

Octobre 2001

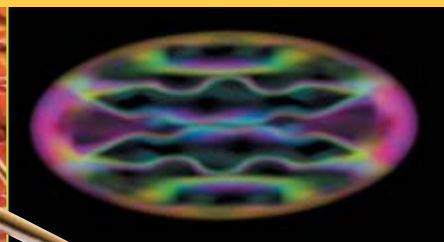
Édition française de Scientific American

Biologie virtuelle

La couronne solaire



Des gaz ultrafroids



Les enjeux du recrutement



Canada : \$ 8,95 / Belgique : 285FB / Suisse : 11,20FS

M 2687 - 288 - 39,00 F - 5,95 €



BLOC-NOTES

de Didier Nordon

TRIBUNE DES LECTEURS



SCIENCE ET ÉCONOMIE

Bachelier, précurseur...

par Ivar Ekeland



POINT DE VUE

Médicaments et publicité

par Pierre Haehnel



SCIENCE ET GASTRONOMIE

Cuisine préhistorique

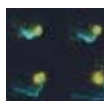
par Hervé This



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Mystification à l'Académie

par Jean-Paul Poirier



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

■ La naissance de la Lune ■ La force au bout des doigts ■ Quand l'industrie aide... la paléontologie

■ Changement de régime ■ Infertilité masculine

■ La Conjecture de Catalan ■ Espèces d'éléphants!

■ Nouvel observatoire gamma ■ La vision des couleurs chez

les primates ■ Persistance corticale ■ Un récepteur introverti

■ De la variation des constantes



ÉNIGMATHS

Les couronnes de Minos

par Dennis Shasha



LOGIQUE ET CALCUL

Pourquoi calculons-nous si difficilement?

par Jean-Paul Delahaye



ART ET SCIENCE

Un nain contestable

par Valérie Cormier-Daire



IDÉES DE PHYSIQUE

La physique de l'aviron

par Roland Lehoucq et Jean-Michel Courty



ANALYSES DE LIVRES

■ *La Terre chauffe-t-elle?*, de Gérard Lambert

■ *Aurores boréales et australes*, de Michel Fehren-

bach, Gilles Dawidowicz et Rémy Marion ■ *La science comme aventure humaine*, de Max Perutz ■ *Le besoin de danser*, de France Schott-Billmann ■ *Bleu, histoire d'une couleur*, de Michel Pastoureau

4

6

7

9

11

12

14

92

98

104

106

108

La brûlante couronne du Soleil

28

par Bhola Dwivedi
et Kenneth Phillips

L'atmosphère du Soleil est près de 200 fois plus chaude que sa surface. Les astronomes commencent à comprendre pourquoi cette température est si élevée.



La biologie virtuelle

38

par Wayt Gibbs

L'informatique vole au secours de la biologie pour traiter la masse considérable des informations, pour modéliser des systèmes biologiques et pour prévoir leur comportement.



Pythéas, explorateur grec

46

par Yvon Georgelin
et François Herbaut

Grand explorateur, Pythéas a atteint des contrées polaires. Ses relevés astronomiques et ses mesures géographiques sont remarquablement précis.

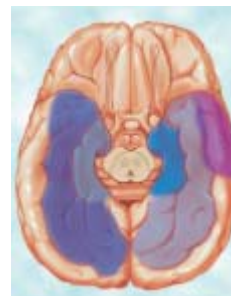


La reconnaissance des visages et ses anomalies

54

par Patrick Verstichel

Comment reconnaît-on des centaines de visages à la fois similaires et différents? Dans le cerveau droit, des réseaux de neurones spécialisés assurent plutôt l'analyse visuelle et d'autres, dans le cerveau gauche, la restitution des données biographiques et des noms.



2 encarts d'abonnement entre les pages 16 et 17, encart broché service lecteurs et carte d'abonnement entre les pages 96 et 97. Un encart Éditions Fatou jeté pour les abonnés. Un encart Fête de la science jeté pour les abonnés France.
En couverture : © Slim Films.

Les enjeux du recrutement

64

par Michel Balinski

Des procédures de recrutement actuellement utilisées amènent le paradoxe du «mieux-classé, pire-placé» et des possibilités d'ententes frauduleuses. Une seule procédure évite ces imperfections.



Les orangs-outans d'hier et d'aujourd'hui

72

par Anne-Marie Bacon

Dans les jungles de Bornéo et de Sumatra, les derniers orangs-outans subsistent difficilement. Il y a plus de 10 000 ans, ils peuplaient la plupart des forêts tropicales de l'Asie du Sud-Est.



D'étranges objets quantiques

78

par Graham Collins

Les condensats de Bose-Einstein permettent aux physiciens de suivre directement les comportements étranges des objets quantiques, qui se manifestent généralement hors de notre champ d'observation.

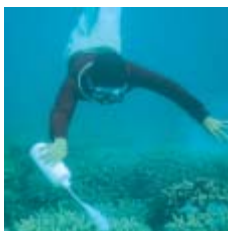


Le commerce des poissons d'aquarium

86

par Sarah Simpson

La pêche au cyanure utilisée pour attraper des poissons exotiques menace les récifs coralliens de l'Asie du Sud-Est. Une meilleure gestion du commerce international de ces poissons s'impose.



