

Science & Vie

Mensuel n° 986 - novembre 1999



Santé
L'aluminium
impliqué dans
la maladie
d'Alzheimer ?

Géophysique
La fonte
des glaciers
s'accélère

Qu'est-ce qui fait l'homme?

Une nouvelle théorie pour
définir l'espèce humaine



T 2578 - 986 - 23,00 F



Un iMac à emporter.

Voici iBook. Jusqu'à 6 heures d'autonomie. Processeur G3 surpassant les processeurs Pentium. Vous le sortez de sa boîte et en un clin d'œil vous naviguez sur Internet – pas besoin de bureau. www.apple.com/fr.



Think different.[™]

0803 08 60 880

Penlez différemment. © 1999 Apple Computer, Inc. Tous droits réservés. Apple et le logo Apple sont des marques d'Apple Computer, Inc. déposées aux États-Unis et dans d'autres pays. iBook, Mac et Think different sont des marques d'Apple Computer, Inc. Autonomie de la batterie en utilisation normale. Comparaison basée sur le 333MHz iBook avec 667MHz Pentium. Pentium est une marque déposée d'Intel Corp.



VESTE EN COTON
AVEC 5% DE LYCRA®

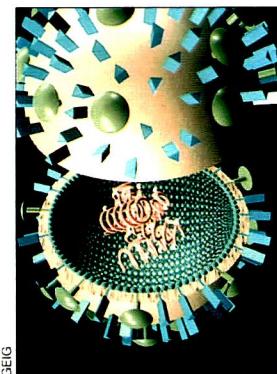
UN PEU DE LYCRA® APporte PLUS
DE CONFORT ET DE SOUPLESSE
AUX VÊTEMENTS QUE VOUS AIMEZ.
ET VOUS APporte BEAUCOUP.

Vivez
la
différence

LYCRA®
OWNED BY DUPONT

LYCRA® est une marque déposée de DuPont. www.dupont.com/lycra

Grippe : vaccin ou antiviral ?



Le virus de la grippe est l'un des plus étudiés au monde.

Cette année, comme depuis vingt ans, la campagne de vaccination contre la grippe bat son plein. Si ces campagnes sont nécessaires, elles ne sont pas totalement efficaces. Les souches qui composent le vaccin grippal de cet hiver sont à quelque chose près celles du vaccin de l'hiver dernier : les anticorps fabriqués par le système immunitaire pour lutter contre les souches de l'année dernière sont aptes à détruire celles de cette année.

Mais, si une souche mutante apparaissait, le vaccin serait alors totalement inefficace. Or, cette hypothèse alarmiste est évoquée lors de colloques scientifiques. « Si ce n'est pas cet hiver, ce sera l'hiver prochain ou dans deux ans ; ce n'est pas un pronostic mais une certitude », ont déclaré récemment les spécialistes internationaux réunis à Nice, à l'occasion du vingtième anniversaire du Groupe d'étude et d'information sur la grippe (GEIG).

Pour l'instant, un nouveau vaccin efficace contre plusieurs virus grippaux de type A (mais pas contre les types B et C), vient d'être mis au point par une équipe belge de l'université de Gand, dirigée par le Dr Walter Fiers. De plus, le premier antiviral à usage curatif est arrivé sur le marché : le Relenza, fabriqué par le laboratoire britannique Glaxo-Wellcome. Des études portant sur six mille patients prouvent que le Relenza réduit de 25 à 30 % la durée des symptômes, et qu'il diminue de 30 % la sévérité de la maladie.

On peut juste regretter que la recherche biomédicale française, en pointe il y a vingt ans avec son vaccin antigrippal, largement utilisé aujourd'hui, se soit endormie sur ses lauriers, alors qu'une grave menace s'annonce.

S & V

n° 986 • novembre 1999

1, rue du Colonel-Pierre-Avia
75 503 Paris Cedex 15
Tél. : 01 46 48 48 48
Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : svmens@excelsior.fr

Recevez *Science & Vie* chez vous. Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 186.

Organigramme p. 9.

Encart abonnement *Science & Vie* jeté entre deux cahiers. Diffusion vente au numéro.

France métropolitaine.

Un catalogue *Les Objets du savoir* est joint aux exemplaires destinés aux abonnés.

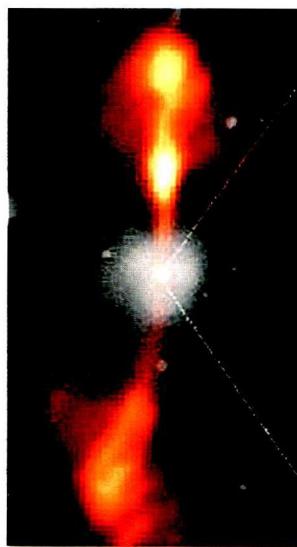
Diffusion : France métropolitaine.

Un dépliant d'abonnement à *Science & Vie* Micro et SVM Mac est joint aux exemplaires destinés aux abonnés.

Diffusion : France métropolitaine.

Couverture : P. & K. Smith/

Fotogram-Stone Images



■ Des particules dotées d'une énergie phénoménale bombardent la Terre en permanence. On soupçonne qu'elles sont les descendantes directes de particules ultra-massives venues des tout premiers commencements de l'Univers. Un projet international devrait élucider l'éénigme...

72

TOUS LES SAMEDIS,
À 8 h 50 SUR BFM*,

Marcel Lévy donne

"Carte blanche à *Science & Vie*" dans son émission "Destination Progrès". (Rediffusions à 16 h 50, 19 h 20, 22 h 20).

*Paris : 96.4

Retrouvez les autres fréquences sur www.radiobfm.com.



Sommaire

Forum 8

Actualité

Recherche 14

Environnement 32

Technologie 40

Médecine 50

En couverture

Qu'est-ce
qui fait
l'homme? 59

■ Le genre *Homo* n'est plus ce qu'il était 60

■ Une brève histoire des hommes 66

■ Cladisme : comment un arbre peut cacher une forêt 68

Physique

Les particules du big bang 72

Génétique

Les souris à la mémoire d'éléphant 88

Santé

Les périls cachés de l'aluminium 100

Hydrologie

Le fleuve trop tranquille 108

Archéologie

L'éénigme du masque d'or 114



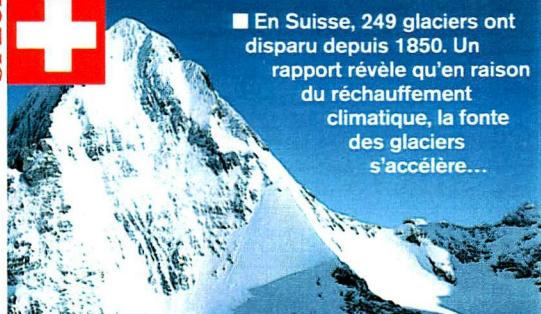
AKG
PARIS

■ Coup de tonnerre dans le milieu de l'archéologie : selon des spécialistes américains, le célèbre masque d'Agamemnon, mis au jour par Schliemann en 1876, serait un faux.

114

120

SPÉCIAL
SUISSE



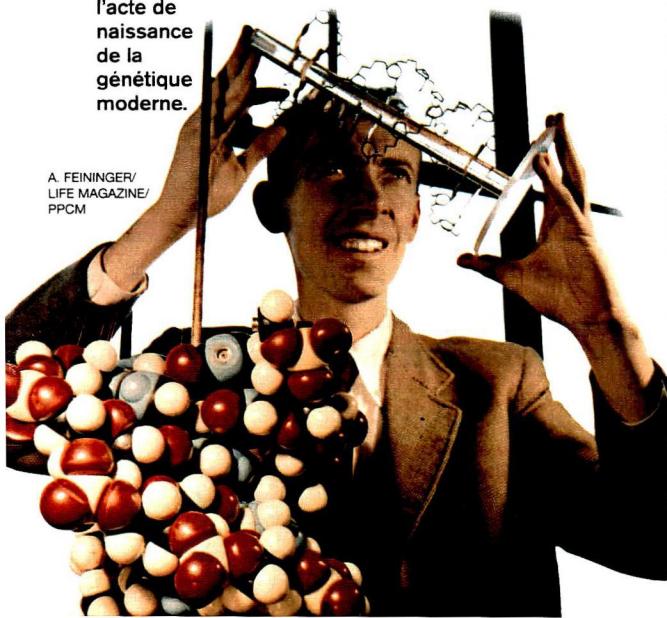
© A. KAAB

■ En Suisse, 249 glaciers ont disparu depuis 1850. Un rapport révèle qu'en raison du réchauffement climatique, la fonte des glaciers s'accélère...

168

■ 1953 : James Watson (ci-dessous) et Francis Crick découvrent la double hélice de la molécule d'ADN. Leur découverte signe l'acte de naissance de la génétique moderne.

A. FEININGER/
LIFE MAGAZINE/
PPCM



■ Coup de tonnerre dans le milieu de l'archéologie : selon des spécialistes américains, le célèbre masque d'Agamemnon, mis au jour par Schliemann en 1876, serait un faux.

Spécial Suisse

Neurologie

Des cellules animales "en visite" dans le cerveau humain 80

Archéologie

Le berceau asiatique des Inuits 94

Enquête

Les glaciers sont bien malades 120

Géodésie

La Terre à 3 mm près 130

Aéronautique

Ils ont trouvé comment réparer les ailettes 136

Pl@net

Actualité du multimédia 141

Sport en direct du Web 148

Internet : les virus attaquent 154

Conso 158

Des bouquets pour tous 162

Encyclopédie xx^e siècle

La découverte de l'ADN 167

■ L'hérédité sur une hélice 168

■ Le chef d'orchestre de la vie 174

■ Michel Morange : « Il est bien difficile de donner une définition de la vie » 176

Loisirs

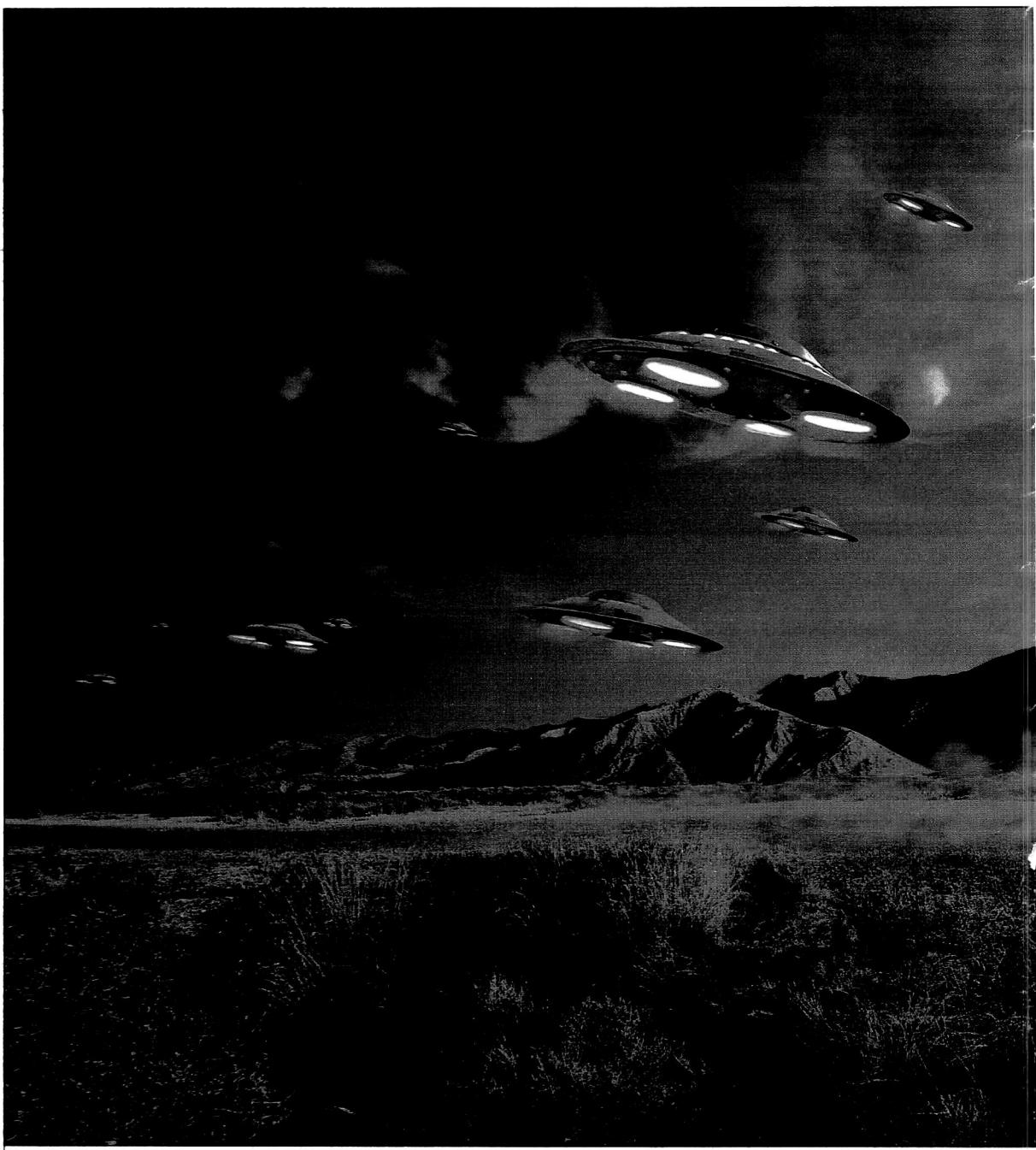
Rétro 181

Le ciel du mois 182

CD-Rom 184

Livres 188

Les témoignages sont peu nombreux mais formels : l'engin manifesterait une précision de trajectoire hors du commun. Un phénomène qui s'explique auraient également été observées. Plus troublant : des sièges Récaro, un volant 3 branches ainsi qu'un tableau de bord incrusté d'aluminium brossé



A4 V6 TDI Pack-Sport (châssis sport : 500 exemplaires).

Avez-vous une preuve

36-15 Audi
0,12 F l'accès
1,25 F la minute

Centre d'information Audi A4 :
01 41 44 33 24

<http://www.audi-france.com>

rait par l'association d'un châssis surbaissé avec une motorisation V6 2.5 TDI de 150ch. Des jantes 10 branches 17 pouces et une peinture métallisée et satiné refléterait un tempérament sportif particulièrement raffiné. Une chose est sûre : seuls 500 privilégiés goûteront pareils priviléges.



Audi recommande



AKSSEL

que cette voiture existe ?


Audi

Forum

Le parler des

les premières **banlieues**



Prosodie anglaise « Je voudrais redresser une erreur commise dans l'excellent article de Pierre Rossion, "Le parler des banlieues" [Science & Vie n° 984, p. 92], écrit M. Michel Monnier, professeur d'anglais à Paris. Il est tout à fait vrai que, suivant l'intonation, les mots anglais changent de signification. Mais généralement le nom est accentué sur la première syllabe et le verbe sur la dernière syllabe et cela se retrouve à peu près dans tous les mots anglais d'origine latine. Ainsi, en ce qui concerne le mot **import**, à l'inverse de ce qui a été indiqué (p. 95), une accentuation sur la première syllabe **import** lui donne le sens d'**importation**, tandis qu'une accentuation sur la dernière syllabe **import** correspond au verbe **importer**. Il en est beaucoup d'autres du même genre : **transport**, *le transport*, **transport**, **transporter**, **présent**, **le cadeau**, **présent**, **offrir**; citons aussi **export**, **extract**, **insult**. [...] Suivant l'accentuation des mots dans une phrase, il y a souvent un changement d'orthographe et de signification. Ainsi, "a **greenhouse**" = une serre, mais "a **green house**" = une maison verte; "a **blackboard**" = un tableau noir.

mais "a black **board**" = une planche noire; "a **blackbird**" = un merle *mais* "a black **bird**" = un oiseau noir; "an **English** teacher" = un professeur d'anglais, *mais* "an English **teacher**" = un professeur de nationalité anglaise [...] »

On comprend, face à ces subtilités, la difficulté de la langue anglaise, le sens des mots étant le plus souvent compris à la lueur du contexte dans lesquels ils sont employés.

Météorisation « *A la lecture de votre écho "Les trèfles polluent" [Science & Vie n° 983, p. 13], il me revient la réponse du berger qui faisait passer son troupeau de brebis dans la prairie située au-dessous de ma propriété*, écrit M. Lahet-juzan, de Tourrettes (Var). *Quand je lui demandai pourquoi il les faisait passer si vite sans leur laisser le temps de paître plus, il me répondit que c'était une prairie de trèfle et que cette plante fait gonfler les brebis si elles en mangent trop [...] ».*



Les éleveurs connaissent les inconvénients de ces plantes fourragères. Les protéines solubles des jeunes feuilles de luzerne, de trèfle, de sainfoin font une mousse stable dans le rumen. Les gaz s'accumulent et la panse se distend. Ce phénomène appelé "météorisation" rend la respiration difficile et l'animal peut mourir asphyxié si l'on n'évacue pas les gaz.

Raisin sans pépins « Désolé de vous contrarier, mais le raisin importé du Chili n'est pas le seul raisin sans pépins que l'on trouve en France [Science & Vie n° 983, p. 20], écrit M. Jean-Louis Vignaud, du Perreux-sur-Marne (Val-de-Marne). Je possède depuis près de vingt ans, à la campagne, une vigne Perlette qui donne un raisin blanc très sucré et sans pépins. Cette vigne a été achetée par correspondance dans un catalogue spécialisé. [...] Elle donne un raisin de petite taille à grains ronds. Je l'ai marcottée sans problème pour faire d'autres pieds. »

Perlette est en effet une variété créée à la fin de la seconde guerre en Californie et plantée dans les années 60 pour le marché de la conserve des fruits au sirop. Cependant, cette variété autorisée à la culture en France a des grains trop petits pour être sur le marché du frais, où seul le raisin sans pépins du Chili est aujourd'hui commercialisé.

九章算术

РЕЗУЛЬТАТЫ

Du raisin sans pépins

1991年6月號/1992 11月號

ce est du moins un moment de l'histoire de l'art.



Rhinocéros ou tapir ? « *Le Baluchitherium* est cité dans l'Evolution des mammifères, de L. B. Halstead, un ouvrage de vulgarisation scientifique paru en France en 1979 chez Nathan, et en 1978 pour l'édition originale chez Eurobook Ltd, écrit M. Pascal Pedro, de Paris. L'écho qui lui est consacré [Science & Vie n° 982, p. 16] doit donc concerner la première découverte d'un squelette complet de cet animal, ce qui expliquerait le réalisme de votre illustration (en 1978, il était présenté comme un grand rhinocéros sans corne, pouvant mesurer 8 m de long pour 5 m au garrot). Au fait, quelle est sa filiation : est-ce un rhinocéros ou un tapir géant ? »

Vous avez raison : le *Baluchitherium* a été redécouvert par l'équipe de

Jean-Loup Welcomme. Du plus grand mammifère terrestre on ne possédait que quelques bouts de mâchoire et quelques ossements, mis au jour au début du siècle par un Anglais du nom de Pilgrim, dans la formation géologique de Bugti (Pakistan). Il fallut attendre les années 90 pour que des chercheurs du Muséum d'histoire naturelle osent se lancer sur les traces de l'animal dans une région qui connaît de nombreux troubles. Leurs fouilles, menées sous la protection de l'armée, ont abouti à la découverte de plusieurs représentants de l'espèce. L'étude de ces squelettes a pu enfin révéler l'allure générale de cet ongulé géant, qui appartient à la famille des rhinocérotidés. Certes, le grand mammifère évoque plus un tapir qu'un rhinocéros. Mais les dernières espèces vivantes de cette famille (cinq espèces de rhinocéros) ne donnent pas une image très juste de sa diversité durant l'Oligocène, il y a une trentaine de millions d'années quand vivait le *Baluchitherium*. La ressemblance de cet animal avec le tapir n'a rien d'étonnant : la famille des tapiridés et celle des rhinocérotidés appartiennent toutes deux à l'ensemble des céramorphes.



