de manœuvre augmenter et ils commencent à s'accoupler avec les noyaux déjà formés pour créer les premiers atomes stables. Cette matière qui

prend forme et les photons énergétiques issus de cette activité se dissocient, et les photons, libérés de leur confinement, peuvent maintenant circuler librement dans l'Univers.

Le rapport nucléons (protons, neutrons ou électrons)/photons est énorme : un nucléon pour trois milliards de photons. D'opaque, l'Univers devient progressivement transparent. Quand on parle du rayonnement de fond, c'est de ces radiations-là, de cet écho photonique en quelque sorte, dont il est question. Se refroidissant sans cesse sous l'action de l'expansion, elles remplissent le volume de l'Univers et témoignent de la structure qu'il avait 300 000 ans après sa naissance. Pourquoi ? Parce que les minuscules variations de température et la distribution de cet écho forment une sorte d'empreinte digitale de l'époque où, confinées, matière et radiation interagissaient violemment. Il est important de souligner que si nous pouvons détecter ce rayonnement fossile, c'est qu'il est confiné à l'intérieur de la géométrie de l'Univers.

Au cours des deux milliards d'années suivantes, la matière est suffisamment dense pour que les forces de la gravité se manifestent. Sous leur influence se forment les premiers quasars, étoiles et protogalaxies. L'Univers entre dans son âge industriel. À l'intérieur de ces étoiles, les éléments légers fusionnent pour créer les autres éléments, plus lourds. Ce sont ces éléments qui permettront, beaucoup plus tard, la constitution des planètes et l'éclosion de la vie. Une première génération d'étoiles explose, et leurs éléments se dispersent dans les gaz et poussières interstellaires, formant la semence de futures générations d'étoiles.

Durant les trois milliards d'années suivantes, les galaxies poursuivent leur évolution, et on voit progressivement apparaître les amas et les superamas de galaxies, puis une deuxième génération d'étoiles.

Encore cinq milliards d'années plus tard, les premiers systèmes planétaires naissent autour de certaines étoiles : les matériaux de base pour créer la vie sont maintenant présents.

Enfin, c'est au cours des derniers cinq milliards d'années que, sur certaines planètes, les conditions environnementales sont favorables à l'enclenchement de processus chimiques. Des atomes se combinent, forment des chaînes et des molécules, lesquelles se transforment en liquides et solides complexes, ceux que nous connaissons aujourd'hui. ●

Roger Tétreault



*Saviez-vous
que votre vue en dépend ?*

PARLEZ-EN À UN OPTICIEN



ORDRE DES OPTICIENS
D'ORDONNANCES DU QUÉBEC

une ressource pour la vue

1-800-563-6345

3446, rue Saint-Denis, bureau 201, Montréal (Québec) H2X 3L3
Téléphone: (514) 288-7542 Télécopieur: (514) 288-5982

Le véritable héritage de Descartes

Pour Descartes, la distinction entre « science » et « philosophie », maintenant coutumière, n'existait pas. Bien au contraire, son projet liait ensemble toutes les connaissances. C'était un projet ambitieux. Par exemple, il écrit à son correspondant privilégié, le père Marin Mersenne : « je me suis résolu d'expliquer tous les phénomènes de la nature, *c'est-à-dire toute la physique* ». Le célèbre *Discours de la méthode*, paru en 1637, devait d'ailleurs s'appeler *Le projet d'une science universelle*...

Toute la physique, ce n'est pas peu, surtout qu'à l'époque la « physique » englobe la connaissance de tous les objets matériels, et donc aussi la chimie et la biologie.

Descartes avait étudié de 1607 à 1615 au Collège jésuite de La Flèche (qui servit de modèle au Collège des Jésuites fondé à Québec en 1635). La formation qu'on y donnait se terminait par trois années durant lesquelles, sous l'appellation de « philosophie », on enseignait la logique, la physique et la métaphysique d'Aristote. Or, justement, le projet de Descartes, ce fut de remplacer Aristote, de se substituer à lui dans l'enseignement des collèges et des universités.

Plus tôt, d'autres penseurs avaient déjà adopté une semblable attitude critique, comme Francis Bacon qui avait publié en 1620 un *Novum Organum*, c'est-à-dire une « nouvelle logique », pour remplacer celle d'Aristote, jugée stérile. Mais l'originalité de Descartes, c'est qu'il ne visait pas seulement à critiquer Aristote et à présenter quelques découvertes, quelques vérités nouvelles comme la plupart de ses contemporains novateurs et comme le fait de nos



René Descartes est né il y a 400 ans. Pareil anniversaire ne manque jamais de susciter un feu d'artifices de clichés (« Descartes, c'est la France », « Descartes, le père de la science moderne », « les Français ont l'esprit cartésien »). Mais ce peut être aussi l'occasion d'un bilan : la grandeur de Descartes comme philosophe est incontestable, mais qu'en est-il de sa contribution scientifique ?

par Camille Limoges et Yves Gingras¹

jours un « scientifique ». Beaucoup plus ambitieux, il proposait rien de moins que de construire une philosophie aussi complète que celle d'Aristote, mais qui serait incontestablement vraie.

Comment atteindre ces vérités indubitables, que personne ne pourrait réfuter ? Les sceptiques et les incrédules de son temps affirmaient ne croire qu'aux vérités mathématiques, seules susceptibles de démonstrations rigoureuses. Descartes, lui, prétendra

avoir trouvé une sorte de « mathématique universelle », plus fondamentale encore que la géométrie et l'algèbre, qui permettrait de raisonner avec certitude sur tout. J'expose, écrit-il, « une autre science » qui part des « premières semences de vérité, déposées par la nature dans l'esprit humain » et qui n'a qu'à se développer « pour faire sortir des vérités de quelque sujet que ce soit ». Ainsi, tout le savoir peut, selon Descartes, se construire par un enchaînement de raisons aussi rigoureux que dans les mathématiques.

Comme dans la géométrie d'Euclide, dont les axiomes sont acceptés parce qu'évidents, il ne faut admettre pour arriver à la vérité que ce qui est entièrement évident, c'est-à-dire les idées « claires et distinctes ». Il faut organiser sa pensée de manière ordonnée, en allant du simple au complexe, et disposer les idées dans un ordre où chacune dépend de toutes celles qui précèdent et assure l'évidence de toutes celles qui suivent. En somme, il s'agit de raisonner comme le font les géomètres.

Dans l'exposé de la méthode cartésienne, il n'est pas question d'élaborer des hypothèses puis de chercher à les confirmer ou à les réfuter, il n'est pas

question non plus de soumettre la certitude des raisonnements à des mises à l'épreuve expérimentales. Tout se réduit à la déduction logique sur la base de l'intuition des

¹ Camille Limoges et Yves Gingras sont tous deux professeurs d'histoire des sciences au département d'histoire de l'UQAM et chercheurs au Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST).

« idées claires et distinctes » (mais Descartes ne nous dit pas comment les reconnaître à coup sûr, sinon qu'elles s'imposent à l'esprit par leur « évidence »).

Certes, et ses écrits le prouvent, Descartes a tout de même passé un temps considérable à observer, à disséquer. Mais, chez lui, l'expérience est avant tout une source d'informations, ou d'illustrations; elle n'est pas le moment crucial de l'administration de la preuve, comme c'est le cas pour la « méthode scientifique » moderne. Même en médecine, un savoir qui le préoccupera beaucoup — lui qui est mort à 54 ans, mais comptait bien devenir centenaire —, Descartes ne pensait pas en termes d'expériences cliniques, comme on dira plus tard, et il n'acceptait pas de tâtonner comme les médecins empiriques de toutes les époques. Il cherchait « s'il y a moyen de trouver une Médecine qui soit fondée en démonstrations infaillibles ».