Chaque mois, retrouvez le sommaire complet de la revue **en ligne** avec pour chaque article une bibliographie et un complément d'information.

www.pourlascience.com

Le choix du partenaire sexuel chez les fourmis reste énigmatique : les fourmis, qui nous semblent identiques, ont certainement des appâts subtils que leurs «semblables» savent identifier. Ces attributs de beauté des hyménoptères nous échappent et, réciproquement, pour les fourmis, nous sommes également monstrueux dans la banalité.

Si les fourmis nous indiffèrent, la question est posée pour l'homme : comment identifions-nous un congénère? Le prince amoureux se fondait sur la petitesse exceptionnelle du pied de Cendrillon. Les policiers, comme le vulgaire, utilisent plutôt les caractéristiques du visage, ce que confirment les expressions populaires évoquant la tête de l'emploi et la note de gueule. Nul doute, la tête dévoilée est la partie la plus typique de notre corps.

Cela entendu, comment le cerveau distingue-t-il les visages et les reconnaît-il en attribuant à chacun un nom, auquel se rattache une histoire? Les physiologistes répondent à cette question en étudiant les déficiences de cette reconnaissance chez les individus ayant subi des lésions cérébrales. Selon les localisations des lésions et les particularités des pathologies, les neurologues imputent les étapes du processus de reconnaissance des visages à différentes zones cérébrales. Ils confirment ces hypothèses en observant, chez les individus normaux, les groupements de neurones activés lors des phases de l'identification. Celle-ci n'est pas parfaite et, sauf peut-être les physionomistes qui reconnaissent les interdits de jeux à l'entrée des casinos, nous sommes tous atteints à divers degrés de prosopagnosie (voir *La reconnaissance des visages et ses anomalies*, par Patrick Verstichel, pages 54 à 62).

Une question subsidiaire se pose : la vie en communauté serait-elle possible dans un meilleur des mondes où nous serions tous des clones? Probablement pas. Osons une comparaison prosaïque : les bagages doivent être suffisamment différents pour que l'on puisse les distinguer sur les tapis roulants des aéroports et la diversité individuelle contribue à l'équilibre de l'ensemble social. Un argument supplémentaire contre le clonage humain : l'identité parfaite rendrait les lois inapplicables.

Philippe BOULANGER



BLOC-NOTES

DIDIER NORDON

Chauve qui peut... le plus

La calvitie... Problème aussi vieux que les hommes, dont aucune lotion, fût-elle fille des ultimes découvertes de la biologie, ne parvient à triompher, la calvitie fut longtemps un défi majeur pour la science.

Le savant Cosinus, lui-même, échoua. Ne sachant pas résoudre le problème, il tenta de le dissimuler. Il étirait d'un bord à l'autre de son crâne chacun des rares cheveux qui y restaient en murmurant : «Je retiens un qui vaut dix.» Geste imité par un autre polytechnicien, Valéry Giscard d'Estaing. En vain. Ils ont eu beau faire, chacun sait que Cosinus et Giscard furent des chauves précoces.

Que ne se sont-ils inspirés d'Edgar Poe! La bonne façon de cacher un objet est de l'exposer au vu et au su de tous. Personne, alors, n'y prête attention. L'actuelle vogue des crânes tondus n'est pas un mouvement de mode superficiel, mais une subtile mise en œuvre de cette vérité profonde : on ne dissimule jamais mieux qu'en montrant ostensiblement. De fait, quand vous croisez un crâne tondu, rien ne vous incite à songer : «Voici un jeune homme qui commence à sérieusement se dégarner.»

Que tous les hommes se rasent la boule à zéro, et la calvitie aura disparu de la surface du globe!



Lacandérridarez-le

Ilen va chez les penseurs comme chez les loubards : on peut trouver la bagarre sans avoir cru la chercher. Exemple. Vous publiez une critique pulvérisant un auteur. Sans animosité, mû par le seul désir de parler vrai, vous démontrez sa nullité. Hé bien, souvent, au lieu de prendre cette démonstration pour

ce qu'elle est – une salubre mise au point – il la prendra pour une provocation! Peut-être même ira-t-il jusqu'à lancer une violente contre-offensive. D'où la question : comment s'en prendre à un auteur vivant sans risquer de subir en retour les ravages d'une réponse dévastatrice?

Voici. Usez d'outils théoriques ultra-sophistiqués qu'il ne maîtrise pas. Puisez, selon les cas, dans la psychanalyse lacanienne, le déconstructivisme derridien, la philosophie analytique anglo-saxonne – bref, un de ces jargons prétendument universels (donc parfaitement adaptés à l'auteur visé) mais que ne comprennent, en réalité, que ceux qui ont vécu au moins 20 ans dans les pays où ils sont parlés. Armé de cet outil redoutable, réduisez-le à néant comme il le mérite. Et le voilà incapable de répondre.

Mieux : le voilà flatté! Ce n'est pas tous les jours qu'une théorie, forcément puissante puisqu'il n'y comprend rien, le juge digne d'être pris pour cible. C'est tout juste s'il ne vous remercie pas.