TOUTE LA BOURSE EN DIRECT
profitez des tarifs MODULO®
3 615
1000 ACTIONS
• 50 % de réduction du lundi au vendredi de 19 h à 8 h, le samedi à partir de 12 h et les dimanches et jours fériés
OPTION FINANCE
2,23 F la minute

Le plaisir de savoir

Science & Vie

Publié par Excelsior publications SA.

Capital social : 10733 500 F.

Durée : 99 ans.

1, rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15.

Tél. : 01 46 48 48 48. Fax : 01 46 48 48 67.

E-mail : svmens@excelsior.fr

Adresse télégraphique : Sienvie Paris.

Principaux associés : Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : **Paul Dupuy**. Directrice générale : **Yveline Dupuy**. Directeur général : **Jean-Pierre Beauvauet**. Directeur général adjoint : **François Fahys**. Directeur financier : **Jacques Béhar**. Directeur marketing et commercial : **Marie-Hélène Arbus**. Directeur marketing et commercial adjoint : **Patrick-Alexandre Sarradeil**. Directrice des ventes : **Chantal Contant**. Directeur des études : **Roger Goldberger**. Directeur de la fabrication : **Pascal Rémy**.

RÉDACTION

Rédacteur en chef : **Jean-René Germain**, assisté d'**Elisabeth Latsague**. Rédacteurs en chef adjoints : **Jean-François Robredo**, **Didier Dubrana**, **Gérard Morice**. Chef des informations : **Isabelle Bourdial**. Secrétaire général de la rédaction : **Norbert Régina**. Secrétaires de rédaction : **Agnès Marillier**, **Jean-Luc Glock**, **Camille Chaplain**, **Alain Le Roch**. Chefs de rubrique : **Philippe Chambon**, **Germain Chambost**, **Roman Ikonicooff**. Rédacteurs : **Pierre Rossion**, **Marie-Laure Moinet**, **Henri-Pierre Penel**, **Hélène Guillermot**, **Valérie Greffoz**. Conception graphique : **Nathalie Baylaucq**. Direction artistique : **Gilles Moine**. Maquette : **Lionel Crooson**, **Valérie Samuel**. Service photo : **Anne Levy**. Documentation : **Marie-Anne Guffroy**. Renseignements lecteurs : **Monique Vogt**. Correspondante aux Etats-Unis : **Sheila Kraft**, 11259, Barca Boulevard, Boynton Beach, Florida, 33437, Etats-Unis, tél. : (00) 1 561 733 9207, fax : (00) 1 561 733 7965.

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Catherine Chauveau, Loïc Chauveau, Yves Delaye, Quentin Deville, Mathilde Elie-Aspés, Christophe Labbé, Géraldine Magnan, Pierre-André Magnin, François Marchal, Olivia Recasens, Véronique Rochewsky, Claude Spasevski.

RELATIONS EXTERIEURES

Michèle Hilling, assistée de **Chrystel More**.

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Directeur : **Marie-Ange Rouquet-Dezelius**, tél. : 01 46 48 47 26, 01 46 48 19 19 et 01 46 48 49 39. Chef de produit junior : **Mathilde Janier**, tél. : 01 46 48 47 13.

PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 01 41 34 82 08. Directeur commercial : **Olivia Meinielle**. Assistante commerciale : **Valérie Louis**. Directrice de la publicité : **Sophie Vatelon-Oger**. Directeurs de clientèle : **Cédric Larrieu**, **Sibylle Dubost**. Assistante de publicité : **Sandrine Perez**.

A NOS LECTEURS

Renseignements : **Monique Vogt**, tél. : 01 46 48 48 66, e-mail : **mvogt@excelsior.fr**. Commande d'anciens numéros et de reliures : **Chantal Poirier**, tél. : 01 46 48 47 18.

SERVICES COMMERCIAUX

Chef de produit marketing : **Capucine Jahan**. Chef de produit ventes : **Marie Cribier**. Téléphone vert : 0 800 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 1070 Bruxelles. Abonnements et marketing direct : **Patrick-Alexandre Sarradeil**.

ABONNEMENTS

Relations clientèles abonnements : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 01 46 48 47 08 (à partir de 9 h). Tarifs d'abonnements sur simple demande téléphonique au 01 46 48 47 17. Aux Etats-Unis et au Canada : Periodica Inc. - C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale 1211, Genève 1, Suisse. En Belgique : Press Abonnements, avenue des Volontaires, 1160 Bruxelles. Autres pays : nous consulter.

A NOS ABONNES

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 3 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec *Science & Vie* sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal. Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus. La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous. Copyright 1989 *Science & Vie*.



L'hépatite C avance masquée

- 500 000 français sont porteurs du virus de l'hépatite C, la plupart sans le savoir. La gravité de ce problème de santé publique commence à poindre et sera correctement évaluée si l'on a la volonté d'en débattre.

During the last few years, the number of people who have been diagnosed with a brain tumor has increased. This is due to a variety of factors, including better diagnostic tools and more awareness of the disease. However, the exact cause of brain tumors is still not fully understood. In this article, we will explore the causes of brain tumors and the latest research in this field.



Hépatite C « En France, le nombre de porteurs sains du virus de l'hépatite C est officiellement d'environ 630 000 personnes, écrit M. Jean-Paul Dejeu, de Villiers-Herbisse (Aube). A ce jour, 75 % des personnes porteuses de ce virus l'ignorent toujours alors qu'un test de dépistage existe depuis 1990. Quand les pouvoirs publics vont-ils enfin décider d'organiser une grande campagne en faveur d'un dépistage efficace ? Va-t-on encore longtemps laisser ces personnes sans surveillance médicale et sans soins ? On sait que des milliers d'entre elles vont évoluer lentement mais d'une manière irréversible vers la cirrhose du foie puis

vers le cancer. Pourquoi les médias se taisent-ils ? [...] L'interféron seul permet de guérir définitivement 20 % des personnes soignées. La bithérapie interféron + ribavirine permet d'en guérir 50 %. L'abstinence alcoolique complète ralentit la progression de la maladie [...] et permet de gagner beaucoup de temps. Encore faut-il savoir que l'on est contaminé. Quand le ministère de la Santé

obligera-t-il les producteurs et commerçants de boissons alcoolisées à inscrire sur leurs bouteilles que l'alcool est dangereux même à dose quotidienne modérée pour des personnes atteintes d'hépatite chronique ?

Si une consommation quotidienne modérée de vin a plutôt un effet bénéfique pour nos artères, l'alcool est un facteur aggravant majeur à bannir en cas d'hépatite. D'où la nécessité du dépistage, qui est en général conseillé dès lors qu'il y a un cas dans la famille, un antécédent de toxicomanie ou de transfusion sanguine et pour les personnes provenant de régions à risque. Des réseaux de soins se créent dans quelques régions.

Quant aux médias, ils n'observent pas tous le silence. *Science & Vie* en a parlé dès le mois d'août 1997 ("L'hépatite C avance masquée", n° 959, p. 78) et Arte consacrait son Théma du 9 septembre 1999 au retour des épidémies. Une personne sur cinq atteinte d'hépatite C développe une cirrhose (en une vingtaine d'années), dont 3 à 5 % par an évoluent vers un cancer. ■

Eclipses centrales « En lisant votre article "Ce que les éclipses nous apprennent" [Science & Vie n° 983, p. 50], j'ai appris qu'une éclipse pouvait être annulaire et totale comme celle que l'on verra à Panama le 8 avril 2005. Quelle est la différence entre ce type d'éclipse et une éclipse annulaire ? », demande M. Jean-Marc Panisset, d'Elne (Pyrénées-Orientales).

Le 8 avril 2005, le diamètre apparent de notre satellite sera exactement celui du Soleil.

L'éclipse sera donc mixte, totale ou annulaire

selon la position de l'observateur sur la bande de centralité

L'éclipse du

11 août observable en France était totale (diamètre apparent de la Lune supérieur à celui du Soleil sur toute la bande de centralité)

Dans les éclipses annulaires, la Lune est à sa distance maximale de la Terre et son diamètre apparent, inférieur à celui du Soleil, ne le masque pas totalement; on observe un anneau périphérique de Soleil.

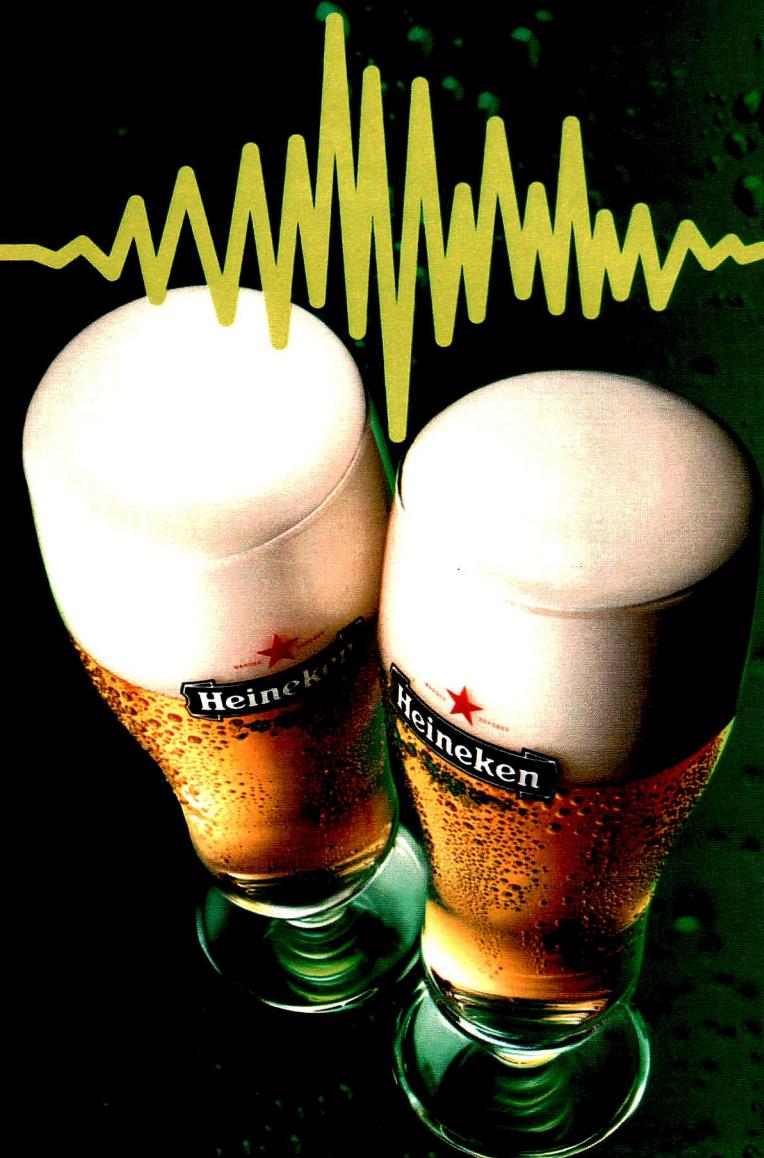
Supraconducteurs Une

erreur d'unité s'est glissée
dans notre légende sur les
câbles supraconducteurs
“Rendement à 100 %”

[Science & Vie n° 983, p. 52]. Il s'agissait de volts et non d'ampères; l'intensité du courant le long d'un conducteur est toujours constante. Ce sont les chutes de tension, observées dans un conducteur de résistance non nulle, qui disparaissent dans le cas des supraconducteurs.



L'esprit bière par Heineken



Représentation graphique en onde radio due aux crépitements de la mousse Heineken.

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.



Un jour,



le touring BMW Série 3

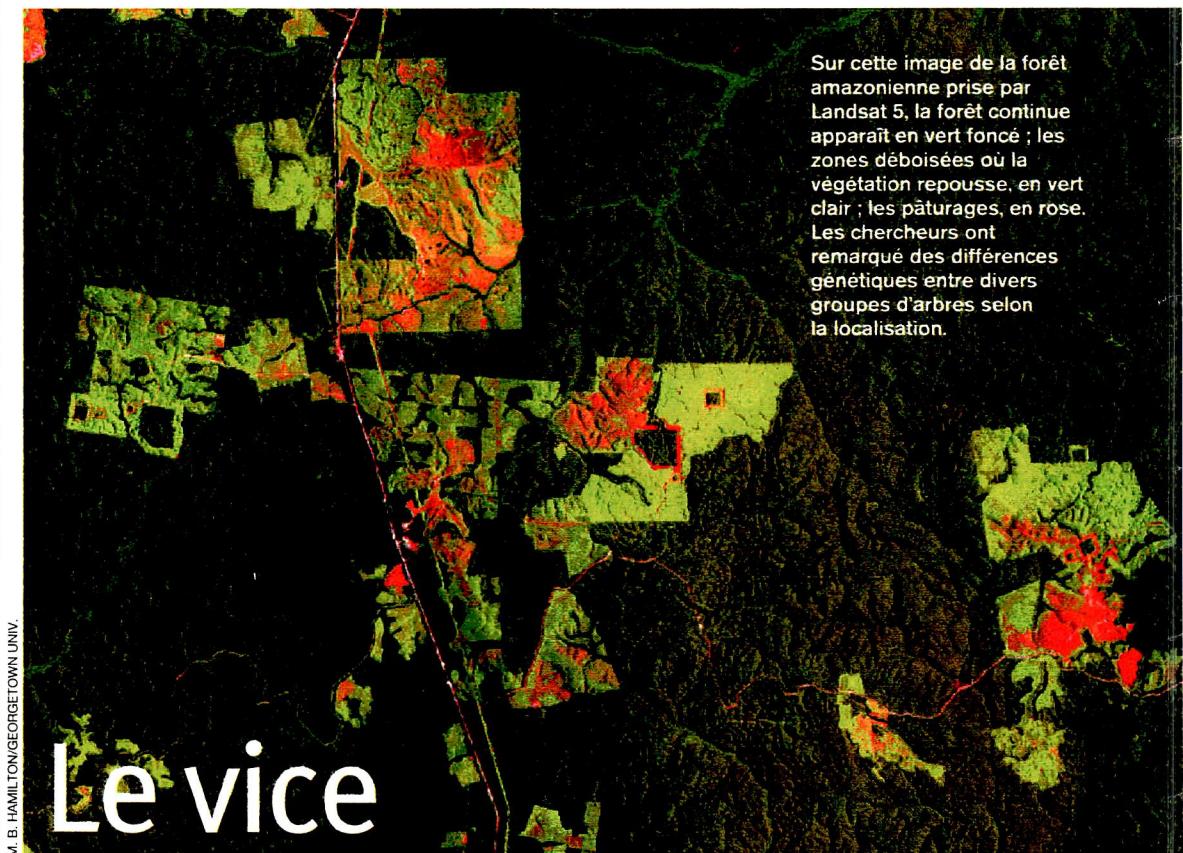
fera partie du paysage.

92 % des pièces du nouveau touring BMW Série 3 sont recyclables. Il sera difficile de ne pas remarquer la ligne sportive et élégante du nouveau touring qui s'intègre parfaitement au paysage. Cette intégration est si naturelle que 92 % des éléments qui le composent sont recyclables. Remarquablement sportif et écologique, voici donc le touring que la nature attendait. **3er BMW 1.20 E61**, www.bmw.fr



3 NOUVEAU
TOURING
BMW SERIE 3





M. B. HAMILTON/GEORGETOWN UNIV.

Le vice de la déforestation

Le grignotage incessant des forêts tropicales aurait un effet secondaire imprévu : il entraînerait des coupes claires dans leur patrimoine génétique.

La déforestation n'a pas pour unique effet de rayer de la carte de vastes superficies boisées. Elle appauvrirait aussi le patrimoine génétique des forêts résiduelles. Cet impact qualitatif est très sérieusement envisagé par des chercheurs brésiliens et américains, qui publient leurs travaux dans la revue *Nature* n° 6749. La déforestation engendre des mosaïques de

paysages où alternent zones déboisées et tronçons de forêt. L'équipe de Matthew Hamilton, du département de biologie de l'université Georgetown, à Washington, et de l'Institut brésilien de recherche en Amazonie, montre en effet qu'en entravant la dispersion des graines des arbres, cette fragmentation aurait un impact sur les flux de gènes, donc sur la structure génétique des essences présentes.

Sur cette image de la forêt amazonienne prise par Landsat 5, la forêt continue apparaît en vert foncé ; les zones déboisées où la végétation repousse, en vert clair ; les pâtures, en rose. Les chercheurs ont remarqué des différences génétiques entre divers groupes d'arbres selon la localisation.

L'importante longévité des arbres a compliqué la mise en évidence d'un effet génétique sur le peuplement sylvestre qui s'inscrit dans le long terme. De plus, jusqu'à présent, les études génétiques des forêts tropicales compartimentées s'étaient focalisées sur le pollen, qui, à la différence des graines, peut passer aisément d'un îlot boisé à un autre.

Les chercheurs ont analysé le génome d'un arbre de la canopée, *Corythophora alta*. Ils ont montré que, dans une forêt discontinue, le flux des gènes véhiculés par les graines de cet arbre est perturbé, ce qui entraîne des problèmes de "consanguinité" chez les *Corythophora*. **I. B.**

COSMOLOGIE

Matière noire toujours obscure

Le mystère de la matière noire galactique s'obscurcit encore. Depuis plus de vingt ans, on sait que les étoiles visibles ne représentent que le dixième de la masse de notre galaxie. Des astrophysiciens ont suggéré que les neuf dixièmes restants (la mystérieuse "matière noire") pourraient être constitués de gros objets sombres, du type de Jupiter. Ces objets invisibles seraient éventuellement détectés grâce à leurs effets de "micro-lentilles gravitationnelles", quand ils interceptent la lumière d'une étoile plus lointaine sur la ligne de visée des télescopes. Deux expériences, l'une américano-australienne MACHO (Massive Compact Halo Objects) et l'autre constituée à majorité de chercheurs du CEA, du CNRS et de l'université d'Orsay, EROS (Expérience de recherche d'objets sombres), se consacrent à cette étude. Après trois ans de mesures, l'équipe d'EROS annonce que les quelques phénomènes de micro-lentilles gravitationnelles observés ne suffisent pas à expliquer la matière noire : il en faudrait au moins trois fois plus. La matière noire n'est pas (ou pas seulement) constituée d'astres sombres.

H. G.

ASTRONOMIE

EAU EXTRATERRESTRE

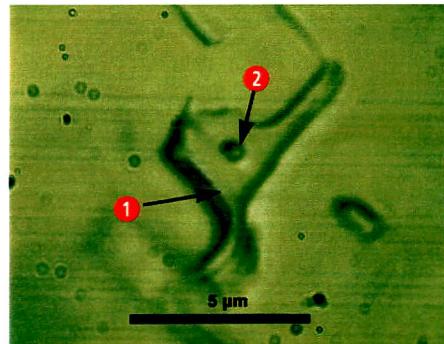
■ Des traces d'eau salée viennent d'être découvertes dans une météorite tombée au Texas en 1998.

Etudié par un groupe de chercheurs américains (*Science*, n° 5432), ce caillou céleste est une chondrite, un type de météorite qui renferme les plus anciens matériaux

Inclusion d'eau 1 et petite bulle de gaz 2 dans une météorite tombée au Texas en 1998.

du système solaire. La présence d'eau dans l'une de ces météorites signifierait donc qu'à l'aube de la création des planètes la molécule d'eau existait déjà.