En somme, sur la base de sa méthode, Descartes visait une science entièrement et exclusivement démonstrative, on dirait aujourd'hui axiomatique, où tout se déduit à partir de principes certains, ce que Descartes appelle des « vérités éternelles ». Comme cette évidence du fameux *cogito*, « je pense donc je suis », qui lui sert de point de départ pour prouver l'existence de Dieu et pour expliquer tout ce qui existe dans l'univers.

Pour Descartes, il n'y a donc pas de vérité particulière, locale, fragmentaire. Toutes les vérités sont solidaires les unes des autres. On ne connaît vraiment quelque chose comme vrai qu'en remontant toute la chaîne des raisons, jusqu'aux toutes premières évidences.

Aussi, dans la préface des *Principes de la philosophie*, un véritable manuel de physique qui sera le principal véhicule de la diffusion de la science cartésienne, il insiste : « toute la Physique doit être appuyée sur les vérités de la Métaphysique ». Cette dépendance de la physique à l'endroit de la métaphysique lui paraît si cruciale qu'il n'hésitera pas à se séparer avec fracas de disciples qui prétendent répandre sa physique sans d'abord reprendre dans leur enseignement la suite de ses démonstrations sur le *cogito*, l'existence de Dieu, les idées innées, la séparation totale de la matière et de l'esprit, etc.

On comprend mieux la nature du projet de Descartes, on a presque envie de dire son dogmatisme, quand on compare ses positions avec celles de son grand contemporain italien. Galilée critique lui aussi la philosophie d'Aristote et surtout sa physique, mais, contrairement à Descartes, il ne propose pas une philosophie de rechange complète. Il énonce bien quelques principes philosophiques — que « le livre de la nature est écrit en langage géométrique », par exemple —, mais il s'attaque à des problèmes particuliers : aux lois du mouvement, à la nature des comètes, aux corps flottants, aux satellites

de Jupiter, aux taches solaires, etc. Le domaine de phénomènes et de problèmes sur lesquels Galilée théorise n'a pas l'ampleur systématique de la philosophie d'Aristote ou de celle de Descartes. C'est justement pour quoi celui-ci prendra Galilée d'assez haut. Ainsi, après avoir lu son *Discours sur deux nouvelles sciences*, paru en 1638, il jugera que l'auteur n'a pas considéré « les premières causes de la nature » et « ainsi qu'il a bâti sans fondement ».

Parce que Galilée ne proposait pas une base philosophique de laquelle sa physique puisse se déduire, Descartes, encore attaché à l'idéal scolastique de l'unité du savoir, ne sut pas reconnaître le caractère véritablement fondateur de sa contribution intellectuelle.

En fait, la physique de Descartes s'oppose presque point par point à celle de Galilée et, à bien des égards, elle rappelle encore le monde aristotélicien.

Ainsi, pour Descartes, le vide n'existe pas : il y a seulement de la matière et du mouvement. En effet, comme il identifie espace et matière (une décision commode pour justifier l'application de la géométrie aux corps matériels), le vide est impossible. Il s'ensuit aussi qu'une seule sorte de matière existe. Des corpuscules de différentes formes et grosseurs remplissent entièrement l'espace; ce ne sont pas des atomes : comme espace et matière sont identiques, ces corpuscules sont divisibles à l'infini. Certains corps apparaissent plus raréfiés, d'autres plus denses, selon qu'ils contiennent plus ou moins de « matière subtile », un peu comme les pores d'une éponge dans l'air ne contiennent pas du vide mais de l'air. Dans ce monde plein, tout s'explique par le choc des corps; Descartes en énoncera les lois, mais les savants d'Europe les révéleront vite toutes fausses. Pour un cartésien, il n'y avait pas à s'en émouvoir : Descartes avait en quelque sorte prévu le coup. Il avait en effet souligné que ces lois ne s'appliqueraient que dans le vide qui n'existe pas, parce que dans la réalité chaque corpuscule est continuellement en contact avec une multitude d'autres corpuscules, de sorte que les mouvements dans lesquels chacun se trouve impliqué sont trop complexes pour permettre le calcul.

Aussi Descartes rejettera-t-il la loi mathématique de la chute des corps de Galilée; cette loi ne pouvait selon lui être exacte, puisqu'elle ne tenait pas compte de la présence des corpuscules qui environnent chaque corps de toutes parts. Galilée, quant à lui, admettait le vide et les atomes. Il avait justement supposé pour sa démonstration mathématique le mouvement d'un corps dans le vide. Pour Descartes, la loi de Galilée reposait donc sur des postulats par définition imaginaires.

Le crâne de René Descartes, conservé au Muséum national d'histoire naturelle de Paris

Descartes (1596-1650) ne mena pas la vie sédentaire typique du professeur d'université. Il n'occupa d'ailleurs jamais aucun poste dans une institution d'enseignement ou de recherche. Après ses études au Collège de La Flèche, de 1607 à 1615, il étudia le droit à Poitiers, mais il ne le pratiqua jamais. De 1618 à 1621, il mena une carrière militaire qui le fit voyager des Pays-Bas à l'Europe centrale. C'est d'ailleurs aux Pays-Bas qu'il s'installe en 1628 pour travailler en paix, loin des distractions et des tensions de la vie française. Il y restera une vingtaine d'années, changeant assez souvent de domicile et retournant en France pour quelques brefs séjours. En 1649, il accepte l'invitation de la reine Christine de Suède qui désire s'instruire de sa philosophie et s'installe à Stockholm où il meurt quelques mois après son arrivée.

Sa dépouille n'eut pas un destin plus sédentaire. Descartes fut enterré dans un cimetière réservé aux adultes non luthériens (il avait été baptisé catholique) et aux enfants « morts avant l'âge de raison » — situation ironique pour le pen-

Cette opposition de Descartes à Galilée sur ce que nous reconnaissons maintenant comme une loi de base de la mécanique fait bien ressortir le paradoxe de la physique cartésienne : issue du projet d'une « mathématique universelle », cette physique reste fondamentalement une physique qualitative et non quantitative; à cet égard aussi, elle garde un air d'aristotélisme. Aussi, tandis que Galilée se contente de montrer comment les corps tombent à la surface de la Terre, Descartes, lui, veut expliquer pour quoi ils tombent. Il imagine l'univers composé de tourbillons de matière subtile qui tendent à s'éloigner de la surface de la Terre sous l'effet de la force centrifuge qui pousserait vers le sol les corps formés de corpuscules plus grossiers qui ont moins de quantité de mouvement. Comme on peut le voir, on a ici affaire à une explication qui se fonde sur une modélisation, une imagerie mécanique, essentiellement qualitative.

La science astronomique cartésienne est

seur emblématique du rationalisme. En 1667, ses restes furent transférés en France et placés dans le caveau de l'abbaye de Sainte-Geneviève, en plein quartier latin. Ses ossements furent encore déplacés au moment des turbulences de la Révolution.

Toutefois, il semble que son crâne était resté en Suède où soit par curiosité, soit par vénération, il aurait plusieurs fois changé de « propriétaire ».