Cette façon d'attaquer est bien connue des Chinois, qui ont une formule poétique pour la décrire. Ils appellent cela «couper les ailes d'un adversaire en lui faisant croire qu'elles sont sublimes».

Pas mythomanie, touthomanie

Mille fois par jour, nous croisons un grand mystère : la tête d'autrui. Que se passe-t-il dedans? Nul ne le sait sauf (et encore) son propriétaire. Une forme extrême de ce mystère est présentée par les gens qui racontent les aventures prodigieuses dont ils sont les héros. Les croire est difficile. Mais croire à l'existence de cette déviation bizarre, invraisemblable, qu'est la mythomanie est difficile aussi. Alors?

Eh bien, un bref raisonnement de logique pure prouve sans conteste que la mythomanie existe. Voici.

Je prononce la phrase : «La mythomanie n'existe pas.» De deux choses l'une. Soit ma phrase est vraie. Par conséquent, les nombreux spécialistes de la mythomanie traitent d'une affection inventée par eux de toutes pièces. Ils sont donc mythomanes, preuve que la mythomanie existe. Soit ma phrase est fausse. Cela signifie que l'affirmation contraire est vraie, à savoir que la mythomanie existe. CQFD.

Les amateurs de logique se feront une joie d'observer que, si je dis au contraire : «La



mythomanie existe», il suffit d'inverser le raisonnement précédent pour aboutir à la même conclusion : la mythomanie existe. En effet, soit ma phrase est vraie, ce qui prouve l'existence de la mythomanie. Soit elle est fausse, auquel cas je fais preuve de mythomanie en la prononçant. Là encore, CQFD.

Notre prochaine étape sera d'examiner si la logique pure permet également de soigner la mythomanie.

Le moins peut le plus

Redécouvrir et publier un chef-d'œuvre oublié est apprécié des éditeurs. Reste ensuite à attirer l'acheteur. Pour cela, la quatrième de couverture s'orne volontiers de citations fracassantes : «Borges a adoré», «Virginia Woolf plaçait ce texte parmi les plus grands», etc.

Quels mauvais arguments! Borges ou Woolf, génies de la littérature et la surinvestissant, esprits richissimes, étaient capables de trouver du génie même là où il n'y en a pas, si peu que la lubie les prenne d'y insuffler le leur. Pour être plus géniaux, ils n'en étaient pas plus objectifs. Moi qui n'ai pas assez de génie pour en prêter, ni à un livre ni à quiconque, je risque d'être déçu : je n'achète pas.

Non. Les bons arguments de vente sont : «L'idiot de Trifouillis-les-Oies a aimé» ou : «Livre-culte des tarés de Paris». Ce dont un idiot ou un taré ont su jouir, je me fais fort de savoir en jouir, moi aussi. Ni idiot ni taré, j'achète donc.



Pour être au top cette année

Offre spéciale étudiants

Pour la Science (12 numéros)
+ Les Dossiers (4 numéros)

1 an

64 €

POUR LA
SCIENCE

Soit 37 %
de réduction



Recevez chaque mois votre magazine en version papier et consultez sa version numérique en format PDF sur www.pourlascience.fr

BULLETIN D'ABONNEMENT

À retourner accompagné de votre règlement à :
Service Abonnements • Pour la Science
8, rue Férou • 75278 Paris cedex 06

Vous bénéficiez en tant qu'étudiant du prix le plus bas du marché et vous bénéficiez des avantages du numérique (vous disposez du numéro en cours en pdf gratuit, vous retrouvez en plus l'intégralité de votre magazine en ligne et téléchargez tous les articles correspondants à votre abonnement).

☐ Oui, je m'abonne à **Pour la Science** (12 n°s et leur version numérique) + **les Dossiers** (4 n°s et leur version numérique)

1 an • **64 €** au lieu de ~~102,50 €~~ Participation aux frais de port : Europe (hors France) 16 € par an, autres pays 35 € par an.

☐ Oui, je m'abonne à **Pour la Science** seul (12 n°s et leur version numérique)

1 an • **47 €** au lieu de ~~74,70 €~~ Participation aux frais de port : Europe (hors France) 12 € par an, autres pays 25 € par an.

☐ Oui, je m'abonne à **Pour la Science** version web (12 n°s)

1 an • **40 €**

Important : Pour profiter de cette offre, merci de joindre la photocopie de votre carte d'étudiant ou un justificatif de votre profession pour les professeurs.