P. G.



NASA/JOHNSON SPACE CENTER

SOCIÉTÉ

Science et cité



En Suisse, démocratie directe, il suffit que 100 000 citoyens signent au bas d'une "initiative populaire" pour que le pays aille voter. Depuis vingt ans, ce "baromètre" a servi plusieurs fois à propos de la recherche scientifique. En 1998, les Suisses se prononçaient sur la suppression complète du génie génétique. Elle a été rejetée par deux tiers des votants, mais un Suisse sur trois s'est dit prêt à

sacrifier une partie des compétences scientifiques de son pays!

A cette occasion, on a mesuré la largeur du fossé creusé entre le public et les laboratoires. Pour renouer le dialogue, les quatre académies scientifiques du pays, l'Union suisse du commerce et de l'industrie et le Fonds national suisse de la recherche scientifique viennent de créer la fondation Science et Cité. Son conseil se compose de chercheurs, de journalistes, d'écrivains, de juristes, d'entrepreneurs et d'économistes.

Q. D.

<http://www.science-et-cite.ch>

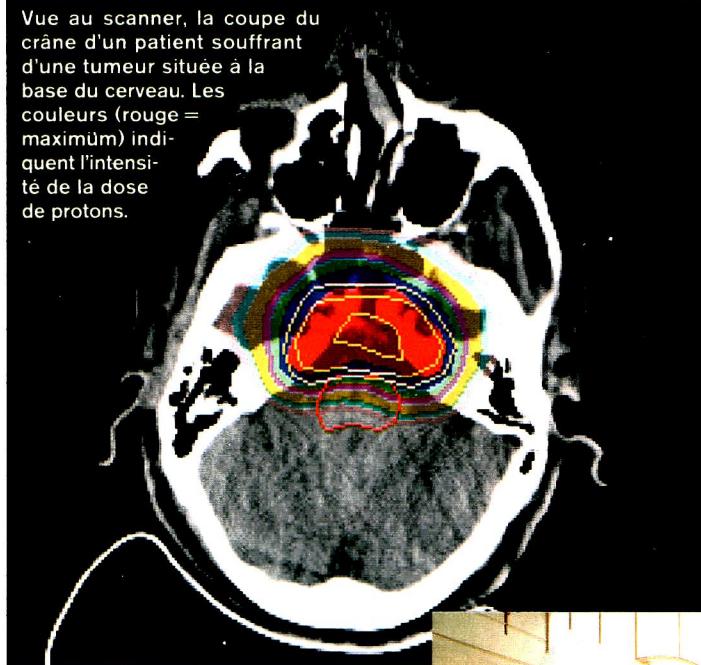


MARKUS SENN

1998 : le prix Nobel Rolf Zinkernagel (au centre) et 3000 chercheurs manifestent pour le génie génétique.

RECHERCHE

Vue au scanner, la coupe du crâne d'un patient souffrant d'une tumeur située à la base du cerveau. Les couleurs (rouge = maximum) indiquent l'intensité de la dose de protons.



MÉDECINE

Faisceau de protons contre tumeurs



SPÉCIAL SUISSE Une nouvelle application a été trouvée au faisceau de protons de l'accélérateur de particules de l'Institut Paul-Scherer (PSI), à Villigen (Suisse). Il équipe une installation médicale unique au monde par sa technologie. Son rôle est de détruire les tumeurs à l'intérieur du corps, en particulier celles qui sont irrégulières, massives et difficiles d'accès pour le chirurgien. La médecine reconnaît aujourd'hui l'utilité des protons pour anéantir certaines tumeurs par ionisation.

L'installation du PSI a ceci d'unique que ces particules agissent sur un petit centimètre cube à la fois et que la destruction des cellules cancéreuses se déroule en



attaquant la tumeur à l'aide du faisceau de protons.

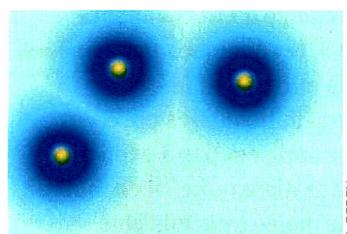
Contrairement aux rayons X et aux rayons g utilisés en radiothérapie, les protons sont chargés électriquement : on peut donc orienter leur course à l'aide d'aimants. De plus, ils sont davantage freinés par les tissus biologiques : pour la même énergie initiale, leur profondeur de pénétration sera différente s'ils traversent du muscle, de l'os ou du tissu adipeux. Or, c'est à la fin de leur course que les protons libèrent leur dose maximale d'ionisation. L'art des ingénieurs du PSI consiste à doser l'énergie du faisceau en fonction des tissus traversés, pour atteindre une précision de freinage des protons à 1 % près. P.-A. M.

INFORMATIQUE

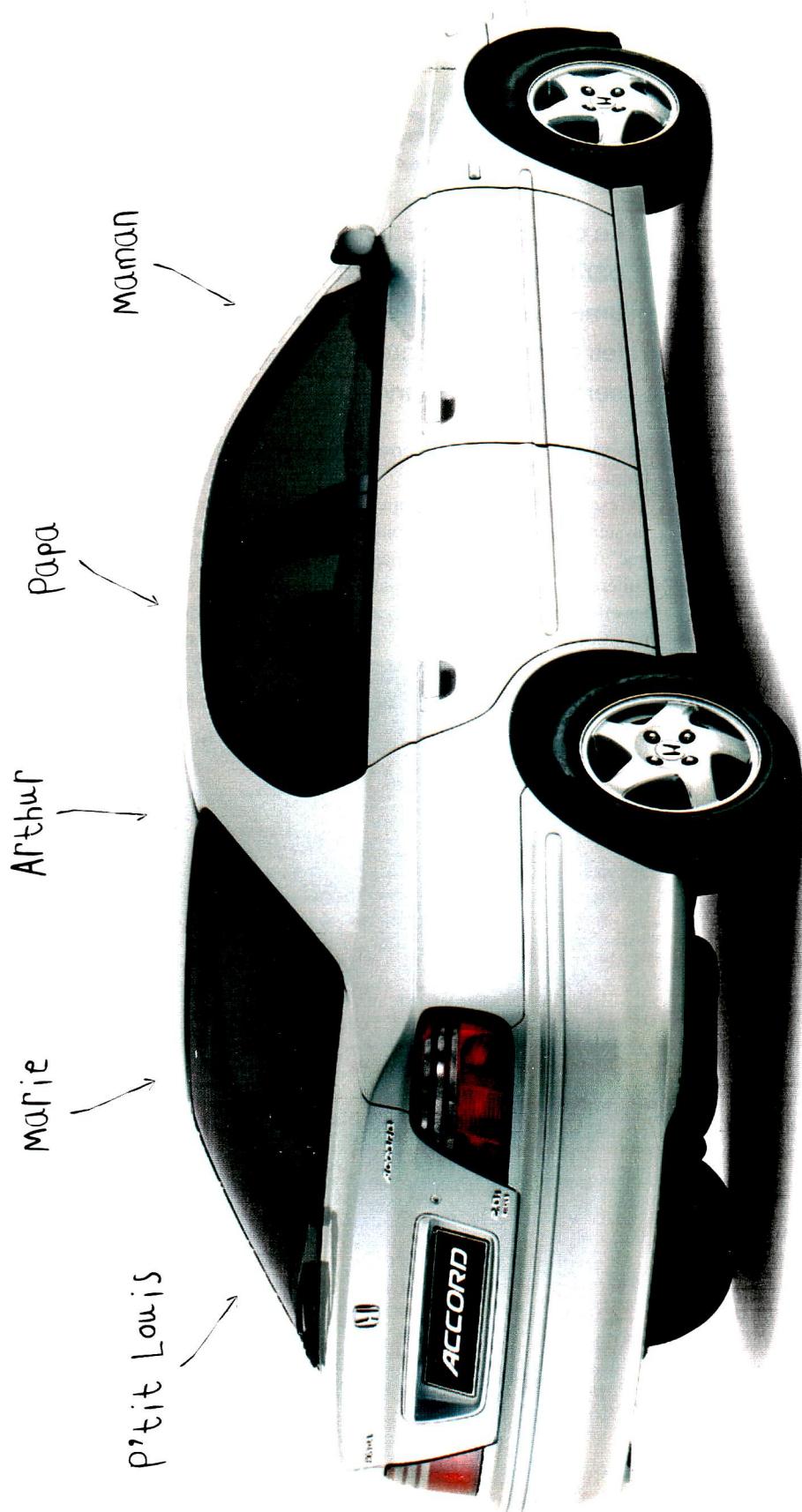
Génétique "in silico"

Les organismes virtuels, ces programmes informatiques qui imitent la vie, pourraient devenir un outil en biologie. Ils peuvent muter, s'autorépliquer et s'adapter par sélection naturelle. L'équipe de Richard Lenski (*Nature*, n° 6745) a testé des mutations et des réplications de génomes "in silico" – et non plus *in vivo* ou *in vitro*, comme le ferait la biologie

classique. Selon Paul Bourgine, enseignant chercheur au Centre de recherche en épistémologie appliquée (CREA), ces travaux sont à prendre avec précaution. Certes, cet outil met l'informatique au service de la génétique pour tester un grand nombre d'entités et mieux mesurer les conséquences des diverses hypothèses. Derrière le débat épistémologique, il reste à savoir si les travaux de Richard Lenski peuvent être extrapolés au monde réel. P. G.



Ces organismes digitaux développés à l'université de Coventry (Grande-Bretagne) interagissent avec leurs voisins.



Nouvelle Honda Accord 5 portes : Place à la [famille] !



HONDA

L'innovation au service de l'homme

Avec la nouvelle Honda Accord, faites place à la famille pour une **sécurité** maximum : **sécurité active** (suspension à double triangulation et multi-bras à l'arrière, freinage ABS, système EBD), **sécurité passive** (châssis renforcé, coussins gonflables de sécurité, ceintures de sécurité ELR), **sécurité contre le vol** (anti-démarrage, radio protégée). À partir de 124 800 F TTC, tarif au 01/10/99 - AM 00. 3615 HONDA 2,23 F/min.

ACCORD

Le bonheur est-il inné ?

Le bonheur, ça ne s'invente pas chez les chimpanzés. Selon des chercheurs de l'université d'Arizona, à Tucson, les gènes conditionneraient l'aptitude de ces primates à être heureux. Une enquête sur le comportement de 135 animaux dans 13 zoos a montré que des chimpanzés vivant dans des conditions identiques présentent des signes extérieurs de bien-être contrastés.

L'étude génétique a révélé que les gènes contribueraient, dans une marge d'environ 40%, au bonheur de ces animaux (*Science*, n° 5427). D'après les scientifiques, le chimpanzé fournirait un modèle d'étude pour l'aptitude humaine au bonheur. Car les événements positifs ou négatifs de la vie semblent n'avoir bien souvent qu'une influence relative sur le bonheur "global" de l'homme.

Le psychologue Daniel Gilbert, de l'université d'Harvard (Etats-Unis), s'est intéressé à cette notion de bien-être. Son équipe a ainsi demandé à une centaine d'universitaires d'anticiper leurs réactions émotionnelles avant et après un événement important de leur vie (obtention ou non d'un diplôme, par exemple). Les résultats, publiés l'automne dernier dans le *Journal of Personality and Social Psychology*, indiquent que les sujets se trompent dans le long terme. Une mauvaise nouvelle serait rarement aussi dévastatrice qu'on le pensait et inversement. Après une courte réaction d'euphorie ou de tristesse, les su-

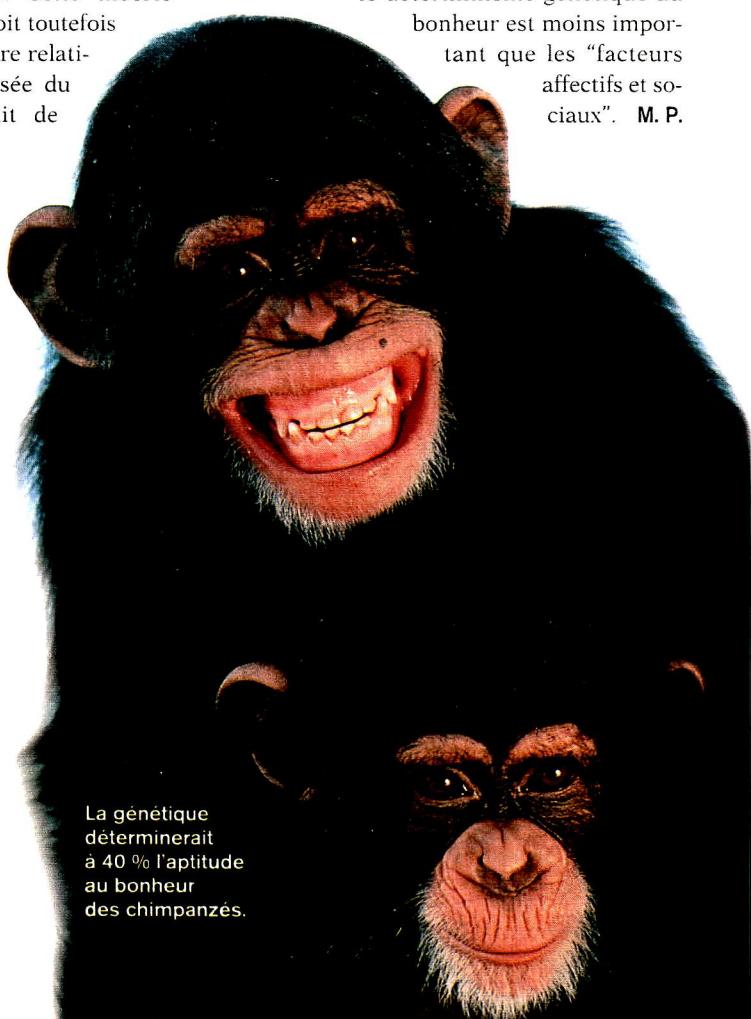
Le chemin qui mène au bonheur pourrait passer par nos gènes. Selon des psychologues américains, chez les chimpanzés comme chez les humains, la course à la félicité serait jouée d'avance...

jets reviendraient à leur norme habituelle de bonheur.

C'est ce que Gilbert appelle le "système immunitaire psychologique", une défense naturelle particulièrement efficace pour réparer les effets d'une expérience négative. Cette théorie doit toutefois être relativisée du fait de

son champ d'étude restreint.

Comme le souligne le psychiatre Boris Cyrulnik, l'université américaine est un milieu particulier, rassemblant des personnes qui ont des "variations émotionnelles modérées". Selon lui, le déterminisme génétique du bonheur est moins important que les "facteurs affectifs et sociaux". M. P.



La génétique déterminerait à 40 % l'aptitude au bonheur des chimpanzés.

Panoramiques Krys

Verres
progressifs
à vision
élargie.



Liste des 700 opticiens Krys en France,
composez 3615 Krys (1,29F la minute).

RECHERCHE

BIOLOGIE

Pores sur le vif

Le problème semblait insoluble. Comment visualiser le fonctionnement des pores, situés à la surface des membranes des cellules? Pour saisir ces minuscules orifices en action, il faut que la cellule soit vivante. Mais les techniques microscopiques non létales ne permettent pas d'observer les pores membranaires, car ils s'ouvrent et se ferment quasi instantanément. L'obstacle vient d'être contourné par des chercheurs de l'Institut Curie et de l'Ecole supérieure de physique et

de chimie industrielle de Paris. Ils ont créé un modèle mécanique cellulaire sous la forme de vésicules géantes. Elles sont plongées dans une solution visqueuse, puis étirées, ce qui provoque l'apparition de pores démesurés dont les mouvements sont freinés par la viscosité du milieu. Ce modèle devrait permettre d'étudier les échanges entre la cellule et son environnement. I. B.

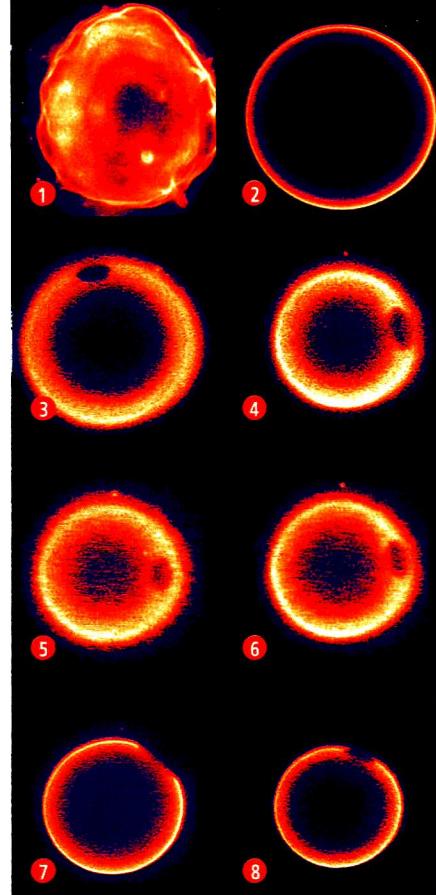
PALÉOANTHROPOLOGIE

Neandertal cannibale

L'homme de Neandertal est de nouveau sur la sellette, non à cause de sa parenté avec *Homo sapiens sapiens* mais de ses mœurs. Des paléontologues français et américains publient dans *Science* (n° 5437) une étude visant à démontrer son cannibalisme. Des travaux laissaient entendre que cet homme, disparu il y a 30 000 ans, aurait été anthropophage, peut-être à l'occasion de pratiques funéraires. Alban Defleur et Tim White ont découvert sur des squelettes retrouvés à Moula-Guercy (Ardèche) des marques et des fractures qui ressemblent à celles qu'infligent des néandertaliens carnivores à des cervidés.

I. B.

Une vésicule artificielle flasque 1 est étirée 2 pour provoquer l'ouverture de pores géants (de 3 à 8).



L. MOREAUX/INSTITUT CURIE

CLIMATOLOGIE

OCÉANS FRAIS, CLIMAT CHAUD

■ Depuis une vingtaine d'années, l'eau des océans se rafraîchit et sa salinité diminue entre 500 et 1 000 m de profondeur. Cette tendance a été observée par des océanographes australiens (*Nature*, n° 6743) qui ont comparé des données océaniques relevées entre 1930 et 1980 et des mesures systématiques effectuées lors d'une campagne de 1985 à 1994, dans les océans Pacifique et Indien, à diverses profondeurs entre la surface et le plancher océanique. La diminution de température et de salinité, à l'échelle d'un bassin, serait due à

l'augmentation des chutes de pluie et de neige près des pôles Nord et Sud. Ces eaux de surface refroidies se répandraient ensuite en profondeur dans tout le bassin océanique. Or, les modèles climatiques qui étudient les conséquences de l'effet de serre prévoient justement que le réchauffement entraîne une augmentation de l'évaporation aux alentours de l'équateur et, par suite, un accroissement des précipitations aux latitudes élevées. Un indice de plus qui va dans le sens du réchauffement climatique... H. G.



"Après tout, c'est la première fois dans l'histoire que nous changeons de siècle avec l'informatique... et sûrement pas la dernière !"

Yohann
Microsoft France

Passage à l'an 2000

Diffuser les conseils d'utilisation issus de nos tests sur des milliers de logiciels Microsoft

Les résultats des tests de compatibilité et les mises à jour logicielles existantes sont à votre disposition pour les produits Microsoft. Ces dernières sont des programmes optimisant la gestion des dates après l'an 2000.

C'est l'un des six engagements de Microsoft France pour vous aider à franchir ce cap en douceur. Vous pouvez demander le cédérom gratuit contenant ces mises à jour au Numéro Vert ci-dessous, sur Internet : www.microsoft.com/france/an2000

Microsoft s'engage

- Vous enjoyer personnellement et gratuitement le "cédérom spécial an 2000".
- Mettre à votre disposition un Numéro Vert dédié.
- Mettre à votre disposition un Numéro Vert dédié, sur le site Web an 2000.
- Informer et former gratuitement toutes les informations informatiques.
- Mobiliser tous les collaborateurs de Microsoft France.