Apprenant la chose, le grand chimiste Berzelius se porta acquéreur de la relique et, en 1821, en fit don à la France. Georges Cuvier, le fondateur de l'anatomie comparée, inclinait à accepter le crâne comme authentique. Il fait aujourd'hui partie des collections du Muséum national d'histoire naturelle où enseignait Cuvier.



Sur la biographie de Descartes, on peut consulter le livre récent de Geneviève Rodis-Lewis, *Descartes. Biographie*. (Calmann-Lévy, 1996). Les informations relatives aux pérégrinations posthumes de Descartes sont tirées des pages 280 à 284 de cet ouvrage.

tout aussi qualitative que la physique dont elle découle. Copernicien comme Galilée, Descartes a abandonné la thèse d'une planète immobile au centre du monde. Mais, pour lui, c'est encore le modèle des tourbillons de matière subtile qui explique le mouvement circulaire des planètes autour du Soleil. Il expose ses idées dans son traité sur *le monde*, mais à la suite de la condamnation de Galilée, en 1633, il décidera de ne pas le publier. L'ouvrage paraîtra seulement, incomplet, une quinzaine d'années après sa mort.

Même si Descartes écrit « toute ma physique n'est autre chose que géométrie », il ne se montre pas plus réceptif à l'astronomie mathématique de Kepler qu'il ne l'a été à la physique mathématique de Galilée. Il ne manifeste aucun intérêt pour la démonstration de la course elliptique des planètes par Kepler; comme Galilée dans ce cas-ci d'ailleurs, il continue de s'en tenir au cercle qu'il a, depuis Platon au moins, on concevait comme la

seule représentation acceptable d'un mouvement parfait comme celui des planètes.

La dynamique de Descartes, qui nie l'existence du vide, le conduit aussi à affirmer que la lumière du Soleil n'est pas transmise à l'œil à une certaine vitesse (une vitesse que Römer mesurera pourtant 16 ans après sa mort), mais que cette transmission est instantanée. Absolument certain d'avoir raison, Descartes déclara que si l'on pouvait prouver la fausseté de cette thèse, il serait prêt à admettre « totale ignorance en philosophie ». Dangereux pari, qui sera perdu au regard de la postérité !

Malgré tout, l'importance de Descartes en histoire de la physique reste indéniable. C'est que, jusqu'à ce que s'impose la suprématie de la physique de Newton (qui fait la nique à Descartes en intitulant *Principes mathématiques de philosophie naturelle* son grand traité qui rend caducs les *Principes de la philosophie* de celui-ci), pendant trois quarts de siècle, il y eut en Europe une école carté-

sienne de physique, surtout en France et aux Pays-Bas, où Descartes avait passé la plus grande partie de sa vie adulte (pour, disait-il souvent, échapper aux contraintes de la sociabilité française). En physiologie et en médecine aussi, la conception que se faisait Descartes du vivant, le fameux animal-machine dont le fonctionnement serait explicable en termes exclusivement physiques, fut une source d'inspiration souvent féconde, encore que l'influence d'autres penseurs mécanistes, comme Galilée, ait aussi été considérable.

Mais, d'un point de vue rétrospectif, il ne reste guère que deux énoncés de la physique cartésienne : la formulation de la loi d'inertie, que certains attribuent d'ailleurs à Isaac Beeckmann, Pierre Gassendi ou Galilée, et celle de la loi de la réfraction de la lumière, qui fut aussi énoncée par Willebrord Snell au moins 10 ans avant sa publication par Descartes (plusieurs manuels la nomment d'ailleurs aujourd'hui la « loi de Snell » alors que d'autres préfèrent l'appellation « loi de Snell-Descartes »). À ses propres yeux, ce ne sont donc pas ces contributions qui auraient pu sauver son œuvre en physique : comme on l'a vu, Descartes n'appréciait guère les vérités partielles. Pour avoir raison sur un point, croyait-il, il faut toujours avoir complètement raison.

En revanche, en mathématiques, un domaine qu'il affectait pourtant de considérer comme secondaire au regard de la physique, la contribution scientifique de Descartes demeure majeure. L'idée constitutive de la géométrie analytique, celle d'associer des équations algébriques à des courbes sur des coordonnées que l'on continue de nommer cartésiennes, a ouvert un domaine scientifique particulièrement fécond. En fait, c'est surtout sur cette audacieuse avancée en mathématiques que repose aujourd'hui la réputation scientifique de Descartes.

Comme philosophe, Descartes est souvent, et à juste titre, considéré comme inaugurant la philosophie moderne, et il s'avère aujourd'hui encore un penseur incontournable. C'est sans doute cette stature de philosophe et l'influence que sa philosophie a eue sur plusieurs savants des XVII^e et XVIII^e siècles qui ont incité certains auteurs à exagérer la portée de son œuvre savante. Car s'il fallait le jauger sur la seule base de ses contributions scientifiques décisives et n'appartenant pas à un passé dépassé, Descartes occuperait dans les manuels une place assurée certes, mais non pas au tout premier rang avec Galilée et Newton; sa place serait à notre avis plus modeste, au rang de savants comme François Viète, Pierre de Fermat ou Simon Stevin, par exemple. Des figures éminentes au regard des spécialistes dans leur domaine respectif, mais aujourd'hui à peu près inconnues du grand public. ●

Le magazine

Québec Science

Fiable et passionnant !

Toute l'actualité

en environnement, santé, énergie, éducation, communications, espace, biotechnologies, transports, innovations technologiques, recherche fondamentale au Québec et dans le monde.

Québec Science présente les faits, explique, met en perspective, avec les nuances nécessaires, pour aider à comprendre les grands enjeux de notre société.

À lire : reportages, entrevues, chroniques, dossiers fouillés, suppléments, illustrations détaillées.

Voulez-vous découvrir, en savoir plus, mieux comprendre ? Québec Science répond à vos questions, vous permet d'aller plus loin, jusque dans le futur.



Abonnez-vous
et épargnez jusqu'à
33% sur le prix en kiosque

Cette offre expire le 31 décembre 1996.

Commandes téléphoniques
Québec : (418) 657-4391
Ailleurs : 1 800 613-4391

Votre cadeau
1 reliure pour
l'abonnement de 2 ans
2 reliures pour
l'abonnement de 3 ans

50

je m'abonne à Québec Science

- ☐ 1 an (10 n°) 37,60 \$ TTC
☐ 2 ans (20 n°) 64,95 \$ TTC
☐ 3 ans (30 n°) 89,91 \$ TTC

Tarifs valables au Canada seulement.

Détachez et expédiez à
Québec Science

C.P. 250,
Sillery (Québec) G1T 2R1
Tél. : (418) 657-4391
Télec. : (418) 657-2096
Internet :
courrier@QuebecScience.qc.ca

Nom

Prénom

Adresse

n°

rue

app.

ville

province

code postal

téléphone

Profession

☐ Chèque ☐ Mandat-poste ☐ Visa ☐ MasterCard

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

N° de carte

Date d'expiration

/

Signature

Faites-moi parvenir la (les) reliure(s) ☐

(Allouez 4 semaines pour l'expédition)

Numéro
d'enregistrement
de la TPS :
R-1335-97427
Numéro
d'enregistrement
de la TVQ :
1013609086

Un coup de pouce aux vieux ponts

Le vieillissement des ponts est un problème inquiétant au Québec. Or, deux chercheurs du département de génie civil de l'Université Laval viennent de mettre au point une machine qui pourrait permettre de rajeunir les ponts d'acier munis d'une dalle de béton à action indépendante. Il s'agit d'une « foreuse-inséreuse » qui peut forer les poutres d'acier et la dalle de béton permettant ainsi d'accroître — dans certains cas jusqu'à 80 % — les charges que le pont peut supporter lors du passage des véhicules lourds. Cette technique pourrait également augmenter l'espérance de vie d'un pont de 15 à 25 ans.