☐ J'accepte de recevoir par e-mail des informations de **Pour la Science**

☐ J'accepte de recevoir par e-mail des informations des partenaires commerciaux de **Pour la Science**



Mes coordonnées (à remplir) :

Nom, prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Pays : _____ Tél. **: _____

E-mail **: _____

Je règle par :

☐ Chèque à l'ordre de **Pour la Science**

☐ Carte bancaire

Numéro de la carte _____

Date d'expiration _____ Signature obligatoire

Code de sécurité *** _____

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de Pour la Science. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. En cas de refus de votre part, il vous suffit de nous prévenir par simple courrier.
* prix en kiosque ** facultatif *** Merci d'inscrire les 3 chiffres figurant au dos de votre carte

TRIBUNE DES LECTEURS

Le premier ranidé d'Asie

Une récente perspective scientifique intitulée *L'arche de Noé des vertébrés* (voir *Pour la science*, juillet 2001) expose les travaux de F. Bossuyt et M.-C. Milinkovitch sur la phylogénèse des ranidés, famille d'amphibiens qui regroupe diverses espèces de grenouilles. Selon F. Bossuyt et M.-C. Milinkovitch, les ranidés qui occupaient le bloc de Madagascar-Inde se seraient scindés en deux groupes, l'un malgache, l'autre indien, lors de la séparation de ces deux plaques, puis les ranidés indiens auraient colonisé l'Eurasie après l'établissement du contact entre la plaque indienne et l'Asie. Les chercheurs proposent que la présence des ranidés sur la plaque indienne a permis à ceux-ci d'échapper à l'extinction massive des espèces animales de la limite Crétacé-Tertiaire (-65 millions d'années) au cours de laquelle ont notamment disparu les dinosaures.

En tant que paléontologue, j'aurai quelques remarques à formuler. Tout d'abord, il n'existe pas de fossiles de ranidés en Inde datant du Crétacé. En revanche, on en a découverts en Europe à un moment où ce continent n'était pas encore relié à l'Asie. Ensuite, il paraît difficile d'imaginer que les ranidés aient pu se soustraire à l'extinction du Crétacé-Tertiaire puisque l'Inde était alors le siège d'un important volcanisme, le volcanisme étant l'une des causes envisagées de cette extinction. Enfin, les dates de séparation entre l'Afrique, Madagascar et l'Inde sont discutables. Le moment où deux plaques terrestres se rencontrent ou se séparent diffère selon qu'on envisage la rencontre ou la séparation du point de vue géophysique, géologique ou paléobiogéographique. La durée de l'isolement de l'Inde pourrait avoir été beaucoup plus courte et ses effets peu prononcés.

Jean-Claude RAGE,
Laboratoire de paléontologie
du Muséum national d'histoire naturelle

Réponse de M.-C. Milinkovitch

Il faut réaliser que les fossiles auxquels Jean-Claude Rage fait référence sont très incomplets (fragments d'os longs ou de vertèbres). En outre, nous avons récemment démontré que plusieurs lignées évolutives de ranidés malgaches et indiens ont subi de spectaculaires convergences morphologiques. Ces convergences sont telles que des espèces séparées par plus de 88 millions d'années d'évolution et appartenant à plusieurs lignées adaptatives indépendantes (notamment en Inde et à Madagascar) ont été classées dans le même genre! Ces convergences sont restées non détectées, jusqu'à la publication de nos travaux de génétique moléculaire, bien que l'ensemble des caractères morphologiques aient été accessibles. Toutefois, il est relativement clair que certains aspects

de l'évolution des caractères morphologiques ne peuvent être détectés sans l'aide de données moléculaires (et vice versa). Nous sommes prêts à accepter la possibilité que les fragments fossiles auxquels J.-C. Rage fait référence soient effectivement des ranidés, mais il faudra alors aussi expliquer pourquoi notre analyse qui repose sur des milliers de caractères moléculaires ne supporte pas ce scénario, et comment les ancêtres des grenouilles ranidés malgaches ont pu atteindre cette île en traversant des distances considérables d'eau salée.

Nous ne pouvons que partager l'étonnement de J.-C. Rage quant à la survie des ranidés sur le radeau Indien, alors que celui-ci subissait des éruptions volcaniques massives, ainsi que nous ne pouvons que partager l'étonnement de la communauté scientifique lorsqu'il fut démontré qu'un astéroïde (ou une comète) a percuté la Terre il y a 65 millions d'années. Les événements catastrophiques et rares sont, par définition, surprenants. Ceci n'infirme en rien leur réalité démontrée par des données objectives.

Notre hypothèse de la colonisation de l'Eurasie par les ranidés venus d'Inde expliquerait également une origine pré-Tertiaire d'autres groupes de vertébrés (tels que les ordres de mammifères). Nous ne pouvons qu'espérer que des fouilles plus étendues (notamment en Inde et à Madagascar) permettront de la tester plus avant.

L'accélération de la mer

Dans un encadré de l'article *Les caprices des marées* (voir *Pour la science*, août 2001), S. Genthon, C. Ritz et C. Vincent affirment que l'élévation du niveau de la mer s'est brusquement accélérée au XX^e siècle. Or on dispose de deux longues séries marégraphiques sur des sites très bien maintenus, à Brest et à Marseille, où l'activité tectonique verticale est sinon nulle, du moins certainement constante au cours du siècle. Bien entendu, ces données sont influencées à court terme par une quantité d'autres phénomènes (courants côtiers, effets météorologiques...), de sorte que seules des périodes de quelques dizaines d'années sont significatives, mais, à cette échelle, la vitesse de montée du niveau de la mer n'a pas changé entre le XIX^e et le XX^e siècle.