Numéro 0 800 913 760
du lundi au vendredi de 9h à 18h

Microsoft
www.microsoft.com/france/an2000

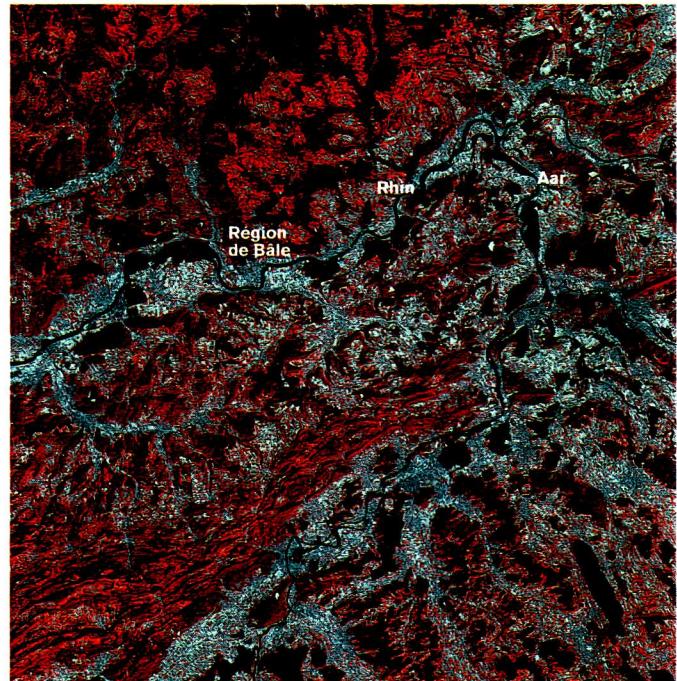
La vallée du Rhin sous surveillance

Un projet de recherche international vise à établir un modèle informatique dynamique pour étudier les mouvements de la vallée du Rhin.



Le plus violent tremblement de terre d'Europe centrale que l'histoire ait retenu est celui qui détruisit Bâle, le 18 octobre 1356. Ce séisme ne s'est pas produit là par hasard : la vallée du Rhin est située sur une faille intracontinentale, apparue lors des plissements de l'écorce terrestre qui ont formé les Vosges, le Massif central et la Forêt-Noire. Or, la précision des mesures obtenues aujourd'hui grâce au Global Positioning System (GPS) a montré que cette zone est encore très dynamique. On y observe des déplacements de terrain de 2 mm par an ! Les géologues ont déterminé qu'il y a environ 1 million d'années, le Rhin coulait en Bourgogne et en Bresse pour se jeter dans la Méditerranée – comme en témoigne son ancien lit de gravier, situé 500 m plus haut que le niveau actuel du fleuve.

Pour étudier les mouvements de la vallée du Rhin, de Bâle à Mayence (Allemagne) et dans les régions voisines, un grand projet de recherche, impliquant des spécialistes de toutes les sciences de la Terre, a été lancé cette année.



CNES/SPOT/IMAGE/EXPLORER

Cette image prise par satellite à la verticale de la région de Bâle montre la confluence du Rhin et de l'Aar. Il y a un million d'années, le Rhin coulait 500 m plus haut que son niveau actuel.

Imaginé par le géologue suisse Peter Ziegler, ce projet, baptisé Eu-cor-Urgent, a été organisé par les universités de Bâle, de Fribourg-en-Brisgau, de Karlsruhe (Allemagne) et de Strasbourg. Une douzaine d'autres universités et services géologiques nationaux participent à ces études qui dureront cinq ans, au terme desquels, les scientifiques établiront un modèle informatique dynamique. Celui-ci montrera les déformations de la vallée du Rhin depuis 40 millions d'années – époque où les plissements ont commencé. Les données accumulées sur la structure géologique de la région, sur

son relief, sur la détermination des zones d'alluvions qui amplifient les ondes des séismes permettront d'anticiper certains événements : par exemple les mouvements du terrain en surface mais aussi ceux du magma dans le sous-sol. Il facilitera également la prévision des écoulements des eaux dans le bassin versant du Rhin...

Ce modèle a d'autres applications pratiques. Il n'est pas seulement préconisé pour la prévention des dégâts dus aux séismes. Il servira aussi à étudier les transports des polluants dans le sol, et les voies de contamination des cours d'eau et des nappes phréatiques.

Q.D.

Passage à l'an 2000

Les engagements de Microsoft

Voici les six engagements que Microsoft France met en œuvre pour vous aider à franchir le cap de l'an 2000 en douceur.

- Vous envoyer personnellement et gratuitement le "cédérom spécial an 2000".
- Mettre à votre disposition un Numéro Vert dédié sur le site Web an 2000.
- Informer et former gratuitement toutes les informations informatiques.
- Mobiliser tous les collaborateurs de Microsoft France.
- Diffuser les conseils d'utilisation issus de nos tests sur des milliers de logiciels Microsoft.

No Vert 0 800 913 760

du lundi au vendredi de 9h à 18h

Microsoft

www.microsoft.com/france/an2000

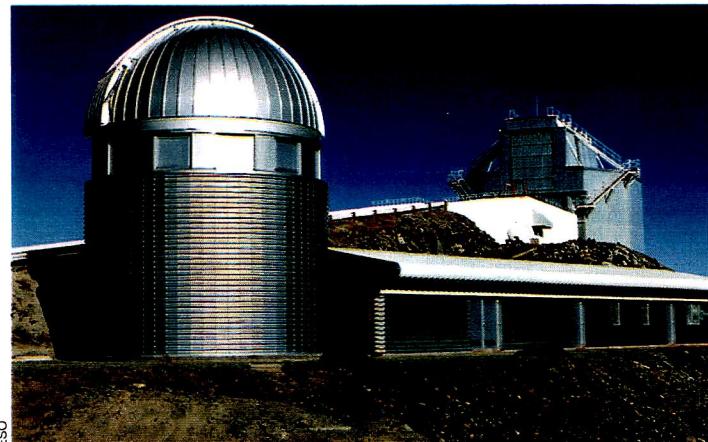
RECHERCHE

ASTRONOMIE

Et encore une planète!

Depuis son entrée en service à La Silla (Chili), il y a moins d'un an, le télescope suisse Euler de 1,2 m consacré à la recherche de planètes extrasolaires n'a pas chômé. Le 4 septembre, l'astronome suisse Michel Mayor qui en dirige les travaux annonçait la découverte d'une planète (la troisième à l'aide de cet instrument) autour de l'étoile de magnitude 8 HD 130322, distante de 98 années-lumière.

Cette planète est une géante ga-



Le télescope Euler de La Silla, au Chili, a permis de découvrir trois nouvelles planètes en moins d'un an.

zeuse de 1,08 fois la masse de Jupiter, qui accomplit sa révolution en 10,7 jours. C'est un monde très chaud puisque, en raison de sa

proximité avec son étoile – 0,08 UA, l'unité astronomique qui mesure la distance de la Terre au Soleil (150 millions de kilomètres) –, sa température de surface doit s'élever à 1000 kelvins.

Ph. H.

CLIMATOLOGIE

NOYER LE CO₂

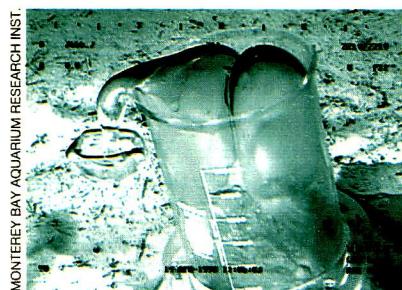
■ Pour supprimer le dioxyde de carbone présent dans l'air, il suffit de l'entreposer au fond des mers ! Telle est la suggestion d'une équipe de l'institut de recherche de l'aquarium de Monterey Bay (Californie), pour se débarrasser d'un polluant responsable du réchauffement de la planète. Ses travaux, publiés dans *Science* (n° 5416), montrent qu'à forte pression et à basse température – au-delà de 3 650 m de profondeur – le dioxyde de carbone sous forme liquide réagit avec l'eau pour former une couche superficielle solide. Le polluant est alors isolé dans une sorte de ballon plus dense que l'eau, susceptible de reposer au fond de l'océan pendant des siècles.

Mais est-il raisonnable de dépolluer l'air en polluant

la mer ? A priori, oui : en immergeant la moitié du dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère, on n'augmenterait que de 1 % sa concentration dans les océans. Les conséquences écologiques de cette méthode de dépollution, – prise très au sérieux par le ministère américain de l'Energie – sont toutefois loin d'être évaluées.

H. P.

L'immersion du dioxyde de carbone au fond des mers : une solution écologique au réchauffement de la planète ?



MONTEREY BAY AQUARIUM RESEARCH INST.

DÉMOGRAPHIE

Six milliards d'hommes...

« La population mondiale a atteint 6 milliards d'hommes le 12 octobre 1999 » : ainsi en a décidé l'ONU. En réalité, cette date est une moyenne. Selon *Population et Société* (le bulletin de l'Institut national des études démographiques), l'accroissement annuel de la population mondiale, estimé à 84 millions de personnes, est nettement plus faible que l'incertitude portant sur son décompte. En d'autres termes, les statistiques démographiques ont donné le jour du « passage à 6 milliards » à... quelques années près !

H. G.

Un "je t'aime" en direct sur AOL, je n'en croyais pas mon ordinateur

Avec AOL, communiquez sur Internet comme vous ne l'avez jamais fait



message éclair

> Discussion privée en direct sur AOL

Avec AOL, conversez en direct en toute confidentialité avec vos correspondants abonnés ou non à AOL. Constituez votre liste de contacts et, quand vos amis sont connectés, dialoguez par écrit en temps réel et pour le coût d'une simple communication téléphonique locale.

Message Eclair de : PierreBaug

PierreBaug : Ça te tenterait un ciné ce soir ?
Clémelais : oui, je cherchais justement une séance film dont on parlait ce matin !
PierreBaug : parfait, on se retrouve à 20h devant le ciné
Clémelais : OK. à tout à l'heure :-)

Mes contacts AOL
Amitis (2000)
Lolo (96)
PierreBaug (95)
Géraldine (95)
Fifi97
Clémelais (95)
Amitis (95)

Envoyer Annuler

Rappel : le personnel d'AOL ne vous demandera JAMAIS votre mot de passe ou vos coordonnées bancaires.

Qui d'autre que le leader mondial de l'Internet pourrait m'offrir une telle richesse ? Internet, je suis pour à 100%, mais jamais sans mon AOL...

AOL

Info FINANCE

Divertissement Jeux

INTERNET Vie pratique

Contact MICRO / Hi TECH

Prés de chez vous SPORT

VOYAGE INTERNATIONAL

SHOPPING Savoir

Rechercher

Bien utiliser AOL

Service clientèle

C'est magique : sur la chaîne Divertissement d'AOL, je cherchais quel film choisir pour ce soir, quand soudain un message apparaît sur mon écran. "Si tu veux voir les photos de notre week-end à Venise, clique ici..." J'adore ses billets doux sur Internet. Les photos sont craquantes. J'ai tout de suite répondu et, ce soir, pour le film, il est OK...

La vie est belle sur AOL ! C'est si simple de partager des infos, des idées, des émotions avec les gens que j'aime et tous les correspondants du monde entier que je peux retrouver au détour d'un salon de discussion. Sur AOL, je n'hésite pas à personnaliser mes courriers en choisissant la forme et la couleur des caractères. Je peux même insérer des photos ou des dessins et joindre des

fichiers. Grâce à mes cinq adresses e-mail, j'ai créé des pseudos différents pour les collègues, les amis, et, bien sûr, pour l'homme de Venise...

- AOL, n°1 mondial de l'accès à Internet
- Tout Internet et les 15 chaînes thématiques exclusives AOL
- Un accès direct aux meilleurs sites Web
- Un abonnement en connexion illimitée à partir de 45 F/mois
- Un accès au coût d'une communication téléphonique locale
- 5 adresses électroniques personnalisables
- Une assistance technique gratuite** 7 jours sur 7 de 9h à 22h

profitez de

3 MOIS GRATUITS*
en connexion ILLIMITÉE
appelez le
01 71 71 71 71

AOL

AOL est un service de 

Simplifiez-vous Internet

Ces animaux qui font chambre à part

De nouveaux modèles théoriques expliquent la séparation d'espèces non isolées géographiquement. Longtemps controversée, cette spéciation pourrait être plus courante que prévu.

L'apparition de nouvelles espèces est un phénomène classique de l'évolution. Quand une population se retrouve géographiquement isolée de ses semblables, elle s'adapte à ses nouvelles conditions de vie en évoluant. Une espèce se divise alors en deux. Ce processus de spéciation peut-il se produire sans isolement géographique ? La réponse est controversée.

De nouveaux modèles théoriques d'une telle spéciation, dite sympatrique, viennent pourtant d'être publiés par la revue *Nature* (n° 6742). Ils vont enfin permettre d'étudier scientifiquement cet étonnant processus de séparation en s'appliquant à des spéciations sympatriques déjà repérées dans la nature, par exemple dans de petits lacs situés au fond de cratères du Cameroun. Colonisés à l'origine par une seule espèce de pois-



A partir de la même espèce, des poissons peuvent prendre deux directions opposées et évoluer en deux espèces distinctes.

sons, ces lacs en contiennent aujourd'hui plusieurs, de diverses tailles.

Selon Michel Solignac (CNRS-Orsay), plusieurs conditions doivent être réunies pour que s'opère une spéciation sympatrique. Il faut d'abord que règne une reproduction discriminatoire au sein de la population. En effet, si les petits poissons étaient sexuellement attirés par les grands, leurs effectifs finiraient par ne contenir que des poissons d'une taille intermédiaire unique. Ce processus de spéciation implique également une sélection assez importante pour éliminer les formes intermédiaires. On pour-

rait ainsi envisager l'existence de deux types de ressources favorisant les tailles extrêmes. Si ces conditions sont respectées, une séparation d'espèces peut sans doute apparaître sans qu'il y ait eu isolement géographique.

Les modèles élaborés jusqu'ici imposaient des contraintes génétiques et environnementales : taille et attirance des poissons déterminées par un seul gène, pression élevée sur les formes intermédiaires... Si les nouveaux modèles – moins contraignants – se révèlent plausibles, cela pourrait impliquer une spéciation sympatrique plus courante que prévu.

H. P.

ELLE DEFIE LES VAGUES LES PLUS HAUTES. EN SE LAISSANT PORTER PAR LE VENT COMME AUCUNE AUTRE auparavant. DANS L'ESPRIT DE LA PHILOSOPHIE NO LIMITS*.

ELLE EST AU POIGNET DE MANU BERTIN, INVENTEUR DU FLYSURF.



MOUVEMENT SUISSE EXCLUSIF CHRONO ALARME SECTOR

- BOÎTIER ET BRACELET EN ACIER
- VERRE SAPPHIR
- ÉTANCHE JUSQU'À 100 M. (10 ATM)
- MODÈLE DÉPOSÉ

SECTOR 750

*SANS LIMITES

DISTRIBUÉ PAR:
SECTOR FRANCE SA
9, RUE DE LA PREMIÈRE ARMÉE
25140 CHARQUEMONT
TÉL. 03 81 68 67 75

SECTOR
SPORT WATCHES

WWW.SECTORNOLIMITS.COM





GLACIOLOGIE

L'Antarctique espionné

En pleine guerre froide, la CIA, l'agence du renseignement américain, avait fait cartographier l'Antarctique au moyen de satellites espions. En 1995, le président Bill Clinton rendait publiques ces images extraordinaires prises avant 1972.

Comparées à des vues récentes,

elles ont permis de suivre l'évolution des crevasses et de mesurer la vitesse des fleuves de glace.

Des images plus récentes encore viennent d'être mises à la disposition des glaciologues. Elles rendront possible le suivi des effets du réchauffement global sur la calotte glaciaire.

I. B.

BIOCHIMIE

UNE SIGNATURE EN FER

Les roches sédimentaires contiennent parfois une mince couche de fer qui va peut-être servir de mémoire biologique : elle pourrait avoir enregistré la présence et la distribution de populations microbiennes dans un passé ancien.

La proportion des divers isotopes du fer est en effet modifiée par certains processus biologiques tels que des réactions enzymatiques.

Des chercheurs de l'université du Wisconsin-Madison ont mis au point une méthode permettant de savoir si le fer présent dans des roches sédimentaires a ou non été métabolisé par des micro-organismes.

Cette "biosignature" offre de nouvelles possibilités pour étudier l'apparition de la vie sur la Terre et l'éventuelle présence de micro-organismes sur d'autres planètes.

I. B.

TECHNOLOGIE

Des piles plus performantes

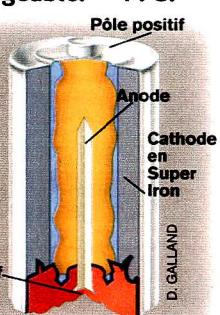
Le principal défaut des piles actuelles est leur faible autonomie. Un nouvel alliage, nommé Super Iron, pourrait accroître leur capacité énergétique de 50%. Une pile comprend une cathode et une anode – entre lesquelles un flux d'électrons crée un courant électrique. La cathode se compose d'un métal oxydant qui attire les électrons libérés par l'anode en zinc, un métal "réducteur".

Selon Stuart Licht (Institut de technologie d'Israël), qui la met au point, le principal problème réside dans la cathode. Dans les piles classiques, le dioxyde de manganèse qui la compose (MnO_2) est trop vite saturé par les électrons provenant de l'anode. Licht a donc eu l'idée d'utiliser une nouvelle molécule, connue sous le nom de fer VI (FeO_4^{2-}) ou Super Iron, qui absorbe plus d'électrons que le dioxyde de manganèse. Cette pile possède une plus grande capacité que les piles au dioxyde de manganèse et devient rechargeable.

P. G.

Les pôles sont permuts par rapport à ceux d'une pile classique du fait que l'anode est au centre et la cathode à l'extérieur.

Pôle négatif



Rien ne résiste à l'appel d'i france



CELA FAISAIT TROP LONGTEMPS QU'IL ATTENDAIT LA BONNE OCCASION DE S'ÉCHAPPER SUR INTERNET. AVEC www.ifrance.com, IL A TROUVE GRATUITEMENT LES MEILLEURS OUTILS POUR HÉBERGER SES PAGES PERSO OU SON SITE, CRÉER DES ADRESSES E-MAIL CONFIDENTIELLES, CONSULTABLES DE N'IMPORTE QUEL MICRO. AVEC L'AGENDA EN LIGNE QUI LUI RAPPELLE AUTOMATIQUEMENT SES RENDEZ-VOUS, IL GÈRE MIEUX SON TEMPS. QUAND ifrance LUI A PROPOSÉ DE PUBLIER SES PETITES ANNONCES ET DE PARTICIPER GRATUITEMENT AUX ENCHÈRES ON-LINE, IL S'EST DIT QU'UNE DEUXIÈME OCCASION NE SE REPRÉSENTERAIT PAS : IL A CHOISI LA LIBERTÉ !



Hébergement

E-mail

Agenda

NOUVEAU : faxez gratuitement !*

à partir de votre adresse e-mail sur ifrance

*Hors numéros surtaxés, France Metropolitaine / France Metropolitaine seulement



www.ifrance.com
Y A PAS PLUS NET

ifrance vous offre l'accès INTERNET gratuit avec



www.vnunet.fr

RECHERCHE

ASTRONOMIE

Bizarres étoiles

A la fin du mois d'août dernier, deux équipes d'astronomes ont mis la main sur deux étoiles bizarres. L'une, révélée par George Djorgoski, de l'Institut de technologie de Californie (Caltech), à Pasadena, produit un spectre ne permettant de la classer dans aucun type connu. Le suspense a été de courte durée puisqu'une observation plus précise, entreprise à l'aide du télescope Keck, à Hawaï, a révélé qu'il s'agissait d'une variété de quasar, assez rare, situé à 2 milliards d'années-lumière.