Autre avantage non négligeable : la foreuse-inséreuse permet d'effectuer un travail localisé et, par conséquent, de conserver au moins une voie de circulation ouverte pendant les travaux de renforcement.

Il existe au Québec 565 ponts en acier avec dalle de béton à action indépendante et 2 376 ponts en acier avec tablier de bois. Ils ont été construits il y a 20, 30 ou 40 ans, à une époque où les camions étaient presque deux fois moins lourds qu'aujourd'hui.

Geler les arythmies cardiaques

Mme B. a subi un infarctus. Bien qu'on ait débouché ses artères coronariennes, l'infarctus a laissé des cicatrices sur son muscle cardiaque. Ces cicatrices sont conductrices, et l'électricité qui y passe brouille les signaux qui contrôlent le rythme normal des battements cardiaques. Mme B. souffre d'arythmie.

Il faut éliminer ces foyers d'arythmie. Le problème, c'est qu'ils sont invisibles à l'œil nu. La compagnie Cryo-Search et l'Institut de cardiologie de Montréal ont donc mis au point une technique pour y arriver : il s'agit de détruire les cellules cicatricielles en les gelant à l'aide d'un cathéter qu'on introduit jusqu'à l'extrémité d'une artère coronarienne, où il entre en contact avec le tissu cardiaque lui-même. Du fréon (comme dans votre frigo) circule dans le cathéter, et la température est contrôlée par une pompe à vide.

Le cathéter renferme une électrode qui mesure les signaux électriques indésirables. On gèle temporairement (à environ 0°C) un groupe de cellules. Si le signal parasite persiste, c'est qu'on s'est trompé de cible. Il faut alors dégeler les cellules saines, qui se remettent à fonctionner sans problème, puis on recommence un peu

plus loin. Quand le froid éteint le signal indésirable, on tient la source d'arythmie. Il ne reste plus qu'à abaisser la température jusqu'à -80°C pour détruire le foyer arythmique.

L'avantage de cette méthode sur celle de la destruction par la chaleur, c'est qu'elle ne détruit pas automatiquement les cellules et permet une série d'essais et d'erreurs qui n'endommagent pas les tissus cardiaques sains.

Pour respirer sans tube

Les patients souffrant de maladies pulmonaires chroniques pourraient ne plus avoir besoin de longs et coûteux séjours à l'hôpital. Grâce au CPAP (Continuous Positive Airway Pressure ou « appareil à ventilation spontanée avec pression expiratoire positive »), ils pourraient demeurer à la maison.

En effet, la plupart du temps, les malades doivent être intubés pour recevoir une ventilation mécanique à l'aide d'un respirateur, ce qui nécessite une hospitalisation de 7 à 10 jours aux soins intensifs. En revanche, le CPAP, un appareil qui remplacerait l'intubation, ne nécessite qu'un masque qui couvre le nez et la bouche.

De plus, les risques d'infection, inévitables avec un tube endotrachéal, diminuent avec un simple masque. Et inutile de dire que les patients préfèrent un masque à une intubation ! Enfin, les ventilateurs utilisés dans les unités de soins intensifs coûtent 35 000 dollars chacun contre... 800 dollars pour le CPAP. ●

COLLOQUE INTERNET

Édition 1996



Le plus important colloque sur l'Internet au pays
Des conférences, des ateliers, des professionnels vous attendent...

Indispensable pour tout savoir

Enrichissez votre C.V., inscrivez-vous auprès de Pascal Fernand Réseau télémarketing inc.,

461 Saint-Sulpice, Montréal (Québec) H2Y 2V8

Téléphone: (514) 842-8460

Télécopieur: (514) 842-5076

par Raynald Pepin

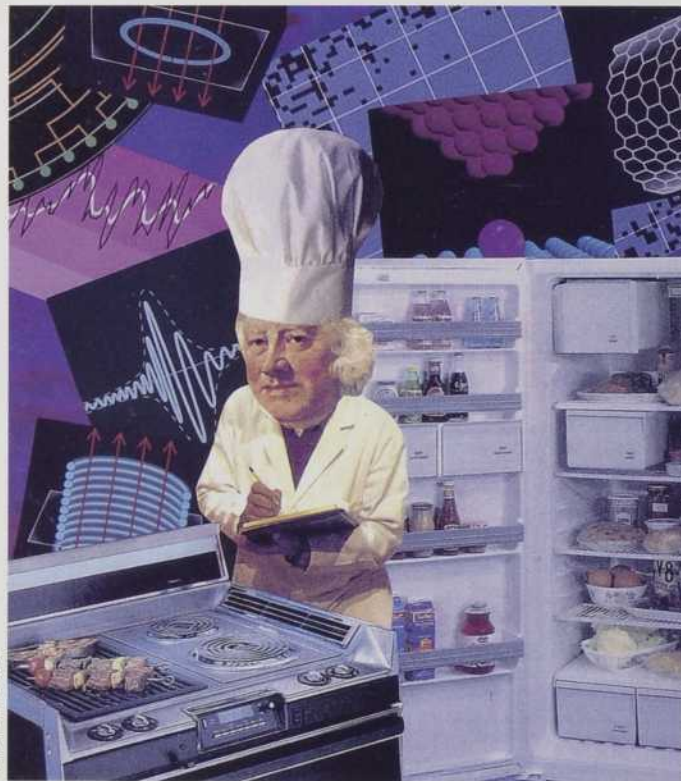
Cuisine branchée

La cuisine est le haut lieu de la connaissance scientifique ménagère... à la portée de tous.

Dans nos maisons, la cuisine est un lieu central. Autrefois, elle abritait le poêle, source de chaleur et de vie. Aujourd'hui, elle est devenue la pièce la plus « scientifique » de la maison. Attachez vos tabliers, on va se mitonner un bon petit souper !

Commençons par la salade. On lave la laitue sous le robinet — l'eau courante, quelle merveille ! — puis, on l'assèche avec l'essoreuse à salade. Généralement, c'est une poignée qui actionne une roue dentée et fait tourner un petit pignon central fixé à un disque entraînant le panier intérieur. Toute une machine ! En tournant rapidement la poignée, le panier fait environ deux tours en une seconde. La laitue sur les côtés du panier subit alors une accélération centripète de 30 g, soit 30 fois l'accélération gravitationnelle terrestre ! S'il restait une limace dans la laitue, elle a maintenant son compte...

Préparons maintenant la soupe sur la cuisinière électrique. Les éléments chauffent grâce à l'effet Joule : les électrons du courant électrique entrent en collision avec les atomes de l'élément et transfèrent de l'énergie à ces derniers, donc à l'élément. Pourquoi n'attrape-t-on pas de choc électrique si on touche à l'élément lorsqu'il chauffe ? « Les éléments sont constitués d'un fil chauffant central très fin, entouré d'un isolant en poudre (de l'oxyde de magnésium) et du tube externe, ex-



Pierre-Paul Pariseau

plique André Gourde, ingénieur à l'usine Frigidaire de L'Assomption, dans Lanaudière. L'extérieur est fait d'un alliage qui ne rouille pas. »

Selon le modèle de cuisinière utilisé, les gros éléments ont une puissance de 2 100 à 2 600 watts et les petits, de 1 100 à 1 500 watts. Pour contrôler la chaleur, on ne change pas l'intensité du courant mais la durée de fonctionnement.