Michel KASSER,
Laboratoire de recherches en géodésie
Institut géographique national

Réponse de Catherine Ritz

Nous nous sommes fondés sur les conclusions des experts de l'IPCC (Comité intergouvernemental sur le changement climatique). Les experts concluent d'après des mesures effectuées par des marégraphes que l'augmentation du niveau de la mer durant le XX^e siècle est de un à deux millimètres par an et que d'après de rares, mais longs, enregistrements, elle a été plus importante au XX^e siècle qu'au

XIX^e. Il faut noter que sur les derniers 3 000 ans, on estime que l'élévation du niveau s'est située entre 0,1 et 0,2 millimètre par an. En tout état de cause, à cette échelle, il y a eu accélération.

La plongée au nitrox

Moniteur de plongée, je voudrais apporter une précision sur *La plongée sous-marine* (voir *Pour la science*, septembre 2001). On emploie le nitrox non pour une question de profondeur, mais de temps de plongée : pour une même durée de paliers de décompression qu'avec de l'air, on peut rester plus longtemps sous l'eau. Pour plonger profondément, on utilise le trimix, mélange d'oxygène, d'azote et d'hélium. Les quantités d'oxygène et d'azote étant réduites par rapport au nitrox, ces deux gaz atteindront la pression partielle à laquelle ils sont toxiques plus en profondeur. Quant à l'hélium, il n'est pas dangereux : il se dissout dans les tissus et il est rapidement évacué.

P. EBELIN

Graviton et trou noir

Dans l'article *La vie intérieure du proton* (voir *Pour la science*, juin 2001), Robert Klanner considère comme acquise l'existence du graviton, la particule qui véhicule l'interaction gravitationnelle. Sans masse, il se déplacerait, tel le photon, à la vitesse de la lumière et procurerait à la gravitation une portée infinie. Il me semble que l'existence du graviton est incompatible avec celle des trous noirs. Si les photons ne peuvent pas sortir d'un trou noir, comment les gravitons pourraient-ils le faire? Et si les gravitons ne sortent pas d'un trou noir, le trou noir n'existe pas!

Jean-Paul MICHEL, Écully

Réponse

Le couplage entre trou noir et graviton est un domaine encore très mal compris de la physique théorique. Dans certains modèles, on propose que les gravitons se propageraient dans des dimensions supplémentaires de l'espace-temps. C'est cette liberté qui permettrait aux gravitons de s'évader des trous noirs.

Jérôme PEREZ,
Observatoire de Meudon

Écrivez à *Pour la science* vos réactions, vos commentaires et vos réflexions sur l'actualité scientifique et vos relations avec la science. L'adresse de *Pour la science* sur Internet est : tribune@pouirlascience.fr. Découvrez d'autres contributions de lecteurs sur le site Web www.pouirlascience.com.



Bachelier, précurseur...

IVAR EKELAND

... et incompris. Sa «théorie de la spéculation» ne fut pleinement reconnue qu'après un siècle!

L'université de Besançon va publier un livre consacré à un savant longtemps méconnu, Louis Bachelier. Celui-ci soutint, dans cette même université, le 29 mars 1900, une thèse intitulée «Théorie de la spéculation» qui est l'acte de naissance de la théorie financière moderne, et sans doute le premier exemple d'utilisation du mouvement brownien à la modélisation économique.

Nul ne sait pourquoi Bachelier choisit ce sujet peu académique, ni comment il connaissait les marchés financiers. Ses parents étant morts quand il avait 19 ans, il dut s'occuper de l'entreprise familiale, un négoce de vins au Havre, et ne put commencer ses études de mathématiques qu'à 22 ans. Pour sa thèse, il se propose d'étudier «La loi de probabilité des variations de cours qu'admet le marché à un instant donné». Plus précisément, il attaque deux problèmes : la probabilité qu'un cours donné de la Bourse soit atteint ou dépassé à une date donnée, et la probabilité qu'un cours donné soit atteint avant une date donnée. Est-il le problème plus important ? Dans le langage financier actuel, Bachelier cherche les probabilités d'exercice d'une option européenne et d'une option américaine.

La thèse de Bachelier est construite autour de trois idées : les cours sont cotés en continu, leur évolution est aléatoire, et la moyenne des gains est nulle (à condition que le taux d'intérêt soit nul, ce que nous supposons désormais). Imaginons par exemple que l'on relève les cours à intervalles réguliers de longueur h ,

$t=0, h, 2h, 3h, \dots$ et que chaque cours soit déduit du cours précédent en tirant à pile ou face : pour pile, le cours monte de la quantité c , pour face, il baisse de c .

Le processus ainsi obtenu satisfait toutes les hypothèses de Bachelier.

Mais les cours sont cotés en continu, et quand Bachelier écrit, on ne dispose pas de modèle mathématique cohérent pour

décrire des processus aléatoires en temps continu. En cette fin du XIX^e siècle, le hasard ne se mesure qu'en des temps discrets, et ce sera l'œuvre du XX^e siècle que de passer au continu. Longtemps avant tout le monde, Bachelier comprend l'intérêt du problème, pour les applications et pour les mathématiques elles-mêmes : «Si la spéculation n'existait pas, il faudrait l'imaginer», dit-il.