Il n'en va pas de même pour le pulsar PSR J2144-3933, dont l'ingrante émission est à l'origine

d'une publication dans *Nature* (n° 6747).

Découvert en 1993 par le radiotélescope de Parkes (Australie), il refait parler de lui après des observations menées par des astronomes australiens qui ont

constaté que la période d'émission

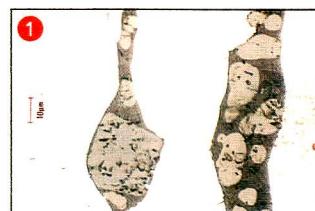
de son signal radio intermittent était sous-évaluée : elle serait de 8,51 secondes au lieu de 2,84.

Cette valeur fait de ce pulsar le plus lent de tous ceux connus. Au-delà de ce record de lenteur, cette donnée est incompatible avec les modèles rendant compte des émissions radio des pulsars qui – en principe – doivent cesser quand la période excède une valeur limite inférieure aux 8,51 secondes enregistrées. Ce singulier objet astrophysique suggère qu'il faut réviser les théories sur les émissions radio des étoiles à neutrons.

Ph. H.

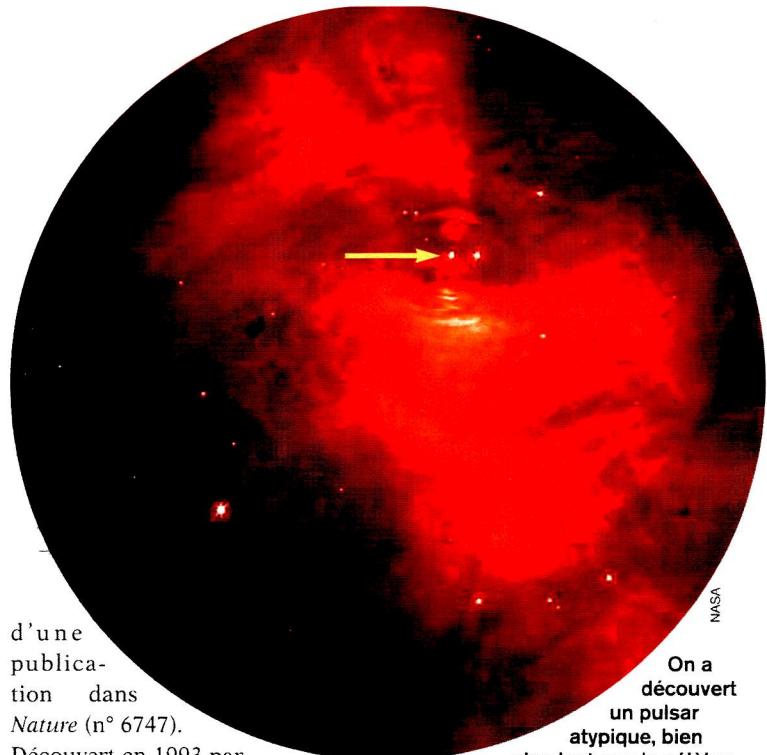
en haut fourneau ou en bas fourneau, ce qui était impossible avec l'observation au microscope à balayage ou la diffraction de rayons X. H. G.

Les impuretés dans les objets en fer révèlent leur procédé de fabrication : dans un haut fourneau, au XVIII^e siècle ①, et dans un bas fourneau sur le site d'Alésia ②.



Ont collaboré à cette rubrique :

Quentin Deville, Paul Gerhard, Hélène Guillemot, Philippe Henarejos, Pierre-André Magnin, Marie Persidat, Hervé Poirier.



NASA

ARCHÉOLOGIE

LE POT DE FER ET LE SYNCHROTRON

■ Au cours de l'histoire et des civilisations, le fer a d'abord été produit dans des bas fourneaux à 1 300 °C, puis extrait dans des hauts fourneaux vers 1 800 °C. Les archéologues disposent désormais d'une technique pour identifier le procédé de fabrication d'un objet en fer. En utilisant le rayonnement du synchrotron LURE (Laboratoire pour l'utilisation du rayonnement électromagnétique, à Orsay), un chercheur du Laboratoire de physique des solides de Saclay a analysé les minuscules impuretés contenues dans le fer. Certaines de ces inclusions ont une composition chimique caractéristique du procédé employé. Le synchrotron permet de distinguer le fer produit



Le paradoxe des glaciers tropicaux

En Bolivie, à l'inverse des régions tempérées, le torrent créé par la fonte des glaces est beaucoup plus important pendant la saison des pluies que pendant la saison sèche.

Bolivie, 5000 m d'altitude, glacier du Zongo, sur le massif du Huayna Potosí, à 30 km de la capitale, La Paz. La station météorologique automatique de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) livre des résultats surprenants : pendant la saison sèche (de mai à août), le débit du torrent de la fonte des glaces est de trois à quatre fois moins important que pendant la saison humide (de novembre à février).

« Ce phénomène est strictement l'inverse de celui qu'on observe dans les zones tempérées et polaires, où les périodes de fortes précipitations neigeuses en hiver sont séparées de périodes de fonte pen-

dant l'été », explique l'hydrologue Pierre Ribstein, responsable du programme « neige et glaciers tropicaux » à l'IRD. Et il précise : « Il nous a fallu expliquer l'existence même de telles variations saisonnières, alors que, dans cette région tropicale, l'ensoleillement varie peu d'une saison à l'autre et que les différences de température entre l'hiver et l'été n'excèdent pas 2 °C en moyenne journalière. »

La réponse tient dans le bilan énergétique, c'est-à-dire l'analyse de la quantité d'énergie apportée par les radiations solaires à la surface du glacier. Durant la saison sèche, l'essentiel de l'énergie solaire est consommé lors de réactions de sublimation qui transforment la

Sur le glacier du Zongo, la station météorologique automatique a livré des résultats étonnantes.

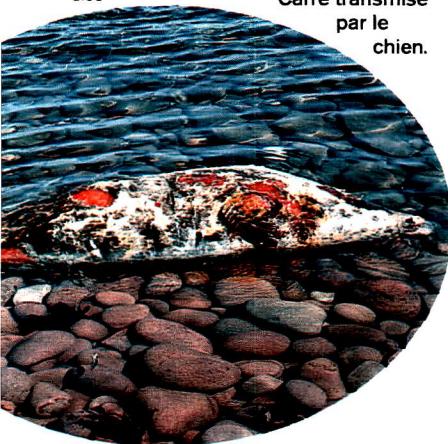


PHOTOS P. RIBSTEIN

glace en vapeur d'eau. En revanche, durant la saison des pluies, l'air saturé d'humidité limite cette sublimation. Du coup, l'énergie solaire est presque exclusivement utilisée pour faire fondre la neige et la glace, qui gonflent le torrent.

Les chercheurs ont par ailleurs observé que la fonte du Zongo est corrélée avec le phénomène climatique El Niño. Cet événement, qui naît dans l'océan Pacifique tous les trois à cinq ans, se répercute dans les Andes boliviennes par une diminution des pluies (25 %) et de la température. Résultat : El Niño se traduit par une diminution de la couche neigeuse, qui disparaît plus rapidement tout en livrant le glacier à la chaleur du soleil. **D. D.**

Le phoque peut être victime de la maladie de Carré transmise par le chien.



BIOLOGIE

L'océan infecté

Des maladies d'origine terrestre menacent l'écosystème marin. L'exemple de ces coraux de la mer des Antilles, tués par un champignon terrestre (*Pergillus sydowii*), est dénoncé par les biologistes dans la revue *Science* (n° 5433). On trouve également des phoques infectés, à l'occasion d'une expédition arctique, par une maladie courante chez les chiens de traîneau (maladie de Carré), ou des pilchards (grosses sardines) congelés – qui servent à nourrir des thons en captivité – porteurs du virus de l'herpès... Ces épidémies s'accompagnent souvent d'une contamination en chaîne (vers d'autres organismes) qui peut aboutir à la disparition sournoise d'espèces encore inconnues.

P. G.

AUTOMOBILE

L'HYBRIDE CONTRE LA POLLUTION

■ Si la propulsion électrique présente l'avantage d'être non polluante et de minimiser les nuisances sonores, elle n'est pas rentable sur les longues distances. Dans ce domaine, le moteur Diesel reste indétrônable.

La solution réside peut-être dans des véhicules hybrides, capables d'exploiter deux modes de propulsion en fonction de l'environnement qu'ils traversent. Mercedes-Benz a donc conçu le Vario-814 D. Dans sa version 7,5 t, il est doté d'un moteur Diesel d'une puissance de 100 kW, auquel est associé un

Silencieux et propre en ville, économique sur les longues distances.



moteur électrique de 55 kW. Celui-ci fonctionne en courant alternatif triphasé, ce qui

permet un excellent rendement. Un boîtier électronique adapte le courant continu des batteries aux besoins du moteur triphasé. Enfin, la recharge de ces dernières peut s'effectuer soit sur une fiche secteur, soit durant les trajets interurbains du véhicule, grâce à un alternateur qu'entraîne le moteur Diesel.

H.-P. P.

ETHOLOGIE

Les vers ont bon goût

Il n'est pas rare de ne plus vouloir manger quelque chose qui nous a déjà rendu malade. Les biologistes Lowell K. Nicolaus et Hansoo Lee, de l'université de l'Illinois (Etats-Unis) viennent de démontrer qu'il en va de même chez les oiseaux, qui se détournent spontanément des vers assaisonnés aux insecticides.

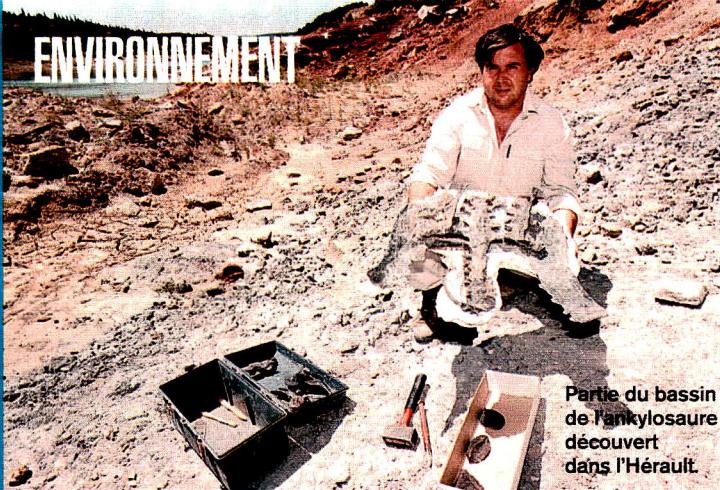
Les biologistes ont mené une étude sur les carouges à épaulettes (*Agelaius phoeniceus*). Ils leur ont présenté

plusieurs fois des vers auxquels avait été injecté une quantité infime de parathion, un insecticide largement répandu dans les cultures. Leurs observations permettent de conclure que les adultes comme les jeunes apprennent à reconnaître et à éviter les vers empoisonnés après en avoir mangé seulement une fois. M.-S. G.



Ce carouge à épaulettes ne mangera pas deux fois de suite un ver empoisonné !

ENVIRONNEMENT



A. NOGUES/SYGMA

PALÉONTOLOGIE

Un dino dans l'Hérault

Monique Vianey-Liaud, de l'Institut des sciences de l'évolution de l'université Montpellier II (Hérault), a confirmé la découverte d'une nouvelle espèce de dinosaure.

Il s'agit d'un ankylosaure, dont on a trouvé une grande partie du bassin, l'amorce de la queue, des vertèbres encore recouvertes d'un tendon, des épines dorsales et une partie de la mâchoire, dans des terrains datant du Crétacé supérieur (75 millions d'années) situés à Mèze (Hérault), près du bassin de Thau.

Ses restes dévoilent deux carac-

téristiques originales : cet herbivore quadrupède, long d'un peu plus de 3 m, est deux fois plus petit que les ankylosaures découverts jusqu'à présent, notamment dans le désert de Gobi (Asie centrale), et il est dépourvu de massue osseuse au bout de la queue.

Le terrain de fouilles, qui s'étend sur 40 km², pourrait s'avérer extrêmement riche. Le bon état du squelette fait émettre l'hypothèse que, il y a 75 millions d'années, s'étendait à cet endroit un lac aux eaux très calmes et aux sédiments épais permettant une bonne conservation des cadavres.

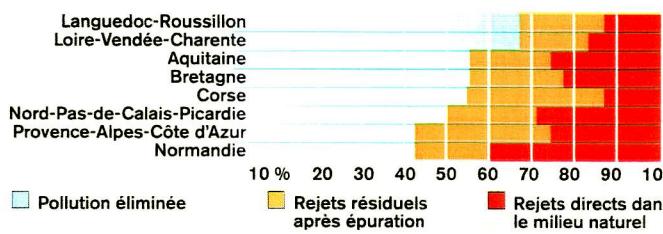
M. P.

ASSAINISSEMENT

PALMARÈS DES EAUX MARINES

Dans les communes littorales, «seulement 51 % de la pollution en matières oxydables sont éliminés», estime l'Institut français de l'environnement. Les premiers

de la classe se trouvent sur les façades du Languedoc-Roussillon et de Vendée-Charente. La Normandie et le littoral provençal sont les plus pollués.



A. MEYER

ENTOMOLOGIE

Les premiers seront les derniers

Une étude publiée dans *Nature* (vol. 400) décrit la curieuse guerre entre les spermatozoïdes de deux mouches mâles s'étant accouplées avec la même femelle à deux jours d'intervalle. Catherine Price, de l'université de Chicago (Illinois), montre que les spermatozoïdes du second partenaire éjectent du lieu de fécondation les spermatozoïdes déjà installés. Dans plus de 87 % des cas, c'est le dernier arrivé qui féconde la belle.

Ce pourcentage monte à 96 % si l'intervalle entre les deux fécondations est de sept jours : les occupants sont alors non seulement déplacés, mais ils perdent aussi leur capacité à féconder. Cette victoire du dernier arrivé a été observée depuis longtemps dans la plupart des espèces animales, mais on comprend aujourd'hui les mécanismes de ce combat.

H. P.

SANTÉ

Mer sûre

On risque cinq fois moins de rencontrer des bactéries dangereuses en piquant une tête l'après-midi, grâce à l'action désinfectante des UV.

NOUVEAU FIAT PUNTO UNE ESPÈCE A PART.



La nouvelle Fiat Punto 3 portes appartient à une classe à part. Une espèce qui aurait évolué dans le sens de la technologie et de l'originalité, sans pour autant renoncer à un style sportif.

Un naturel puissant mais sobre. Nouveaux moteurs dont les consommations se classent parmi les meilleures : 60, 80 16v, 130 16v, D 60, JTD 80

avec système d'injection Unijet Common Rail.

Le confort apprivoisé. Direction assistée Dualdrive™ dotée de la fonction "City" de série, nouvelle suspension arrière pour une tenue de route irréprochable et un très grand confort, isolation phonique très efficace et système de navigation par satellite (de série sur HGT).

L'ambition des grands espaces. Un record d'habitabilité et de capacité du coffre, sans compromettre la praticité des espaces de rangement (jusqu'à 26 !).

L'instinct des équipements. ABS, double Airbag Fiat® de série. Ordinateur de bord, système d'éclairage Follow-me-home™, vitres électriques (série ou option) fonctionnant pendant 2mn après la

coupure du moteur... Proposée en 5 niveaux de finition, la nouvelle Fiat Punto 3 portes est équipée de mille autres petits détails qui font d'elle une espèce à part.

Et pour une parfaite tranquillité d'esprit, Fiat vous propose de nombreux services qui vous simplifieront l'achat et l'utilisation de votre nouvelle Punto.

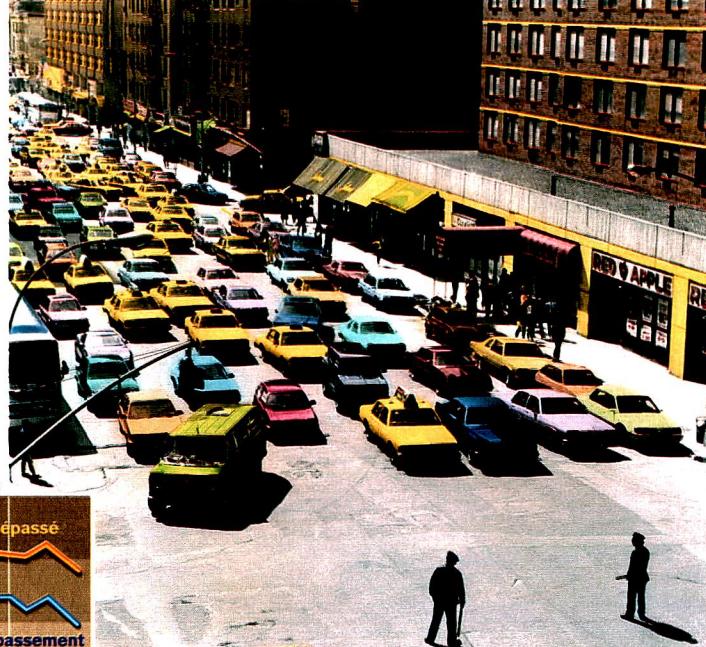
ENVIRONNEMENT

SOCIÉTÉ

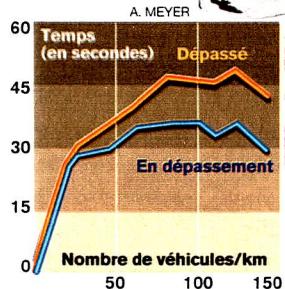
L'équation des bouchons

C'est énervant d'être englué dans un bouchon... D'autant plus qu'on a souvent l'impression que la file d'à côté avance plus vite. Or, selon une étude publiée dans la revue *Nature* (vol. 401, p. 35), cette sensation de se trouver systématiquement sur la mauvaise voie n'est qu'une illusion.

Illusion persistante : les chercheurs ont interrogé 120 automobilistes qui roulaient sur une file légèrement plus rapide que la file



R. LANG/FOTOPHOTOGRAM-STONE



Dans un embouteillage, un véhicule passe plus de temps à être dépassé qu'à dépasser lui-même. Ainsi, pendant un intervalle de 10 min, pour une densité de trafic de 100 voitures/km, un véhicule est dépassé durant 47 s et dépasse durant 35 s.

voisine; 70 % d'entre eux pensaient pourtant que c'était sur l'autre voie qu'on avançait le plus vite...

Explication : quelle que soit la file choisie, un véhicule passe plus

de temps à être doublé qu'à doubler! C'est la désagréable "équation des bouchons" : doubler, c'est regarder défiler des voitures arrêtées, pare-chocs contre pare-chocs. Cette file étant resserrée, le moment de plaisir est rapide. En revanche, il est inévitablement plus long – et plus pénible – quand on est doublé. Les mêmes voitures repassent devant nous, mais, cette fois, en une file plus allongée, les distances entre les véhicules ayant augmenté.

H. P.

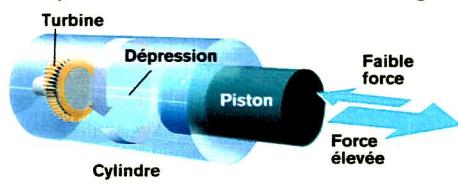
TECHNOLOGIE

DE L'ÉNERGIE
PUISÉE DANS L'AIR CHAUD

■ L'Américain Entropy Systems étudie un dispositif capable d'extraire de l'énergie de l'atmosphère. L'air pénètre dans une chambre cylindrique munie d'un piston, où une turbine lui applique une vitesse de rotation élevée. Par centrifugation, une dépression se creuse en son centre. Une faible force suffit à pousser le piston dans le cylindre. A l'arrêt de la turbine, la

pression s'équilibre et exerce sur le piston une force élevée. En utilisant cette force pour faire tourner un alternateur, par exemple, on récupère l'énergie. Pour répondre à la loi de conservation de l'énergie, la perte d'énergie que subit ainsi l'air se traduit par son refroidissement. Sur le papier, le dispositif pourrait donc faire simultanément office de générateur et de climatiseur.