« Un élément chauffe toujours à puissance maximale, dit l'ingénieur, mais seulement par intermittence si la commande n'est pas réglée à maximum. » Bref, le courant passe, est coupé, passe. À la puissance minimale, il ne passe pas plus que 5 % du temps ! De l'exté-

rieur, cependant, il est impossible de voir la différence, car l'élément n'a pas le temps de se refroidir beaucoup entre deux injections de courant.

Les commandes des éléments sont d'une élégante simplicité, ce qui fait qu'elles ne flanchent pas souvent. « Elles sont constituées d'une lame bimétallique dans laquelle passe le courant, dit l'ingénieur. Lorsqu'on chauffe l'élément, la dilatation différente des deux métaux déforme la lame, ce qui coupe le contact après un certain temps. Le réglage de la commande consiste à éloigner plus ou moins le point de contact d'une extrémité de la lame. À réglage faible, la lame bimétallique n'a pas à se défor-

mer beaucoup pour que le courant soit coupé, ce qui fait que les périodes où l'élément chauffe sont courtes. »

Revenons à notre mouton, c'est-à-dire au gigot qu'on cuit au four. Ici, le contrôle de la température est un peu plus complexe. Dans les anciennes cuisinières, le thermostat est constitué d'un tube contenant un liquide. En chauffant, le liquide se dilate et déforme une membrane; à une certaine température, le contact est coupé.

Dans les cuisinières dotées d'un système électronique, le four est équipé d'un thermocouple ou d'un capteur dont la résistance électrique varie avec la température. La résistance du capteur est analysée par un microprocesseur qui contrôle le chauffage des éléments.

Vous en avez marre de frotter ? Le four autonettoyant se dégrasse tout seul grâce à la pyrolyse. « Le four est chauffé jusqu'à 450°C, explique André Gourde, ce qui volatilise et décompose les saletés. Les gaz passent dans un « système anti-pollution », où un catalyseur élimine certains composés indésirables, puis sortent par la cheminée du four (un élément). » Pour des raisons évidentes de sécurité, cette opération se fait lorsque la porte du four est verrouillée. Ces fours sont également mieux isolés que les fours ordinaires, ce qui augmente leur efficacité.

Mentionnons qu'on retrouve maintenant sur le marché deux nouveaux types de cuisinières.

Pour les cuistots qui aiment éblouir, les éléments d'une cuisinière à halogène comportent, sous une vitre, une lampe halogène en forme de tube circulaire et un élément chauffant branchés en série. La lampe fournit plus de la moitié de la puissance de chauffage. « Ça chauffe un peu plus vite, commente André Gourd, mais l'avantage est faible pour un coût supplémentaire assez élevé. »

Les cuisinières à induction, également très dispendieuses, possèdent un dispositif situé sous la surface qui crée un champ magnétique variable. Ce champ magnétique génère dans le métal des casseroles des « courants de Foucault » qui chauffent la casserole par effet Joule. Ce type de chauffage est utilisé depuis longtemps dans l'industrie, pour fondre les métaux, par exemple.

Il faut maintenant s'occuper des légumes. Sortons le brocoli du réfrigérateur où il est resté bien frais grâce aux transferts thermiques liés aux changements de phase et au comportement des gaz lors des variations de pression. En effet, pour s'évaporer, un liquide doit soutirer de la chaleur à son environnement et un gaz, en se liquéfiant, dégage de la chaleur. En comprimant un gaz, on l'échauffe, mais, si le gaz se détend, il se refroidit.

Le compresseur fait circuler

le réfrigérant dans un circuit de tuyaux. Comprimé à 8-10 bars (de 8 à 10 fois la pression de l'air), le réfrigérant, sous forme gazeuse, a une température d'environ 40°C lorsqu'il se trouve dans le condenseur situé à l'arrière du réfrigérateur. Refroidi par l'air, le réfrigérant cède de la chaleur à l'air environnant et se condense.

En quittant le condenseur, le liquide passe dans un tube très fin qui s'élargit ensuite : à cet endroit, le réfrigérant se vaporise partiellement. Dans l'évaporateur, situé sous le congélateur, le fluide absorbe de la chaleur (ce qui refroidit l'intérieur du réfrigérateur) et se vaporise complètement. Puis le gaz passe par le compresseur, s'échauffe (ce qui facilite l'évacuation de chaleur à l'arrière) et le cycle recommence.

Le réfrigérant doit respecter de nombreux critères : température d'ébullition qui permet les changements de phase mentionnés, densité élevée pour que son volume soit petit, substance ininflammable, toxicité faible ou nulle, etc. On a longtemps utilisé des chlorofluorocarbones (CFC), nuisibles à la couche d'ozone, rappelle Harold Siegwath, technicien chez Camco, un fabricant d'appareils ménagers. Dans les réfrigérateurs récents, on emploie plutôt des hydrochlorofluorocarbones, comme le HCFC 134A (un frigo ordinaire en contient quatre onces). Les HCFC sont dégradés par des radicaux hydroxyles (OH) dans la basse atmosphère et peu de chlore atteint la couche d'ozone.

Il ne reste plus qu'à cuire le brocoli au micro-ondes, à ouvrir la bouteille de vin avec le tire-bouchon et à préparer le café. Des activités très scientifiques, inconnues à l'âge des cavernes. Ce qui n'a pas changé, par contre, c'est le plaisir de partager un bon gueuleton. ●

La question du mois

Quand on cuisine sur un élément de surface, il est préférable d'utiliser un récipient à fond épais. Pourquoi ?

Solution

efficace.
de la chaleur est moins
mauvais et la conduction
tact avec l'élément est
fond n'est pas plat, le con-
bombe facilement. Si le
Les casseroles à fond mince

À lire

Dans le prochain numéro

Sectes : comment on tire les ficelles

Les gourous et les charlatans savent comment aller chercher le meilleur et surtout le pire chez leurs adeptes. Comment arrivent-ils à les endoctriner ? Faut-il parler de lavage de cerveau ?

par Félix Légaré et Michel Trudeau

Voler avec une aile

Des ingénieurs en aéronautique préparent déjà les avions de l'an 2000 : ils n'auront plus qu'une aile et pourront transporter plus de mille passagers. Du nouveau dans le ciel ? Un Québécois avait déjà créé un prototype de ce genre il y a près de 50 ans !

par Stéphan Dussault



Voici les robots chirurgiens

L'ère de la télémedecine a débuté. Des chirurgiens, bien installés à Québec ou à Montréal, pourront bientôt opérer à distance à l'aide de robots très sophistiqués. Peut-on leur faire confiance ?

par Pierre Sormany



Les poussières du Soleil

À plusieurs centaines de mètres dans le sous-sol du nord de l'Ontario, les physiciens s'apprentent à mettre en service un piège à neutrons, ces infimes et mystérieuses particules émises par les étoiles. Nous sommes allés voir ce haut lieu de la Big Science à la canadienne.

par Jean-Marc Fleury

À l'agenda

Au Musée du Fier monde, à Montréal,
(514) 528-8444

Dans le bain !