En passant à la limite, c'est-à-dire en imaginant ce qui se passe quand l'intervalle h entre deux relèvements devient de plus en plus petit, Bachelier montre que la variation de cours entre deux instants donnés t et T suit une loi de Gauss, dont la moyenne est nulle et la variance proportionnelle à la longueur de l'intervalle les séparant, soit $(T - t)$. Ce faisant, il retrouve une loi expérimentale découverte en 1863 par Jules Regnault, auteur d'un ouvrage intitulé *Calcul des chances et philosophie de la Bourse*, et il démontre une des propriétés fondamentales du mouvement brownien, trente ans avant que Wiener n'en fasse la théorie complète. Hélas, Bachelier prend quelques libertés avec la sacro-sainte rigueur mathématique, ce qui lui vaut l'opprobre des universitaires de l'époque qui ratiocinaient sur des erreurs minimales au lieu de voir la percée théorique.

Les contributions mathématiques de Bachelier ne s'arrêtent pas là, puisqu'il découvre également les liens très profonds du mouvement brownien avec les solutions d'une équation issue de la physique mathématique, régissant la diffusion de la chaleur. Toute sa vie, Bachelier resta fasciné par cette correspondance mystérieuse entre la théorie des processus aléatoires continus et la diffusion de la chaleur, et l'équation correspondante reste un outil fondamental de la finance : bel exemple de l'universalité des modèles mathématiques.

Malheureusement l'histoire de Bachelier est triste. Comme il n'était rien (ni agrégé, ni normalien, ni polytechnicien), qu'il avait tardé à faire ses études, et qu'il avait écrit des livres de vulgarisation, il n'obtint jamais aucune considération du milieu académique, et jusqu'à

55 ans il vécut en situation précaire, comme boursier de recherche ou enseignant non titulaire. Poincaré, qui faisait partie de son jury de thèse, avait compris ses idées et en avait relevé l'intérêt, mais il était à peu près le seul. Le grand spécialiste français du mouvement brownien, Paul Lévy, ne consentit à le lire que quand il découvrit que Kolmogorov le citait. Bachelier ne fut professeur qu'à 57 ans, et ce fut l'université de Besançon qui s'honora de l'accueillir. Il prit sa retraite en 1937 et mourut en 1946.

La revanche définitive devait encore attendre quelques années. En 1973, deux professeurs de finance américains, Fischer Black et Myron Scholes, construisaient une théorie qui utilisait le modèle de Bachelier, avec tous les acquis obtenus entretemps sur processus de diffusion, et qui allait avoir un immense succès. La formule qui porte leur nom, et qui est utilisée aujourd'hui en finance pour évaluer le prix de certains produits, est une conséquence directe de l'équation de la chaleur.

Aujourd'hui on relit la thèse de Bachelier pour s'émerveiller *a posteriori* de tout ce qu'il avait compris. Il s'était même donné la peine de confronter ses résultats avec les observations, ce qui fait de lui également un des précurseurs de l'économétrie : il déduit de sa théorie que «la valeur de la prime simple doit être proportionnelle à la racine carrée du temps», la prime simple étant ce que nous appelons aujourd'hui le prix d'une option à la monnaie, et le coefficient de proportionnalité, la volatilité du cours, puis il va chercher ce que vaut cette prime pour diverses échéances à la bourse de Paris, et il constate la validité de son modèle. On est surpris que les contemporains ne s'en soient pas étonnés, et la mention «honorable» qu'obtint la thèse de Bachelier reste choquante.

À cet ennui poli, mais profond, globalement exprimé par la communauté mathématique de l'époque, je préfère 100 fois l'enthousiasme de Regnault découvrant que les écarts de cours sont proportionnels à la racine carrée du temps : «Est-il exemple plus frappant d'un accord entre la théorie et l'expérience!»





Médicaments et publicité

PIERRE HAEHNEL

Parce que les médicaments ne sont pas des produits de consommation comme les autres, la publicité pour les médicaments à la télévision et dans la presse grand public aurait vraisemblablement des conséquences néfastes.

Jusqu'à présent, la publicité diffusée à la télévision ou dans les magazines était réservée, le plus souvent, à des lessives, des automobiles ou des produits cosmétiques. Une proposition de loi a été déposée à Bruxelles visant à autoriser la publicité sur les médicaments, non seulement, comme c'est déjà le cas, pour ceux qui sont vendus sans ordonnance et ne sont pas remboursés par la Sécurité sociale, mais également pour ceux qui sont prescrits sur ordonnance et remboursés, c'est-à-dire ceux qui ont une action thérapeutique avérée. «Achetez notre antihypertenseur, il est tellement plus efficace que les autres, c'est celui qu'il vous faut!» Le projet prévoit de commencer par les médicaments qui luttent contre le SIDA, le diabète et l'asthme.

Jusqu'à présent, on considère qu'il n'est pas souhaitable d'inciter à la consommation des médicaments remboursés par la collectivité et que seuls des médecins peuvent les prescrire à bon escient. Si elle est validée, cette décision aura des conséquences notables sur les politiques de santé publique et sur les relations entre les malades et leur médecin traitant.