Reste à savoir si le bilan énergétique global de l'opération est réellement rentable... H.-P. P.



A. MEYER

SÉCURITÉ

Bilan de santé du nucléaire

En 1998, le Commissariat à l'énergie atomique a déclaré 53 incidents concernant «à la fois des installations nucléaires de base du secteur civil et des installations à caractère technique d'installations nucléaires de bases classées secrètes».



EPSON PhotoPC 800 et 850 Z : il faut le voir pour le croire.



PhotoPC 850 Z



PhotoPC 800

Une nouvelle fois, EPSON répond à vos attentes en vous proposant les derniers-nes de ses appareils photo numériques 3 millions de pixels HyPic, les **PhotoPC 800 et 850 Z**. Fonctionnement automatique, manuel ou programmable, annotations vocales des clichés, de 10 à 120 photos selon les résolutions avec les 8 Mo de mémoire standard*, noir et blanc ou couleur au choix d'un simple geste, accès à plusieurs sensibilités à tout instant et optique avec zoom 3x pour le **Photo PC 850 Z**. Équipés des **interfaces USB** et **Série** ils communiquent dans les meilleures conditions aussi bien avec votre PC, Mac ou iMac. Pour plus de convivialité vous pouvez imprimer vos tirages directement sur 6 modèles d'imprimantes **EPSON STYLUS**, sans ordinateur. Les

qualités photographiques des **PhotoPC 800 et 850 Z** sont sublimées par une offre logicielle à toutes épreuves qui va stimuler votre imagination. Vous pourrez désormais montrer à vos amis des preuves confirmant vos paroles.

Pour en savoir plus, contactez-nous au 01 40 87 37 37 ou visitez notre site internet : www.epson.fr

QUI VOUS COMPREND MIEUX QU'EPSON ?

EPSON®

Imprimantes-Scanners-Projecteurs-Appareils photo numériques



La forêt de Peugeot au Brésil.
Ci-contre, des jeunes pousses avant leur plantation.

SYLVICULTURE

Le lion écolo

Peugeot crée le premier grand "puits de carbone" en plantant 10 millions d'arbres pour lutter contre l'effet de serre. C'est pour sauver la forêt tropicale humide dans l'Etat du Mato Grosso (Brésil) que le constructeur français va investir 65 millions de francs.



PEUGEOT

ZOOLOGIE

LAPIN RAYÉ

Marron et noir à rayures...

Une paire de chaussettes ? Non, une nouvelle espèce de lapin, qui vit dans les montagnes des Annamites. Cette région particulièrement reculée du Laos, proche du Vietnam, a été récemment le cadre d'une autre découverte d'un mammifère jusqu'alors inconnu, le saola, une espèce de chèvre (voir *Science & Vie* n° 932, p. 63).

Le nouveau léporidé est un lointain cousin de *Nesolagus netscheri*, qu'on trouve dans l'île de Sumatra, 1 500 km plus au sud, et qui lui

Le lapin rayé des Annamites, une nouvelle espèce.

ressemble fortement. On a d'abord aperçu le lapin rayé sur l'étal d'un marché de Ban Lak (Laos), en 1995. Des tissus ont alors été envoyés pour expertise en Grande-Bretagne, et les analyses génétiques ont révélé qu'il constituait une espèce distincte (*Nature* n° 6 746). Pendant 8 millions d'années, les deux espèces de *Nesolagus* ont évolué chacune de son côté, ce qui expliquerait leur grande différence génétique. P. G.



EVOLUTION

La niche du voisin

Les nouvelles espèces animales, jeunes du point de vue de l'évolution, préféreraient occuper la niche écologique des espèces voisines plutôt que d'en chercher une nouvelle, théoriquement mieux adaptée... Ce paradoxe est le fruit des recherches de l'université du Kansas (Etats-Unis) et de celle de Mexico.

En effet, selon les chercheurs, une nouvelle espèce d'oiseau, d'insecte ou de mammifère occupe la même niche écologique que ses voisines pendant environ un siècle, avant d'évoluer indépendamment. La spéciation au sens strict ne serait donc qu'une affaire d'isolement géographique, et non écologique, le processus d'adaptation à une nouvelle niche intervenant plus tard dans l'évolution.

M.-S. G.

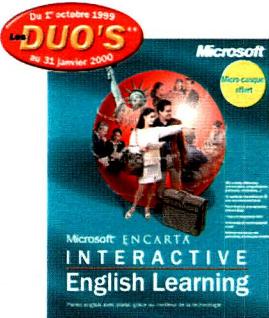
AGRONOMIE

Colchique dans les labos

L'INRA s'attaque à la culture de la colchique, dont les graines contiennent des alcaloïdes utilisés en médecine. Une centaine d'hectares de colchiques suffirait, à terme, à couvrir les besoins du marché français.

Ont collaboré
à cette rubrique :

Paul Gerhard, Marie-Sophie Germain, Henri-Pierre Penel,
Marie Persidat, Hervé Poirier.



READY? GO!* BESOIN DE RÉVISER OU D'AMÉLIORER VOTRE ANGLAIS ?
QUE CE SOIT POUR VOTRE TRAVAIL, VOS VOYAGES, VOS CONTACTS PRIVÉS
OU PROFESSIONNELS... CETTE MÉTHODE COMBINE LE MEILLEUR DE LA
PÉDAGOGIE ET DE LA TECHNOLOGIE. CONÇUE PAR DES SPÉCIALISTES DE
L'ENSEIGNEMENT DE L'ANGLAIS, ELLE VOUS PLONGE INSTANTANÉMENT
DANS DES SITUATIONS RÉELLES GRÂCE À DES VIDÉOS ET À DES UNIVERS
VIRTUELS EN 3D. ALORS, PRÊT POUR LE GRAND BAIN ?

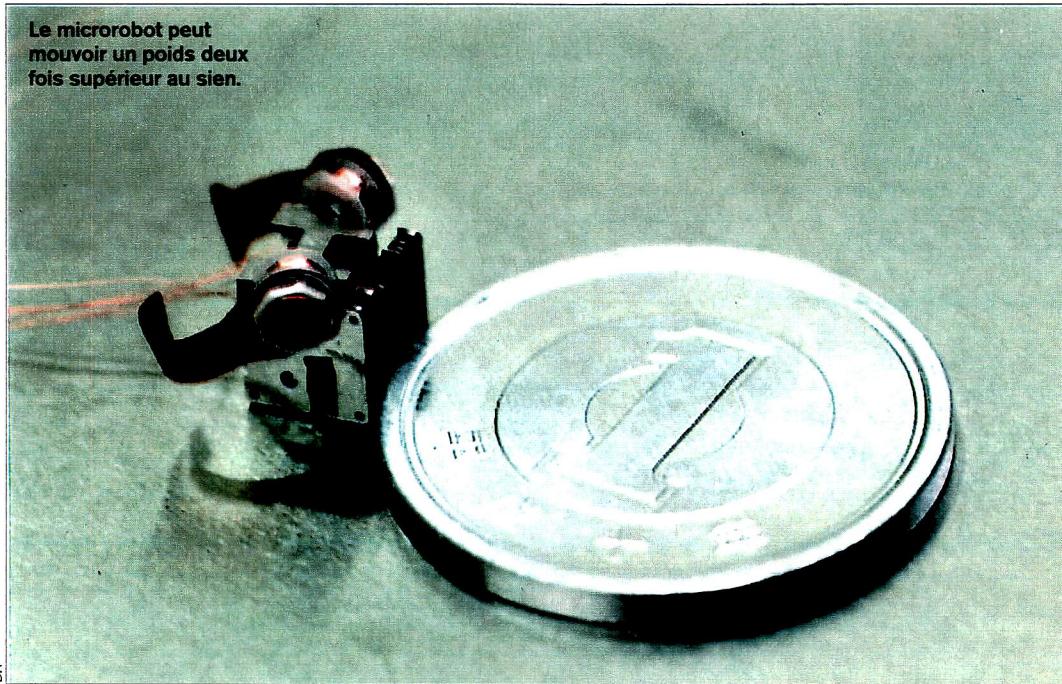
JUSQU'où irez-vous?

Microsoft®

www.microsoft.com/france/eiel

Le microrobot peut mouvoir un poids deux fois supérieur au sien.

DR



Inspecteurs de tuyaux

Accrochés les uns aux autres, des microrobots vont inspecter l'intérieur des forêts de tuyauteries des centrales électriques.

Des robots de la taille d'une fourmi, circulant à l'intérieur de canalisations pour les inspecter et en détecter les anomalies : ce concept est en cours d'élaboration par les filiales de production électrique des groupes japonais Mitsubishi et Sumitomo et par l'Institut de recherches Matsushita, de Tokyo. Un prototype a été construit. Il mesure 9 mm de large, 6,5 mm de haut, 5 mm de long, et pèse 42 g.

Alimenté en courant électrique par un fil qu'il traîne derrière lui, il peut mouvoir des objets d'un poids deux fois supérieur au sien. Le microrobot se déplace vers l'avant, vers l'arrière, sur les côtés, à la vitesse de 2 mm à la seconde. Il a été conçu pour être relié à d'autres engins similaires et former ainsi une véritable chaîne d'inspection à l'intérieur des tuyauteries d'une centrale électrique, par exemple. L'expérience a déjà été effectuée

avec cinq robots accouplés, qui ont travaillé dans un tuyau de 3 centimètres de diamètre, puis se sont ensuite séparés.

Les chercheurs japonais estiment que dans moins d'un an, ils seront capables de faire travailler une dizaine de robots ensemble, et de leur faire parcourir ainsi reliés toute la longueur d'un tuyau. Prochaine étape : la mise au point de microrobots dotés de capteurs spécifiques capables de détecter les défauts des tuyauteries.

De tels ensembles seraient particulièrement appropriés pour inspecter l'intérieur des échangeurs de chaleur des centrales électriques nucléaires ou classiques, qui comportent de véritables forêts de tubes.

Aujourd'hui, ce genre d'opération est effectuée par des techniciens, qui utilisent de minuscules caméras que l'on glisse dans les tuyaux, après arrêt de la centrale. Les microrobots devraient permettre d'automatiser les inspections.

Le peigne électrique antipoux.

J. FEINE



ELECTRONIQUE

Les poux électrocotés

Baptisé Robi Comb, le peigne antipoux ne se contente pas d'attraper les parasites des cheveux, mais il les élimine d'une petite décharge électrique. Selon la société Boudex qui le commercialise en France, le Robi Comb (mis au point par une société israélienne), fonctionne avec une pile de 1,5 volt.

Lorsqu'on le passe dans les cheveux, qui doivent être secs, il émet un bruit de fond qui cesse lorsque les dents du peigne entrent en contact avec un pou. Celui-ci est alors électrocoté. La décharge est suffisante pour tuer le parasite, mais elle est sans danger pour l'être humain. Si le bruit de fond se fait entendre en continu, lors du brossage, cela signifie que l'appareil n'a détecté aucun pou dans la chevelure.

SÉCURITÉ PUBLIQUE

L'EMPREINTE DE LA CANALISATION

■ Pour décider si une conduite de gaz en polyéthylène, endommagée, doit ou non être remplacée, les techniciens de Gaz de France disposent aujourd'hui d'un kit de diagnostic. Mis au point par la direction de la recherche de Gaz de France, ce kit sert à prendre une empreinte de la canalisation à l'endroit de la griffure, comme un dentiste procède pour prendre l'empreinte d'une dent. La profondeur et l'angle de la griffure peuvent être mesurés



C. CIEUTAT/GAZ DE FRANCE

L'empreinte de la canalisation de gaz permettra d'évaluer son état.

avec précision sur le moulage, grâce à une loupe et un rapporteur, puis comparés avec les paramètres de référence contenus dans le kit. L'exploitant dispose ainsi de critères objectifs de décision.

TRANSPORT AÉRIEN

Ceinture gonflable

La société américaine BF Goodrich propose aux compagnies aériennes d'installer des coussins de protection gonflables (airbags) sur les sièges de leurs avions commerciaux. Baptisé *Inflatabel Restraint System*, cet équipement serait en fait placé sur la ceinture de chaque passager et améliorerait l'efficacité de celle-ci en cas d'accident. Il pourrait être installé sans problème sur les sièges actuellement utilisés. Les responsables des compagnies aériennes se montrent intéressés, mais soulignent le risque potentiel des airbags à bord des avions, en cas de gonfle-

ment accidentel, par exemple lorsque l'appareil traverse de fortes turbulences.



L'airbag est installé sur la ceinture.

EXPOSITION

L'art et la technique



SPECIAL SUISSE La science et la technique abordées par le jeu et ressenties par les cinq sens : à Winterthur, près de Zurich, l'interactivité règne dans chacune des salles d'exposition de 5 000 m² du Technorama. L'année dernière, 235 000 visiteurs s'y sont précipités pour mener de spectaculaires expériences de physique : faire couler les plus grosses gouttes d'eau du monde, ou regarder s'embraser une tornade de feu de 5 m de long. Mais l'esprit du Technorama est aussi inspiré par l'art.

Une exposition temporaire réunit quatre-vingts automates artistiques, dont la plupart peuvent être actionnés par le public. Ils proviennent, notamment, de Grande-Bretagne, des Etats-Unis et de Russie.

Le Rêve, par exemple, met en scène un personnage alité, qui se réveille



à s'intéresser à la technologie. L'exposition "Kabinett der Mechanik" devait initialement durer de mars à octobre. Grâce au succès rencontré, elle est prolongée jusqu'au 31 décembre.

Q. D.

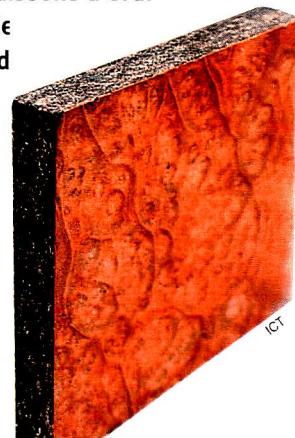
Ouvert tous les jours, sauf le lundi.

MATERIAUX

Moulé en bois liquide

Des chercheurs allemands de l'Institut Fraunhofer de technologie chimique, près de Karlsruhe, ont inventé une sorte de "bois liquide" qui peut être moulé comme un plastique. Ce matériau, baptisé Arboform, est réalisé à base de lignine, un polymère qui donne sa rigidité au bois et qui constitue un sous-produit de la fabrication de la pâte à papier. L'Arboform est susceptible d'être employé pour produire des panneaux de tableaux de bord de voiture, ainsi que des caissons d'ordinateurs, de séurs, ou de téléphones.

A base de lignine, l'Arboform peut être moulé comme un plastique.

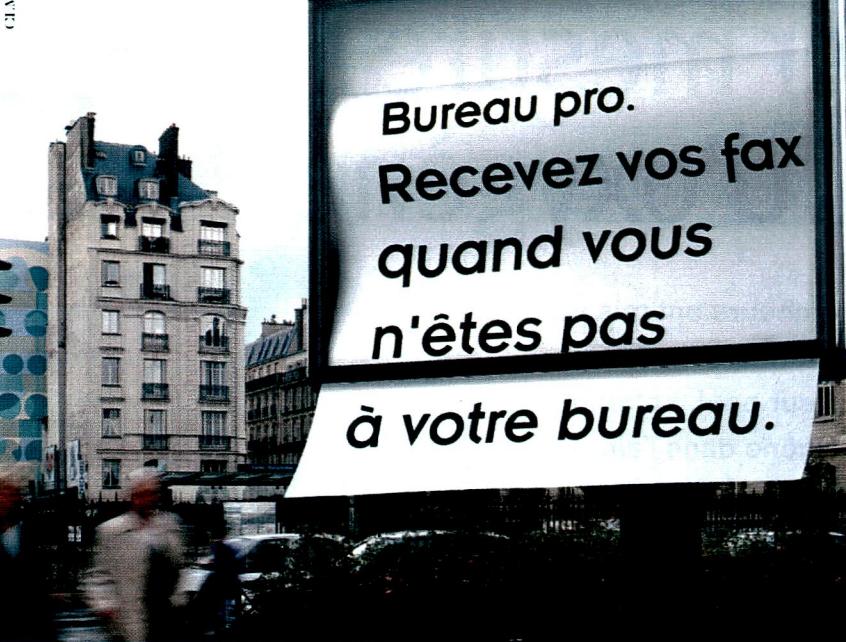


LOCALISATION

INSECTES À LA TRACE

Des biologistes britanniques de l'université du pays de Galles, à Aberystwyth, ont inventé un système original qui leur permet d'étudier les insectes en les suivant à la trace : ils ont installé sur leur carapace un "réflecteur" radar. Un émetteur-récepteur à main suffit alors aux entomologistes pour détecter les insectes. Le son émis se réfléchit sur la carapace, mais il est réémis sous une fréquence différente, grâce à une diode minuscule incorporée dans l'équipement que porte

l'insecte et à une antenne de 25 micromètres. Ce changement de fréquence sert à éviter toute confusion quant à la provenance des signaux captés. L'une des applications envisagées serait, par exemple, de suivre les insectes qui vivent sur des cultures de plantes génétiquement modifiées, afin de vérifier si leur comportement s'en trouve perturbé. Autre application : améliorer les moyens de lutte utilisés contre les parasites les plus courants.



Etre mobile, c'est aussi garder le contact avec son bureau et continuer à envoyer ou recevoir ses fax ou e-mails. Pour vous, Itineris crée la Solution Bureau Pro, sans engagement ni équipement supplémentaire. Pour tout renseignement, rendez-vous dans votre point de vente ou appelez gratuitement le **NoVert 0 800 830 800** Internet : www.itineris.tm.fr

ITINERIS. LE MOBILE SELON VOUS.



Le laser mesure le taux d'oxygène

A Neuchâtel, des chercheurs ont mis au point un émetteur de lumière laser. Ce nouveau type de capteur peut, notamment, mesurer le taux d'oxygène dans l'air.



SPECIAL SUISSE L'avenir appartient aux VCSELs (prononcer "vixels", *Vertical Cavity Surface Emitting Laser*). Ce sont des capteurs, c'est-à-dire une nouvelle génération de semi-conducteurs sensibles qui, reliés à des composants électroniques, "sentent" leur environnement. L'émetteur de lumière laser développé par le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) de Neuchâtel est basé sur cette technologie. Il sert, notamment, à mesurer l'oxygène dans l'air. En mai dernier, à Baltimore (Etats-Unis), cette innovation a été récompensée.

Comme leur nom anglais le suggère, ces composants émettent de la lumière laser perpendiculairement à leur surface. Les VCSELs produisent une lumière monochromatique et cohérente, dans un faisceau de section circulaire moins divergent que celui des diodes-lasers conventionnelles. La paternité du concept revient à un Japonais, le Pro Kenichi Iga, qui a étudié ce procédé dans les années 70. C'est à la fin des années 80 que sont apparus les premiers modèles qui fonctionnaient à température ambiante et qui nécessitaient peu de courant électrique. Aujourd'hui, de grandes sociétés

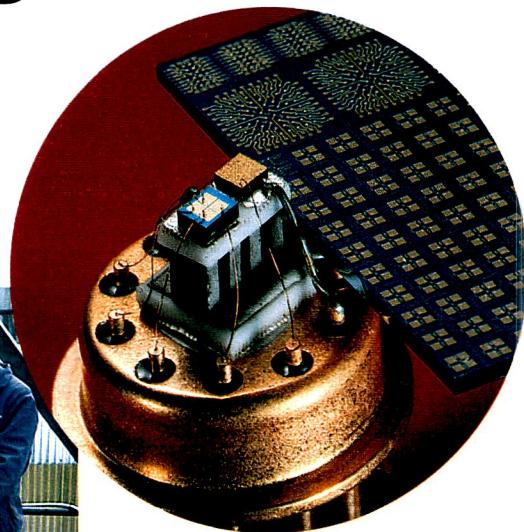


PHOTOS CSEM

Les capteurs VCSELs (en médaillon, entourés de bleu) émettent de la lumière laser. On les utilise aussi dans des instruments de mesure des gaz en milieu industriel.

telles que Honeywell ou Hewlett-Packard produisent des VCSELs pour la transmission optique de grands flux de données entre ordinateurs. On envisage également d'employer des VCSELs pour la lecture des disques compacts.