Nouveau venu dans le paysage muséologique, l'écomusée du Fier monde s'intéresse au patrimoine ethnologique et industriel du quartier Centre-Sud de Montréal. Aménagé dans un ancien bain public de style art déco, le musée présente notamment une exposition sur les paysages industriels en mutation, réalisée en collaboration avec l'Université du Québec à Montréal. Dès le 5 octobre 1996.

Au Planétarium de Montréal, (514) 872-4530

Qui a tué les dinosaures ?

Les scientifiques proposent aujourd'hui différentes hypothèses pour expliquer l'extinction des dinosaures, de la chute d'une grosse météorite au microbe qui aurait foudroyé les carnassiers et les lézards du crétacé. La fin du parc jurassique telle qu'elle est perçue par les astronomes. Jusqu'au 10 octobre 1996.

Avec le théâtre Le Petit Chaplin,
(514) 278-4809

Émilie en reprise

Depuis le 29 septembre, le théâtre Le Petit Chaplin a entrepris une tournée au Québec pour présenter son spectacle *Émilie et l'été de toutes les histoires*. Créée l'an dernier (voir Québec Science, décembre 1995), la pièce initie les jeunes au monde de la paléontologie. La troupe est attendue, entre autres villes, à Châteauguay, Valleyfield, Sorel, Joliette, Mont-Laurier, La Pocatière, Val-d'Or et Granby. Des rendez-vous à ne pas manquer !

Au Palais des congrès de Montréal

Regard sur la Terre

En marge du Congrès mondial de la conservation, un événement réunira une centaine d'exposants qui présenteront leurs idées et leurs expériences en matière de protection de la nature. Du 17 au 21 octobre 1996. Info : (613) 993-8697. Admission : 3 \$.

Pour annoncer des événements d'éducation scientifique d'intérêt général dans cette colonne, faites parvenir vos communiqués de presse à Québec Science (rubrique « À l'agenda », 425, rue de La Gauchetière Est, Montréal (Québec) H2L 2M7. La rédaction se réserve le droit de sélectionner les événements à mettre à l'agenda.

La maison sous les arbres

La controverse au sujet du financement de la Maison de l'arbre, ouverte depuis juillet dernier, a presque réussi à en faire oublier le contenu. Décrite comme « un musée dédié à l'arbre et à l'écosystème forestier », la Maison de l'arbre a été construite dans le secteur nord-est du Jardin botanique, à l'extré-

mité de l'arboretum, aménagé à partir des années 30, puis complété dans les années 70. « On a voulu susciter un intérêt envers l'arboretum, relativement peu connu et peu fréquenté par rapport à d'autres secteurs du Jardin, dit Francine Hoffman, responsable des programmes éducatifs. La Maison est un excellent point de départ pour s'initier aux arbres et à la forêt. »

Le bâtiment lui-même a été conçu pour qu'il s'intègre au site et à la « nature » environnante. Le concept proposé par la firme d'architectes Charlebois Malo Pélouin met le bois en vedette et comporte de larges baies vitrées qui laissent entrer la lumière. À l'intérieur, l'exposition permanente est présentée le long de cloisons disposées en cercles concentriques qui rappellent les anneaux de croissance que l'on voit sur les tranches d'arbres abattus.

Intitulée « Au cœur de l'arbre », cette exposition comporte quatre sections. À l'entrée de la première, intitulée « La pérennité de l'arbre », une tranche de pin blanc bicentenaire nous aide à nous rendre compte que les arbres traversent les époques.

Un cactus est-il un arbre ? Et un bambou ? La deuxième section, « L'arbre dans son essence », traite de l'arbre comme entité biologique : sa situation dans le règne végétal, le principe de la photosynthèse, la synthèse du bois, la croissance et le rôle des arbres dans la ville.

Dans la troisième section, « L'arbre dans la forêt », il est question de la forêt en tant



qu'écosystème : relations biologiques et biochimiques qui s'y opèrent, biomes forestiers du monde, action des forêts sur la faune, la flore et le climat, régénération d'une sapinière après un feu.

Enfin, la quatrième section, « L'arbre dans tous ses états », aborde l'aspect économique, qu'il s'agisse de

l'exploitation forestière ou de la forêt comme lieu de loisirs.

À l'extérieur, une terrasse surplombe un étang, et un jardin extérieur abrite une exposition d'arbres nains nord-américains (l'équivalent des bonsaïs).

L'exposition, dont on peut facilement faire le tour en une heure ou moins, permet à ceux qui connaissaient peu les caractéristiques des arbres et des forêts de s'y initier et, aux autres, de se rappeler certains détails qu'ils ont peut-être oubliés... Elle compte quelques jeux interactifs, mais présente surtout des artefacts, des maquettes et des panneaux d'interprétation. « Beaucoup de musées scientifiques utilisent l'interactivité à satiété, dit Michel Labrecque, botaniste et responsable du contenu scientifique. Nous avons plutôt voulu offrir une exposition dont le caractère serait davantage en harmonie avec notre sujet. » L'exposition a donc un aspect sobre, naturel, d'autant plus qu'on a privilégié le bois dans le choix des matériaux.

Une salle adjacente est réservée aux expositions temporaires. On y présente, jusqu'en novembre, « Flore de passion », conçue par le Musée du Séminaire de Sherbrooke et consacrée à la vie et l'œuvre du frère Marie-Victorin, créateur du Jardin botanique.

Marie-Claude Ducas

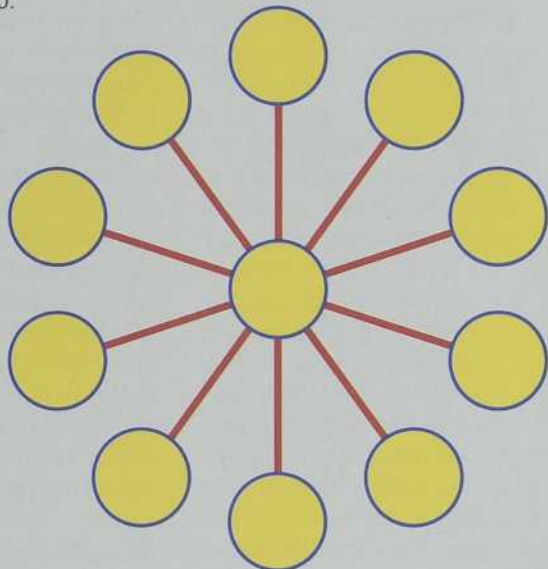
Maison de l'arbre, Jardin botanique de Montréal. Ouvert tous les jours, de 9 h à 18 h. Info : (514) 872-1400.

Des chiffres et des jeux

par Jean-Marie Labrie

Jeu n° 9 Un carrousel de nombres

Placez 11 nombres naturels différents dans le carrousel ci-dessous de façon à ce que le produit des trois nombres sur une même ligne donne toujours 2 000. Le nombre au centre du carrousel ne doit pas être inférieur à 10.



Jeu n° 10 Encore Pythagore !

L'hypothénuse d'un triangle rectangle mesure 10 cm et son périmètre est égal à 24 cm. Quelle est l'aire de ce triangle ?

Solutions de septembre

Jeu n° 7 De gauche à droite et inversement !

Le nombre 829 devient le palindrome 88 555 588 en 10 étapes. Le nombre 89 devient le nombre 8 813 200 023 188 en 24 étapes.