Le projet a été déposé à la demande des laboratoires pharmaceutiques qui ont vu leurs revenus rognés, notamment par les médicaments génériques (un médecin ou un pharmacien peut prescrire un médicament générique, c'est-à-dire qui n'est plus protégé par un brevet, s'il estime que ses effets seront identiques dans la pathologie traitée) et par les bas prix consentis aux pays en développement. Ils voient dans ces publicités un moyen d'augmenter leurs revenus pour financer la recherche (longue, coûteuse et risquée) de nouveaux produits.

Ils avancent que les malades sont aujourd'hui très bien informés des médicaments disponibles et des médicaments en cours d'essais cliniques, notamment par l'intermédiaire des sites d'information médicale, des sites d'associations de malades et des forums diffusés sur l'Internet. Qui plus est, les malades peuvent acheter direc-

tement auprès des «pharmacies électroniques» des médicaments en vente libre aux États-Unis qui ne sont pas disponibles en France. Selon les défenseurs de la proposition, une autorisation de publicité sur les médicaments n'augmenterait pas le risque d'automédication.

C'est pourtant bien là que le bât blesse. Un spot publicitaire réussi est fait pour émouvoir, surprendre, faire sourire, voire choquer. Bref, tout sauf informer. Ainsi, dans une publicité pour un médicament, un laboratoire pharmaceutique vanterait son produit, sans en expliquer, notamment, ses effets secondaires. Le projet joue sur la confusion entre information et publicité au profit de la permissivité publicitaire.

Or, même si l'un des objectifs des biologistes et des pharmacologues est de mettre au point des substances toujours mieux ciblées, n'agissant que sur l'organe ciblé, voire sur les seules cellules infectées ou cancéreuses, les médicaments disponibles aujourd'hui n'ont généralement pas cette spécificité : ils agissent sur les organes et sur les cellules touchées, par exemple, par un agent infectieux, mais aussi sur nombre de cellules saines, action responsable des effets secondaires indésirables. Chacun connaît les troubles digestifs parfois déclenchés par les antibiotiques, voire, plus graves, les risques d'allergie.

Ainsi, quand un médicament a une efficacité réelle, il a, quasi inévitablement, des effets secondaires plus ou moins marqués. De surcroît, certains médicaments administrés simultanément ont des interactions délétères. Aujourd'hui, les médecins sont informés par l'intermédiaire des laboratoires pharmaceutiques et par l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé, l'AFSSAPS, des contre-indications de tel médicament chez tel malade et des interactions médicamenteuses. Un laboratoire pharmaceutique, vantant son produit dans un spot publicitaire, présentera des informations parcellaires et n'expliquera pas les risques liés à l'auto-administration de tel ou tel médicament.

De surcroît, le médecin ne serait plus consulté comme spécialiste, mais comme simple prescripteur, alors qu'il lui appartient de faire le bilan des avantages et des inconvénients liés à l'administration de tel médicament contre telle pathologie, chez tel patient. On peut craindre que les «consommateurs» veuillent brusquement profiter d'une liberté qu'ils jugent leur avoir été trop longtemps interdite : celle de «choisir» leurs traitements. Ils risquent d'exercer une vive pression sur leur médecin qui devra faire preuve de persuasion pour gommer les messages «subliminaux» éventuellement erronés laissés par une publicité bien conçue.

Pour certains, la publicité sur les médicaments représenterait une meilleure information du grand public, pour d'autres une stimulation artificielle de la consommation de médicaments. La publicité est d'ores et déjà autorisée aux États-Unis, depuis trois ans, et l'on constate que certains malades ou associations de malades portent plainte parce que le médicament n'a pas apporté la guérison promise. Si les informations données par les laboratoires sont complètes, fournissant à la fois les résultats que l'on peut attendre du traitement, mais aussi les risques associés, si les laboratoires ne pêchent pas par omission, si toutes les informations sont fournies, alors une telle «publicité» responsabiliserait peut-être le consommateur. Toutefois, on peut craindre que toutes ces conditions ne soient pas remplies.

Quel que soit l'impact sur la santé publique et sur les finances de la Sécurité sociale, les relations entre les malades et leur médecin évolueront nécessairement, tant en France que dans la Communauté européenne où les autorisations de mise sur le marché des médicaments, leur circulation, leur statut et leur promotion publicitaire devront être unifiés.

Pierre HAEHNEL est le secrétaire général du Conseil national de l'ordre des médecins.



Cuisine préhistorique

HERVÉ THIS

La cuisson à l'aide de pierres chauffées est possible et les aliments chauffés sont analysables par les traces qu'ils laissent dans les roches.

Comment nos ancêtres préhistoriques cuisaient-ils les aliments ? Nombre d'archéologues pensent qu'ils cuisaient certains aliments en les faisant bouillir dans de l'eau où ils déposaient des pierres chauffées au feu. À l'Université de Rennes, Ramiro March et Alexandre Lucquin explorent l'hypothèse du «bouilli par pierres chauffantes» en étudiant les résidus alimentaires laissés sur les pierres de chauffage de l'eau ou les altérations de ces pierres.

Le bouilli par pierres chauffantes était encore pratiqué en Amérique du Nord quand les Européens y sont arrivés, et en Irlande, la technique a subsisté jusqu'au début du siècle. Toutefois, la question est : la technique était-elle déjà utilisée au Paléolithique supérieur ? Depuis un demi-siècle, plusieurs archéologues ont reproduit l'opération afin d'étudier les paramètres et de savoir quelles traces on devrait chercher sur les sites anciens afin d'attester l'emploi de la technique.