Une équipe d'ingénieurs du CSEM, menée par Karlheinz Gulden, développe également des VCSELs destinés aux télécommunications. L'équipe a eu, en outre, l'idée de les utiliser pour déterminer la concentration de certains gaz dans l'air, et notamment de l'oxygène – que ce



soit pour surveiller l'assistance respiratoire d'un patient dans une salle de chirurgie, pour mesurer l'efficacité d'un processus de combustion, ou encore pour contrôler l'atmosphère de certains locaux. Le dispositif se compose d'un VCSEL et d'un détecteur optique situé à distance. L'émission lumineuse du VCSEL varie rapidement sur plusieurs longueurs d'onde, autour de 762 nanomètres (infrarouge proche), longueur d'onde spécialement absorbée par les molécules d'oxygène. Le détecteur analyse la quantité de lumière qui l'atteint : on mesure ainsi la concentration d'oxygène dans l'atmosphère.

Par rapport aux capteurs électrochimiques, le capteur d'oxygène à VCSEL présente une meilleure stabilité et une plus grande rapidité. En outre, il est capable de quantifier la concentration de l'oxygène avec une précision de 0,01%, et à des températures qui peuvent atteindre 1 400 °C.

P.-A. M.

Enseignants, chercheurs, pour la rentrée, Compaq reprend jusqu'à 1 000 FTTC*



9990 FTTC**
8 990 FTTC

(exemple de configuration)

Offre réservée au personnel enseignant et aux chercheurs. Jusqu'à 1 000 FTTC* remboursés sur l'achat d'un portable de la gamme Compaq Presario effectué avant le 31/12/99, c'est la bonne nouvelle de la rentrée ! Et à plus d'un titre. Ce portable est un allié de poids pour travailler dans les meilleures conditions partout et à tout instant, optimiser la présentation de vos travaux, accéder à l'univers internet... bref, **gagner en liberté et en efficacité**. Quant à vos bons vieux crayons, n'ayez crainte, ils vous oublieront très vite !



Compaq Presario 1246



Compaq Aero 2130

Jusqu'à 300 FTTC* remboursés sur l'achat d'un assistant personnel.

Le partenaire mobile de votre PC, il gère votre agenda, votre répertoire, vos mémos écrits ou vocaux...

- Ecran tactile 256 couleurs 240x320 pixels • 16 Mo de Ram (24 Mo max.)
- Batterie rechargeable Lithium-Ion • Windows CE 2.11 • Offre logicielle incluse

3690 FTTC 3990 FTTC**

- Processeur AMD K6 II 400 MHz
- Disque dur 4,3 Go
- Lecteur de CD-Rom 24X intégré
- Enceintes intégrées
- Modem Data Fax 56K
- Offre logicielle incluse

* L'offre de remboursement de 1 000 FTTC* ne s'applique qu'aux portables Compaq Presario et l'offre de remboursement de 300 FTTC* ne s'applique qu'aux assistants personnels Compaq Aero. Offres réservées aux achats personnels des enseignants et des chercheurs en cours d'activité et valable pour tout achat d'un ordinateur portable Compaq Presario et/ou d'un Compaq Aero effectué du 01/09/99 au 31/12/99 en France métropolitaine et DOM-TOM. La demande de remboursement est disponible en appelant le 0803 09 19 29 (0,99 FTTC la minute), ou sur www.compaq-education (au prix de la communication téléphonique), et devra être restituée sous enveloppe affranchie avant le 31/01/2000 à : Opération SPEC ALE/ENSEIGNANT, SFDD, cedex 3671, 99367 Paris Concours accompagnée 1) de la facture originale ou d'un duplicata certifié conforme mentionnant l'achat de votre ordinateur portable Compaq Presario et/ou de votre Compaq Aero, 2) de la photocopie de votre carte d'enseignant ou de chercheur en cours de validité ou d'une attestation de votre établissement certifiant votre qualité d'enseignant ou de chercheur. **Prix public indicatif.

COMPAQ à suivre...

OFFRES SPÉCIALES ÉDUCATION

appelez vite le

0 803 09 19 29
(0,99 FTTC/min)

ou sur : www.compaq.fr/education

Moins dure sera la chute

Inventé par la firme japonaise Mugen Denko, un nouveau moyen de protection pour les motards va être commercialisé en Europe. Il s'agit d'un vêtement qui se gonfle en cas de chute du motocycliste afin d'amortir le choc avec la chaussée. Baptisé l'Eggpar-ka, ce système a l'aspect d'un gilet de sauvetage marin, mais beaucoup plus enveloppant. Une bouteille de gaz carbonique sous pres-

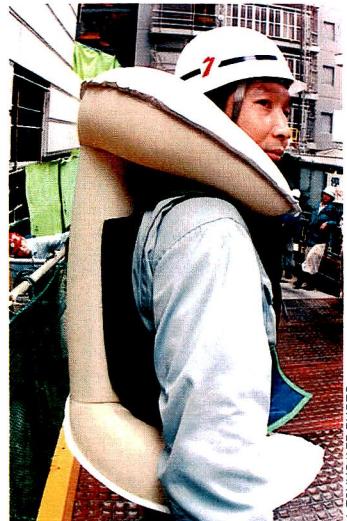
sion y est associée. Le

déclencheur

de la bou



Le gilet gonflable **1** est doté d'une bouteille de gaz carbonique sous pression. Lorsque le motard chute, le gaz gonfle le gilet **2** grâce au déclencheur relié par un câble à la moto **3**. Le gilet pour travailler en altitude (ci-dessus) est équipé d'un capteur de gravité qui provoque son gonflement en cas de chute.



est relié par un câble à la moto. Lors d'une chute, le câble se tend et provoque le gonflement du gilet en moins d'une seconde. Le gilet se compose de plusieurs structures, conçues pour protéger plus particulièrement le thorax, le dos et le cou. L'emploi d'une bouteille de gaz sous pression, plutôt que d'un générateur de gaz pyrotechnique, comme sur les coussins gonflables des voitures – qui réclament une plus grande quantité de gaz, en un très court laps de temps –, est une mesure de précaution. Il évite, selon le fabricant, les blessures que pourrait provoquer le gonflement intempestif du gilet.

Dans le même ordre d'idées, une autre société japonaise, Kaji-

DESSINS S. FLOREND

BIBLIOPHILIE

SAUVÉS PAR L'ÉLECTRICITÉ

- Des chercheurs allemands ont expérimenté une technique de restauration des vieux livres par l'électricité. Elle permet de

réparer les dommages causés par des micro-organismes ou par l'humidité

aux pages et aux couvertures des ouvrages anciens. Un gaz chargé électriquement, un plasma, leur est appliqué pour "gommer" les traces des dommages sur le papier ou le cuir. Bactéries et moisissures sont détruites, le papier est renforcé. Les chercheurs de l'Institut Fraunhofer pensent même pouvoir utiliser le plasma pour appliquer une couche protectrice sur les pages les plus détériorées et ainsi éviter qu'elles se déchirent.

A gauche, un ouvrage ancien abîmé. A droite, le même livre restauré par le plasma.



BAI INNOVATION



un gilet de protection gonflable pour les travailleurs qui opèrent au-dessus du niveau du sol, par exemple sur des échafaudages. En cas de chute, un détecteur de gravité ultrasensible actionne une bouteille d'air comprimé qui gonfle le gilet, formant une protection pour le dos, les hanches et le cou de l'utilisateur.

Ont collaboré à cette rubrique : Quentin Deville et Pierre-André Magnin.

POLLUTION

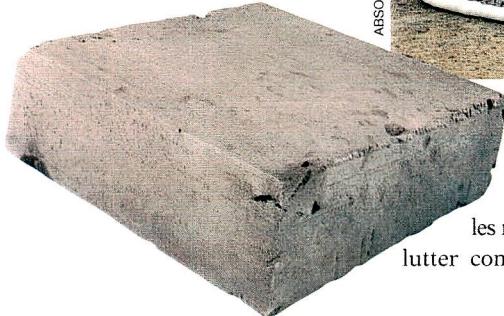
Coup d'éponge sur les hydrocarbures

L'entreprise française Rivard a mis au point un matériau capable d'absorber jusqu'à soixante-quatre fois son poids de liquides, notamment de liquides polluants. Un mètre cube de mousse phénoplaste peut ainsi absorber 1 000 litres d'hydrocarbures, mais aussi d'huiles industrielles et ménagères, de solvants, etc., que ce soit en milieu terrestre, aquatique

ABSORBANT



Ce matériau absorbe soixante-quatre fois son poids de liquides.



ou maritime. De plus, même saturées, ces "éponges" restent in-submersibles, ce qui les rend très efficaces pour lutter contre les pollutions de

l'eau. Autre avantage : il peut, après utilisation, restituer par simple pression plus des neuf dixièmes des produits absorbés. Enfin, il peut également être incinéré avec les produits qu'il contient.

Pour l'achat d'un
MEADE ETX-90/EC
4950 F TTC



Offre exceptionnelle*

MOITIÉ PRIX
sur les 3 accessoires suivants :

- 1 oculaire Super Plössl 12,4
 - 1 oculaire Super Plössl 6,4
 - Redresseur Terrestre 932
- d'une valeur de 1 525 F TTC
- 50 % soit 762,50 F TTC

soit un montant total de :
5 712,50 F TTC seulement

90mm Maksutov-Cassegrain

*Offre Valable jusqu'au 30/11/99

Liste des revendeurs
sur simple demande au
01 43 39 91 36



Importé et garanti par
paralux
Professionnel de l'optique depuis 1914

• Vente des moments d'exception • Tant au 01 10 99. Millésime 2000 du Voyager SE. Modèle avec une équipe du Park Line d'une valeur de 14 000 F.



7 grandes
places.



Chrysler Voyager. Quality time.*

CHRYSLER VOYAGER A PARTIR DE 159 900F**.
Quand on est le monospace le plus vendu dans le monde,
forcément, on voit tout en grand. Plus de places, plus
de luxe et plus d'équipements en série : 7 grandes places,
air conditionné, ABS, 2 airbags (coussins gonflables de

sécurité), peinture métallisée, radiocassette RDS... Ici,
tout est grand pour que votre petite famille se sente
parfaitement à l'aise. Alors pour le découvrir, rendez-vous
chez votre concessionnaire Chrysler.

CHRYSLER

VOYAGER

Le suivi et l'information des malades chroniques nécessitent une formation spéciale des médecins.

JAUBERT/SIPA IMAGE



L'école du long terme

Un nouveau diplôme va sanctionner un cursus universitaire consacré à la prise en charge à long terme des maladies chroniques.



Soit par négligence, soit parce qu'ils ignorent la gravité du mal dont ils sont atteints, beaucoup de malades ne suivent pas les recommandations du corps médical. Ce phénomène est particulièrement vrai pour les maladies qui nécessitent une prise en charge à long terme, comme le

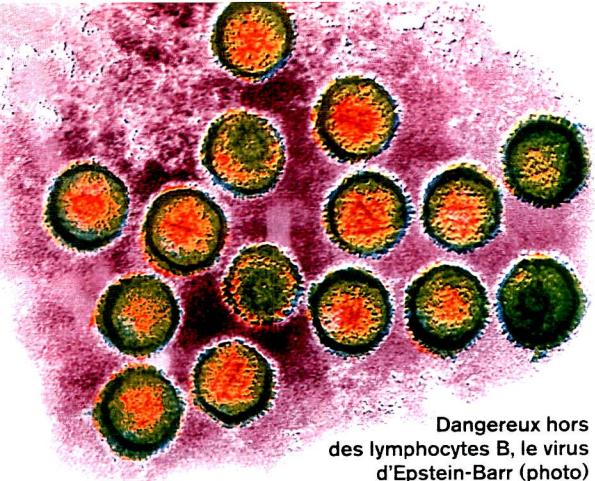
diabète, l'asthme, l'obésité, la tuberculose ou le sida.

Aussi, afin d'aider les patients à mieux connaître leur maladie et à mieux gérer leur traitement, le Pr Jean-Philippe Assal créait, il y a quinze ans, à la faculté de médecine de Genève, une division d'enseignement thérapeutique pour maladies chroniques.

A ce jour, plus de 2000 personnes – des médecins, pour la

plupart – venus de soixante pays ont déjà suivi ce séminaire de formation, avec des résultats étonnantes chez leurs patients : baisse de 80 % des hospitalisations chez les asthmatiques; amputations réduites de près de 75 % chez les diabétiques; 90 % de comas en moins; réduction de moitié des séjours en hôpital dans des cas de schizophrénie.

Les résultats ont été jugés si convaincants que la faculté de médecine de Genève a décidé de sanctionner le cursus universitaire par un diplôme. Les premiers lauréats se verront remettre leur parchemin en octobre 2001. Q. D.



Dangereux hors des lymphocytes B, le virus d'Epstein-Barr (photo) serait impliqué dans des cancers du sein.

ONCOLOGIE

Cancer du sein : la piste du virus

Le virus d'Epstein-Barr, que l'on trouve dans les lymphocytes B (une variété de globules blancs) de tous les individus adultes, vient d'être mis en évidence dans des cancers du sein invasifs. C'est ce que viennent de démontrer Irène Joab et Mathilde Bonnet, de l'Institut de génétique moléculaire (hôpital Saint-Louis, Paris).

On sait que ce virus, hors de son réservoir normal, est associé à des processus malins comme le cancer du nasopharynx, le lymphome de Burkitt et la maladie de Hodgkin, et il y a de fortes chances pour qu'il intervienne aussi dans certains cancers du sein. Pour s'en assurer, les deux chercheuses s'attachent actuellement à étudier son rôle. P. R.

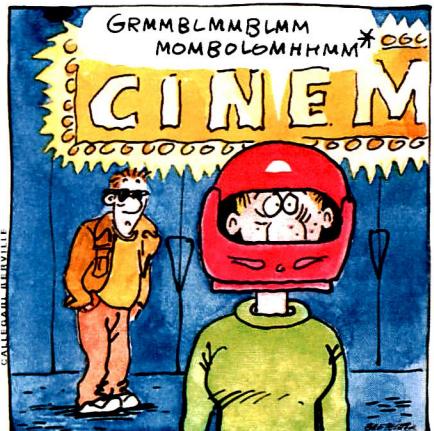
VIROLOGIE

DU VIN CONTRE LE SIDA

Le résvératrol, molécule chimique présente dans le raisin et que l'on retrouve dans le vin, possède des propriétés désormais bien connues contre l'athérosclérose, les inflammations et certains cancers. Des chercheurs de l'institut de virologie humaine de Baltimore (Maryland, Etats-Unis) viennent de montrer qu'il augmente également, *in vitro*, l'activité des antiviraux (ddl, ddC et AZT) employés pour lutter contre le virus du sida. L'activité antivirale du ddl contre des lymphocytes infectés par le VIH serait ainsi multipliée par au moins deux cent.

P. R.

FICHE-CONSEIL LUTSINE n°4



* Ça cache mon champ de fraises mais ça crain pour la tchatche

Aujourd'hui, Lutsine, le spécialiste des peaux jeunes à problèmes, sait masquer et corriger les imperfections. Alors pourquoi s'en priver ?

✓ **Le Stick correcteur teinté**, on l'emporte partout et on camoufle les imperfections d'un geste, à n'importe quel moment de la journée.



✓ **Les Crèmes teintées** existent en deux teintes et sont spécialement formulées pour respecter les peaux à problèmes des filles.



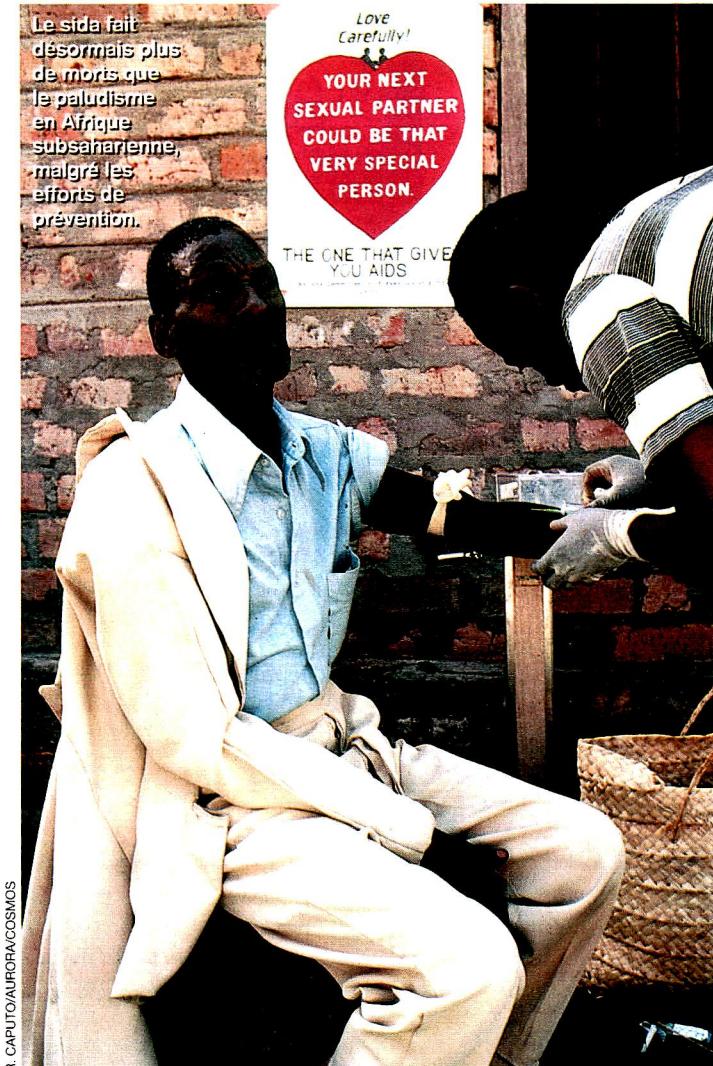
✓ **Et pour vous démaquiller, le duo lait + lotion** : camoufler c'est bien, mais n'oubliez pas de démaquiller la peau avec des produits adaptés sans l'agresser tous les soirs avant de vous coucher.

LES CONSEILS DU DERMATOLOGUE LUTSINE :

Les soins plaisir ne vous sont pas interdits. Apprenez à choisir des produits adaptés et pensez à respecter une hygiène des plus rigoureuses, avant et après. Cela ne peut qu'améliorer l'état de votre peau.

**LUTSINE
ados**

LUTSINE, UNE COMPÉTENCE DERMATOLOGIQUE



R. CAPUTO/AURORA/COSMOS

EPIDÉMIOLOGIE

Le triste record du sida

En Afrique subsaharienne, le sida fait aujourd'hui davantage de victimes que le paludisme, soit plus de 1,5 million de morts par an, devenant ainsi la première maladie mortelle de cette région.