Jeu n° 8 Un carré magique spécial

Pour résoudre ce problème, on dresse d'abord la liste des nombres premiers inférieurs à 120 : 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89, 97, 101, 103, 107, 109 et 113. À noter qu'on peut éliminer le nombre pair 2 puisque si on l'additionne à deux autres nombres premiers, la somme donne un nombre pair.

On doit ensuite chercher dans cette liste, toutes les combinaisons possibles de trois nombres dont la somme est de 177. La somme des trois unités de ces nombres doit donc être égale à 7, 17 ou 27. Il existe, pour ces unités, les six combinaisons suivantes : 1, 1 et 5; 1, 3 et 3; 1, 7 et 9; 3, 5 et 9; 3, 7 et 7; 9, 9 et 9. À partir des combinaisons, il faut procéder par essais/erreurs pour trouver la seule solution.

17	113	47
89	59	29
71	5	101

Niveaux de difficulté

● : débutant ■ : intermédiaire ◆ : expert

LES DÉBROUILLARDS

Pour les 9 à 14 ans !

vous propose en octobre :

Fleur de Lampaul : une école à la mer

Depuis plus de dix ans, le voilier français *Fleur de Lampaul* permet à des adolescents de passer près d'une année en mer. Ils ont ainsi la chance de partager la vie d'Indiens d'Amazonie ainsi que celle de scientifiques passionnés. *Les Débrouillards* relate le voyage du dernier équipage.

Pros du VTT

Marie-Christine et Andréanne Deslandes n'ont pas que le nom de famille en commun. Elles sont toutes deux championnes de vélo de montagne. Le secret de leur succès ? Beaucoup d'entraînement, un vélo high tech et de la passion !

Au secours des chauves-souris

Les chauves-souris font face à une pénurie de logement. Des scientifiques invitent les débrouillards à les aider. Comment ? En leur offrant un nichoir.

Un métier pour demain

L'orthésiste-prothésiste travaille auprès de gens qui ont un membre manquant ou handicapé.



En plus :

Des expériences amusantes à faire à la maison, des concours, des jeux, la rubrique des correspondants... 48 pages de découvertes !

Les Débrouillards est en vente dans tous les dépanneurs des chaînes Proprio et Provi-Soir, ainsi que dans les bonnes librairies, au prix de 2,95 \$.

Pour s'abonner

(1 an, 10 numéros : 29,57 \$),
s'adresser à :

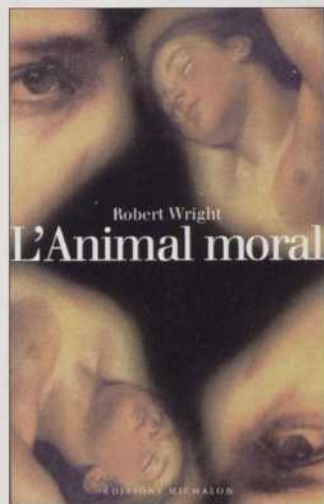
Magazine *Les Débrouillards*
25, boul. Taschereau, bureau 201
Greenfield Park, Québec
J4V 3P1

Commande téléphonique (carte de
crédit indispensable) :
(514) 875-4444 / 1-800-667-4444

Le retour de la sociobiologie

Accusés d'être réactionnaires et racistes, les sociobiologistes ont pris le maquis dans les années 80, le temps de peaufiner leur théorie selon laquelle le comportement humain est, au même titre que notre corps, le produit de la sélection naturelle. Pendant cet hiatus, le centre d'intérêt des chercheurs s'est déplacé du comportement lui-même au cerveau, ou plutôt aux mécanismes psychologiques que nous ont légués nos lointains ancêtres. La psychologie évolutionniste était née.

Cependant, l'environnement dans lequel le cerveau de nos ancêtres a évolué a peu à voir avec celui dans lequel nous vivons, rappelle Robert Wright, l'auteur de *L'animal moral*. Il ne croit pas pour autant que l'espèce humaine ait déjà connu un âge d'or et il fait observer que concilier les intérêts divergents des êtres humains n'a jamais été facile, même au temps des australopitèques ! Il explore donc ces conflits entre hommes et femmes, parents et enfants, qui ont façonné l'esprit humain.



Mais si une nature humaine universelle est inscrite dans nos gènes, les différences entre les individus seraient plutôt reliées à l'environnement, écrit-il. Et contrairement à ce qu'on pourrait croire, les psychologues évolutionnistes ne s'intéressent guère aux différences génétiques entre les individus. Selon ces disciples de Darwin, la diversité des comportements viendrait en grande partie « de l'unicité d'une nature humaine confrontée à une extrême variété de circonstances ». Loin de consacrer la suprématie des gènes,

le darwinisme devrait permettre d'élucider l'influence de l'environnement, soutient l'auteur qui, au passage, démolit plusieurs clichés qui placent cette branche de la science à droite de l'échiquier politique.

L'Animal moral est un livre étonnant, stimulant et par moments étourdissant lorsque l'auteur, un journaliste scientifique, explore les implications philosophiques, morales et sociales du darwinisme.

Malheureusement, la traduction française ne rend pas justice à la finesse du propos. À lire, si possible, dans la langue de Darwin.

Dans *Histoire naturelle de l'amour*, l'anthropologue Helen Fisher analyse le comportement amoureux des humains à travers les âges et les cultures, mettant ainsi en relief le fil d'Ariane qui nous relie les uns aux autres. Comme Matt Ridley dans *The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature*, Helen Fisher s'intéresse au sexe pour la simple raison que la reproduction est le moteur de notre évolution. Mais alors que son livre est facile à lire, celui de

Matt Ridley est plus théorique, et certains passages sont un peu ardue. Heureusement, la persévérance du lecteur est récompensée par l'intelligence de la démonstration et la vivacité du style.

Est-il nécessaire de le préciser, tous ces auteurs s'accordent pour dire que ce n'est pas parce que la sélection naturelle nous a créés que nous devons docilement adhérer à son programme. Par contre, écrit Robert Wright, « à partir du moment où nous avons fait ces choix — tel que de vivre dans une société égalitaire... —, le darwinisme peut nous aider à découvrir quelles institutions sociales seront le mieux à même de les servir ».

Anne Vézina

L'animal moral, par Robert Wright. Éditions Michalon, 443 p., 39,95 \$.

Histoire naturelle de l'amour, par Helen Fisher. Éditions Robert Laffont, coll. Pluriel, 22,95 \$.

The Red Queen: Sex and the Evolution of the Human Nature, par Matt Ridley. Penguin, 16,95 \$.

La vie est étapiste

Poussière de vie. Une histoire du vivant,
par Christian de Duve. Fayard, 1996, 560 p., 59,95 \$.

Médecin et biochimiste belge, Christian de Duve a reçu le prix Nobel de médecine en 1974 pour ses travaux sur l'organisation structurale et fonctionnelle de la cellule vivante. Dans *Poussière de vie*, il suggère un nouvel étapisme dans l'évolution de la cellule procaryote (sans noyau : bactéries et archéobactéries) à la cellule eucaryote (pourvue d'un noyau : plantes, champignons et animaux). Jusqu'ici, aucun ouvrage n'avait relié avec une telle clarté ce que certains auteurs appelaient encore récemment le plus grand fossé séparant les différents groupes du vivant.