En 1954, l'archéologue irlandais M. O'Kelly fut le premier à étudier les structures de combustion de cinq sites anciens, à les reproduire et à démontrer expérimentalement que l'on pouvait faire bouillir de la viande dans les fosses de combustion de ces sites. Dans une fosse de 454 litres, il fit bouillir de l'eau à l'aide de roches présentes sur le site ancien : l'ébullition de l'eau fut atteinte en une demi-heure, puis il parvint à cuire un gigot de mouton (dégusté par l'équipe). Mesurant le volume et le nombre de pierres susceptibles d'avoir été utilisées pour la cuisson de la viande, il calcula le nombre de cuissons qui pouvaient avoir été effectuées sur le site et détermina que, si ce procédé de cuisson avait été celui des occupants du site, ces derniers étaient restés sur place pendant 45 jours. Cependant le raisonnement se fondait sur la possible réutilisation des roches sans altération.

En 1968, M. L. Ryder, inspiré par la recette du *haggis*, effectua un bouilli dans une panse de mouton. Les panses étaient chauffées par un feu situé à 20 centimètres en dessous, et, dans certaines, il disposait des pierres chauffées dans le feu. Avec cette procédure, les pierres font

déborder l'eau du récipient de cuisson : l'ajout successif de pierres que l'on ne retire pas limite le volume que l'on peut chauffer, et beaucoup d'eau est perdue. M. L. Ryder ne démontra pas que cette technique avait été employée.

TU ES PETRUS

En 1992, l'archéologue grec P. Pagoulas étudia les altérations thermiques des roches et les possibilités de réutilisation. Ces altérations sont de trois types : des modifications de la couleur, des fissurations et des fracturations. Toutefois, l'étude n'était pas comparative : pour connaître la réutilisation éventuelle de roches utilisées pour du bouilli, il aurait fallu comparer des roches chauffées plusieurs fois et refroidies dans l'air avec des roches utilisées plusieurs fois pour des bouillis.

R. March et A. Lucquin se sont livrés à cette étude, en même temps qu'ils précisaient les conditions de cuisson par pierres chauffantes. Les premières expérimentations ont porté sur la faisabilité de la technique : durée de chauffage de la roche, volume de roches, température de l'eau, nature des matières premières. Ils ont d'abord observé que le chauffage des pierres est rapide : en dix minutes environ, des pierres placées dans un feu de bois atteignent une température de 600 °C. L'efficacité du procédé dépend peu de la nature des pierres, mais la résistance à l'altération diffère beaucoup selon les roches. Enfin, les archéologues rennais ont observé que les cuisiniers préhistoriques ont dû doser l'ajout de pierres pour éviter le bouillonnement excessif ainsi que les pertes d'eau.

Puis, les chercheurs ont voulu savoir si l'on pourrait reconnaître, à des résidus laissés par une cuisson sur les roches, le type d'aliments qui était consommé par les préhistoriques. Leur première étude a porté sur des épinards cuits à l'aide de blocs de grès de Fontainebleau. Dans les conditions retenues, la cuisson a duré plus de deux heures, puis la roche a été analysée. La microscopie électronique à balayage a révélé des altérations particulières des échantillons de roches

réutilisées : le ciment qui lie les grains de quartz, dans le grès, est désagrégé par les variations rapides de température, lors de l'immersion des pierres, et les grains de quartz sont altérés. D'autre part, la couleur des roches est modifiée par la cuisson (alors qu'elle ne l'est pas par le seul chauffage, avec refroidissement à l'air ou dans de l'eau). Cette modification semble résulter des molécules colorantes, d'origine organique, présentes dans l'eau de cuisson. La coloration verdâtre, notamment, correspond apparemment à des restes de feuilles cuites et collées à la surface. D'autre part, des carbonisations ont lieu au contact des zones chaudes des roches.

De telles modifications révéleraient-elles les aliments cuits au Paléolithique ? L'oxydation des composés organiques de surface aurait sans doute détruit les traces, mais les chercheurs ont observé que la couleur du cœur des roches change aussi, en raison de migrations par capillarité des composés organiques : tout espoir n'est pas perdu. En outre, les résidus de dégradations de ces molécules seraient des marqueurs des cuissons préhistoriques.

Les lipides, notamment, sont des molécules qui intéressent les paléo-chimistes, parce qu'elles sont modifiées de manière caractéristique par la cuisson (ces lipides constituent 20 à 30 pour cent de la masse sèche des épinards). Des analyses de pierres utilisées pour la cuisson d'épinards ont révélé que ces molécules sont dégradées par la cuisson, libérant des lipides chimiques inertes, dont on a beaucoup étudié la dégradation (dans les centres de pétrochimie). Les archéologues rennais ont observé sur les roches une forte proportion de la molécule d'undécane, qui serait un bon traceur des cuissons.

L'analyse chimique révélera bientôt ce que mangeaient les hommes il y a plusieurs centaines de milliers d'années.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science, le 30 octobre, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.