Toutefois, l'auteur perd sa belle assurance dès qu'il aborde l'évolution des animaux multicellulaires. Sa description de la méta-

morphose des insectes laisse beaucoup à désirer. Et son traitement de l'origine des oiseaux est pour le moins surprenant : « De nombreuses étapes successives ont dû être nécessaires pour transformer une fourrure (!) en cette magnifique combinaison de plumes et de barbes. » Pourtant, l'auteur l'écrit lui-même plus loin dans son texte, l'obtention d'une meilleure régulation thermique constitue l'explication la plus probable de l'apparition des plumes chez la première espèce d'oiseau (antérieure à l'archéoptéryx), issue d'une espèce souche de reptiles dinosaures dont le corps était recouvert d'écailles... et non de poils.

Poussière de vie constitue néanmoins le testament scientifique d'un grand spécialiste de la cellule. Et sa bibliographie commentée est une véritable mine d'or.

Robert Loiselle

Centre de données sur la biodiversité du Québec,
Université du Québec à Chicoutimi

Nos ancêtres étaient des gens modernes

L'agriculteur québécois du XIX^e siècle ne cultivait pas son champ uniquement pour les besoins de sa famille; l'isolement de la société française d'Amérique est un mythe; et il est faux de croire que nous avons toujours vécu en reclus au milieu d'une société anglophone!

Étonnant ? Dans *Quelques arpents d'Amérique (Boréal)*, un ouvrage qui résume plus de 20 ans de recherches, Gérard Bouchard, historien et professeur à l'Université du Québec à Chicoutimi, démolit certaines idées fausses sur le terroir québécois.

Contrairement à ce qu'on a appris, dit-il, la société francophone était résolument neuve et américaine, dans le sens continental du terme. Et surtout pas la seule en son genre !

Pour étayer sa théorie, il se base sur un fichier de population qui lui a pris 25 ans à mettre sur pied et qui contient des informations sur plus de 500 000 personnes ayant vécu au Saguenay entre 1838 et 1971.

Québec Science : Vous avez constaté que le Québec était beaucoup plus « américanisé » qu'on ne le croyait.

Comment expliquer que personne n'avait fait de recherches en ce sens auparavant ?
Gérard Bouchard : Nos représentations collectives nous ont incités à penser que le Québec était une sorte de clone de la société et de la culture françaises. Pendant au moins un siècle — du milieu du XIX^e siècle au milieu du XX^e —, nous avons essayé de déduire nos caractéristiques dans cette

perspective-là. C'est donc une surprise de découvrir que nous sommes finalement assez distincts des Français et que nous ressemblons à nos voisins ! Il est maintenant évident qu'il faudra faire un grand ménage dans les images qui nous ont servi à représenter notre collectivité. Ce travail est d'ailleurs en cours depuis une vingtaine d'années.

Je ne dis pas non plus que le Québec rural était parfaitement identique au Canada anglais et aux États-Unis. Il y avait sûrement des différences importantes, sauf que, pour les connaître, il faudra poursuivre les recherches.

Q.S. : Vous soutenez que certaines caractéristiques qui paraissent uniques au Québec ne le sont pas. De quelles caractéristiques est-il question ?

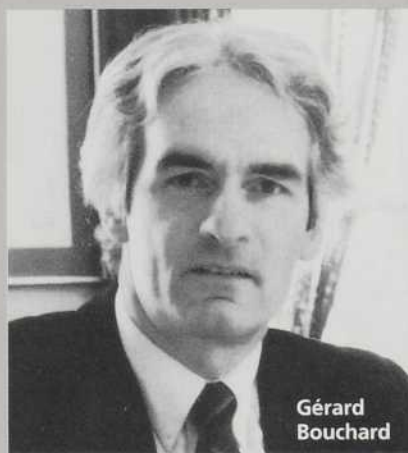
G.B. : De la fécondité élevée, de l'importance du groupe familial, du poids des solidarités communautaires et de la forte influence de la religion. Par exemple, on considère souvent les Américains comme des capitalistes et des individualistes, par opposition à l'habitant québécois traditionnel, plus communautariste. C'est simpliste ! Il y avait beaucoup de communautarisme aux États-Unis et beaucoup d'individualisme dans les campagnes québécoises. Mais, pour s'en rendre compte, il faut étudier de près les campagnes du Québec et les comparer aux autres. On se demande maintenant comment on en est venu à ces représentations.

Q.S. : Vous dites également que l'agriculteur québécois faisait beaucoup plus que cultiver pour ses seuls besoins...

G.B. : Il est faux de dire que le

cultivateur canadien-français pratiquait une agriculture de subsistance et qu'il tournait le dos au marché. Peu après le début de la colonisation du Saguenay, soit à partir des années 1880, on a découvert que l'agriculture de la région était spécialisée dans l'industrie laitière et que les éleveurs vendaient le lait aux fabriques de fromage et de beurre pour l'exportation.

Q.S. : Comment expliquer qu'on se soit ainsi fourvoyé sur toute une tranche d'histoire aussi récente ?



Gérard Bouchard

G.B. : C'est, entre autres choses, à cause d'une historiographie inspirée par un nationalisme très particulier. Des intellectuels pénétrés de la fragilité de la culture canadienne-française et, avec raison, inquiets de sa survie ont écrit dans la perspective de l'idéologie de la survie. Ils ont voulu faire valoir la vitalité de cette culture et, donc, son originalité. Ceci les a conduits à postuler des éléments de spécificité, sinon à en inventer carrément, pour démontrer qu'il y avait vraiment une identité canadienne-française. Puis, ces représentations ont été véhiculées dans les journaux, les ro-

mans, les discours politiques et les manuels scolaires.

Q.S. : Vous avez démontré à quel point le Québec ressemblait aux autres sociétés américaines. À l'inverse, en quoi sommes-nous différents de nos voisins ?

G.B. : La religion, la langue et les institutions nous caractérisent par rapport au Canada anglais et aux États-Unis. Mais au-delà, nous sommes un peu dans le vague.

Par exemple, il semble qu'au Canada anglais et aux États-Unis on ait observé une baisse de la fécondité dès que la terre cultivable est venue à manquer. Lors de la colonisation, il était possible d'avoir des familles nombreuses puisqu'il suffisait de défricher les terres et d'y établir les enfants. Mais, à partir du moment où les sols arables ont tous été occupés, une sorte de blocage s'est produit.

Cependant, au Québec, les choses se sont passées différemment. Au Saguenay, par exemple, même lorsque l'espace agraire a été saturé, les couples ont continué à avoir autant d'enfants qu'avant. Ainsi, au début du XX^e siècle, dans la vallée du Saint-Laurent, les familles comptaient en moyenne huit ou neuf enfants alors que les terres étaient saturées depuis plus d'un demi-siècle ! À mon avis, il faudra que l'explication accorde une place importante aux facteurs culturels. Mais, pour l'instant, les recherches ont à peine commencé.

Propos recueillis par Rachel Duclos



Nos chercheurs
travaillent dans l'ombre...
pour que de grandes
découvertes voient le jour.

Chez BioChem Pharma, nos chercheurs ont tous le même désir d'innover. Ils vivent leur passion intensément, même si cela demande de faire des sacrifices considérables et d'avoir à travailler dans l'ombre à l'occasion. Nous tenons donc à souligner ici notre appréciation et toute notre admiration devant les efforts déployés par ces pionniers de la recherche. Grâce à eux, des produits innovateurs qui servent à traiter le VIH/SIDA et l'hépatite B chronique, ainsi que les vaccins recombinants pour prévenir les maladies infectieuses ont pu voir le jour. ■



BIOCHEM PHARMA INC.
275, boul. Armand-Frappier
Laval (Québec) Canada H7V 4A7