70 % des 5,8 millions de nouveaux cas de séropositivité et 80 % des décès dus à la maladie recensés dans le monde en 1998 sont survenus dans cette partie de

l'Afrique. Lors d'une réunion qui a rassemblé, en Namibie, les responsables de la santé de 46 pays d'Afrique subsaharienne, l'Organisation mondiale de la santé a réaffirmé sa volonté inébranlable de lutter contre le sida. De belles paroles qui ont peu de chances d'être suivies d'effet dans une région où les populations n'ont qu'un faible accès aux soins et à l'information.

P. R.

TOXICOMANIE

Un vaccin anticocaïne

Des chercheurs américains dirigés par le Dr Kim Janda (Scripps Research Institute, La Jolla, Californie) viennent de mettre au point un "vaccin" potentiellement efficace contre l'accoutumance à la cocaïne. C'est ce que laissent présager des essais concluants chez l'animal. Les premiers essais expérimentaux devraient débuter sur l'homme avant la fin de l'année.

P. R.

PHARMACOLOGIE

La grippe se soigne enfin

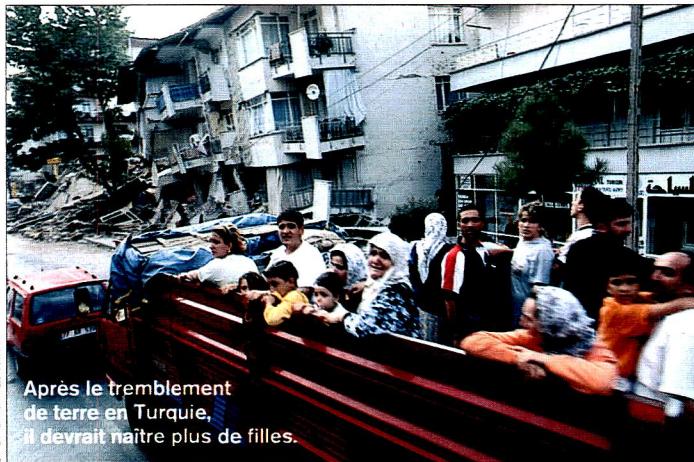
A part la prévention par le vaccin, il n'existait jusqu'ici aucun traitement contre la grippe. Les médicaments disponibles ne s'attaquaient qu'aux symptômes de la maladie : aspirine contre la douleur, sirops contre la toux. Le zanamivir, commercialisé sous le nom de Relenza par les laboratoires Glaxo-Wellcome, s'attaque directement au virus grippal. Toutes les souches du virus y seraient sensibles. Il devrait être commercialisé en France avant l'hiver. P. R.

Un inhalateur buccal contre la grippe.





**Méfiez-vous
des apparences**



S. GAUTIER/EDITING

DÉMOGRAPHIE

Le stress et le sexe

Sans que l'on comprenne pourquoi, on sait, depuis la nuit des temps, que les catastrophes naturelles (tremblements de terre, inondations, etc.) sont associées à une modification de la sex-ratio (qui est généralement de 105 garçons pour 100 filles) : parmi les enfants conçus au moment des accidents, il y a moins de garçons que de filles.

Restait à savoir si des événements graves autres que des catastrophes naturelles ont les mêmes conséquences. Pour le vérifier, une équipe danoise dirigée par Dorthe Hansen a comparé 3 072 femmes enceintes exposées à un stress important au moment de la concep-

tion (infarctus du myocarde de leur partenaire, par exemple) à 20 337 femmes non confrontées à ce type d'événement.

Résultat : chez les femmes stressées, la sex-ratio était de 96 garçons pour 100 filles, alors que, chez les femmes du groupe contrôle, elle se situait dans la moyenne européenne.

Selon les chercheurs, la diminution du nombre de garçons pourrait s'expliquer par des modifications hormonales au moment de la conception, par une augmentation du taux d'avortements spontanés des fœtus mâles, ou encore par une modification du sperme. **P. R.**

CHRONOBIOLOGIE

L'IMMUABLE HORLOGE HUMAINE

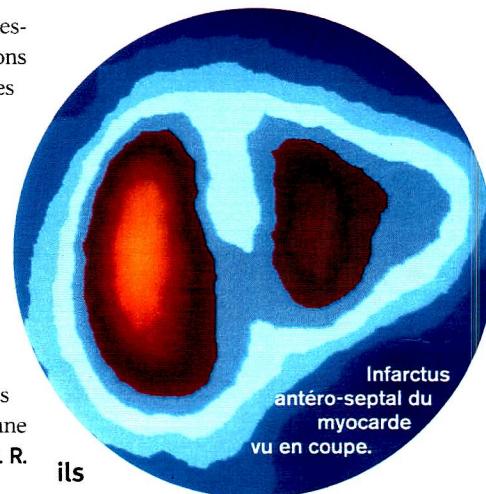
■ Vingt-quatre heures et onze minutes, telle est la durée du cycle circadien de l'horloge biologique humaine. Contrairement à ce que l'on pensait jusqu'ici, cette durée varie très peu d'un individu à l'autre et ne change pas avec l'âge. Les problèmes d'insomnie des per-

sonnes âgées ne relèvent donc pas d'un dérèglement de l'horloge interne. Mis à part les cas, envisageables, d'anomalies du rythme circadien, l'insomnie du grand âge pourrait être liée à une altération des mécanismes de contrôle qu'exerce l'horloge interne. **Ph. C.**

CARDIOLOGIE

Infarctus précoce pour les fumeurs

Les fumeurs risquent de souffrir d'un infarctus du myocarde dix ans plus tôt que les non-fumeurs, selon une étude menée en Espagne, en Italie et au Portugal auprès de 2 100 patients de 29 hôpitaux, et dont les résultats ont été présentés lors du XXI^e Congrès européen de cardiologie qui s'est tenu récemment à Barcelone (Espagne). Par ailleurs,



ils ont une probabilité plus importante de mort subite avant l'admission à l'hôpital. Encore une bonne raison d'arrêter de fumer. **P. R.**

Ont collaboré à cette rubrique :
Philippe Champon,
Quentin Deville.



Sur le Câble et sur

CANALSATELLITE

Cancer du sein : la Rolls du dépistage

La "mammographie numérique plein champ" a permis de mettre en évidence les microcalcifications (en clair) caractéristiques de ce cancer précoce du sein.



HOPITAL DE LA CHARITÉ-BERLIN

Une nouvelle technique de dépistage du cancer du sein, plus fiable que la radiographie classique, vient d'être mise en service à l'hôpital de la Charité, à Berlin (Allemagne). Cette technique, baptisée "mammographie numérique plein champ", permet de dire, en fonction de sa forme, de sa densité et de ses contours, si une tumeur est bénigne ou maligne. Elle permet également de déterminer avec une grande précision sa position. Elle est enfin très rentable, puisqu'elle réduit les coûts (achat de films, équipements de laboratoire et de développement) par rapport à la radiologie conventionnelle. Les hôpitaux français seraient bien inspirés d'adopter ce système de dépistage.

nigne ou maligne. Elle permet également de déterminer avec une grande précision sa position. Elle est enfin très rentable, puisqu'elle réduit les coûts (achat de films, équipements de laboratoire et de développement) par rapport à la radiologie conventionnelle. Les hôpitaux français seraient bien inspirés d'adopter ce système de dépistage.

P. R.

CANCÉROLOGIE

LA TOMATE ET LA PROSTATE

■ A partir d'études épidémiologiques effectuées aux Etats-Unis chez des adventistes, végétariens et grands consommateurs de tomates, il a été établi que le lycopène (caroténoïde présent dans la tomate) protège contre l'émergence du cancer de la prostate.

Par ailleurs, une étude menée à l'institut du cancer de Detroit (Etats-Unis) a montré que la prise journalière de lycopène par des

patients atteints d'un cancer de la prostate et en attente d'être opérés arrête l'évolution de leur tumeur.

Le Pr Bernard Jobel, attaché au centre hospitalier Pontchaillou, à Rennes, envisage de vérifier la réalité de ces observations, à grande échelle, en Bretagne, région grande consommatrice de tomates. Il estime que, « si le résultat est positif, il pourrait aboutir à des recommandations nutritionnelles ». P. R.

OPHTALMOLOGIE

La molécule de la vision

La rétinopathie pigmentaire, affection héréditaire jusqu'à présent incurable, qui touche la rétine et conduit à la cécité totale, pourrait bientôt bénéficier d'un traitement. Plusieurs centaines de mutations sont à l'origine de cette maladie. La grande majorité d'entre elles touchent les bâtonnets, cellules qui, avec les cônes, constituent les cellules visuelles de la rétine. Du fait de ces mutations, les bâtonnets dégénèrent, et la cascade de réactions qui convertissent le signal lumineux en signal nerveux électrique se trouvent perturbées. Afin de préserver l'intégrité des bâtonnets, José Sahel et Serge Picaud, chercheurs à l'université Louis-Pasteur, à Strasbourg, ont fait appel à une molécule bien connue en cardiologie : le D-cis-diltiazem. Testée avec succès sur la souris, cette substance pourrait, dans un proche avenir, être utilisée chez l'homme. Environ 40 000 personnes en France sont dans l'attente du traitement.

P. R.

Derrière une grande création, il y a toujours un grand créateur.



De série :
intérieur cuir
décor bois et incrustations chrome
autoradio K7 avec changeur CD
climatisation électronique
sièges avant chauffants
vitres et toit ouvrant électriques

Octavia
Laurin & Klement

ABS⁽¹⁾ EDS⁽²⁾
double airbag⁽³⁾
jantes alliage 16"
direction assistée
moteur TDI 110 ch
ou 1,8 l Turbo essence 150 ch

149 500 F

22 791,13 €

(1) Système antibloquage (2) Blocage électronique de différentiel
(3) Coussin gonflable de sécurité (4) Au premier des deux termes échu



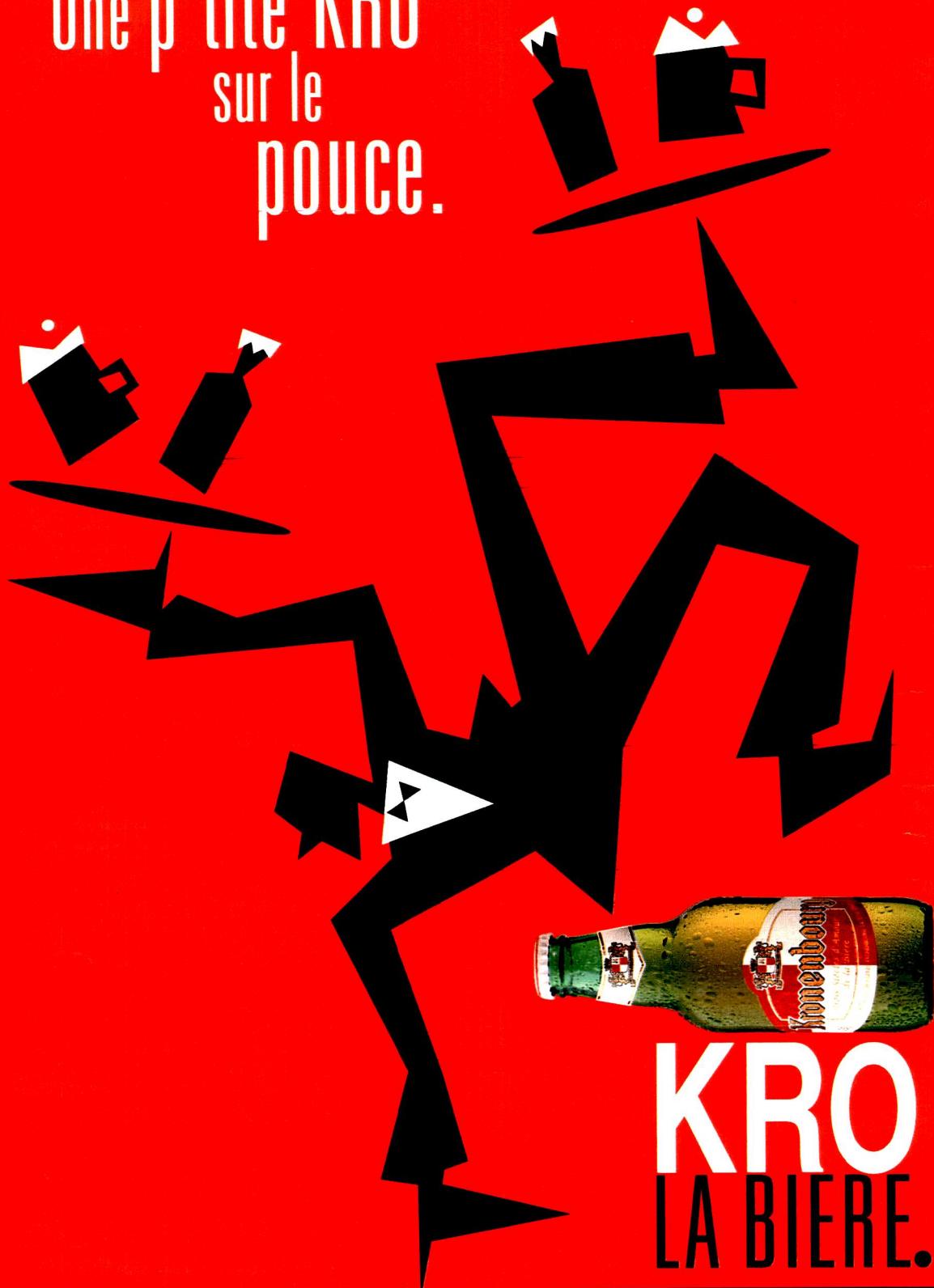
SKODA phone 08 36 68 00 10 223 Fis minute 0,54-
3615 SKODA 1,29 F la minute (0,204)
INTERNET <http://www.skoda-france.com>



Skoda, une marque d'audace.

GARANTIE 3 ANS OU 100 000 KM⁽⁴⁾

Une p'tite KRO
sur le
pouce.



BIERE. 4,7% ALC. VOL. L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTE, CONSOMMEZ AVEC MODERATION.

Qu'est-ce qui fait l'homme?



Définir l'homme est l'une des plus anciennes et des plus universelles quêtes philosophiques.

Plus modestement, la science cherche à définir l'homme zoologique, le genre *Homo*, au sein du monde vivant. Quand le voit-on émerger de l'animalité dans sa longue histoire paléontologique ? Quels sont ses caractères distinctifs, anatomiques, biologiques, génétiques ou culturels ? A l'heure où ces questions, loin d'être résolues, sont plus brûlantes que jamais, plusieurs travaux récents, à la croisée des diverses sciences du vivant, apportent un éclairage nouveau sur l'un des débats les plus fondamentaux de la recherche actuelle.

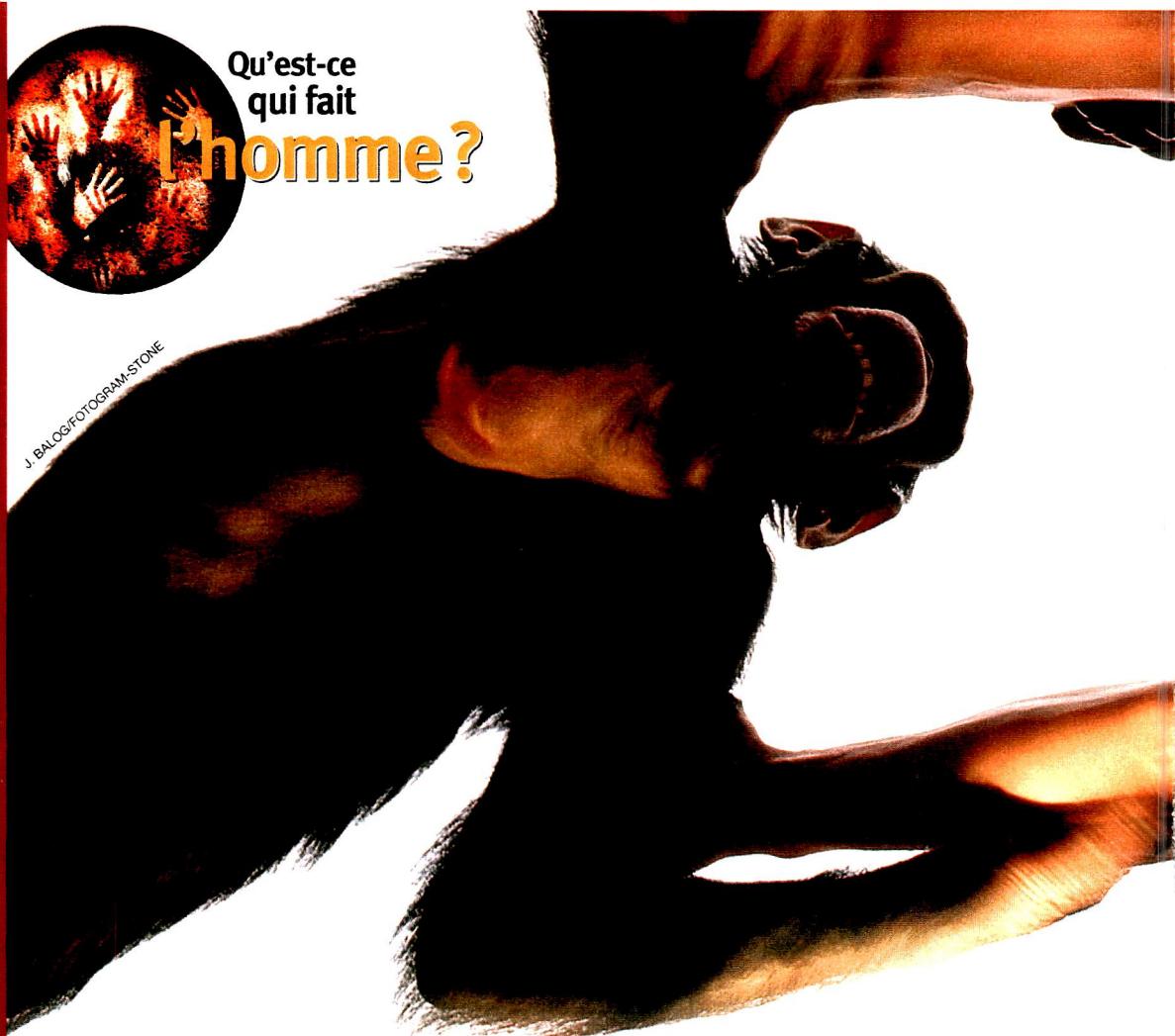
- | | |
|---|-------|
| Le genre <i>Homo</i> n'est plus ce qu'il était | p. 60 |
| Une brève histoire des hommes | p. 66 |
| Cladisme : comment un arbre peut cacher une forêt | p. 68 |

PAR FRANÇOIS MARCHAL,
paléoanthropologue au laboratoire
d'anthropologie de l'université Aix-Marseille II



Qu'est-ce
qui fait
l'homme?

J. BLOG/FOTOGRAM-STONE



Le genre *Homo* n'est plus ce qu'il était

Jusqu'à récemment, le genre *Homo* – dont nous sommes les seuls représentants actuels – comptait sept espèces fossiles reconnues. Or, voici que deux chercheurs anglo-saxons ébranlent la paléontologie humaine en se proposant de redéfinir l'homme d'un point de vue biologique. Mais le débat est loin d'être tranché...

Je cherche un homme», disait Diogène quand on lui demandait pourquoi il errait en plein jour dans les rues d'Athènes, une lanterne à la main. La quête métaphysique du philosophe grec (413-327 avant notre ère) n'est visiblement pas achevée...

Car c'est en quelque sorte le même défi que tentent de relever Bernard Wood, professeur à l'université George Washington, à Washington, et Mark Collard, du Universi-

Où s'arrête le singe?

La définition actuelle du genre *Homo* bat de l'aile. Des spécialistes de biologie moléculaire suggèrent même d'y inclure les chimpanzés!

ty College de Londres. Ils se proposent de redéfinir l'homme d'un point de vue biologique. Publié dans la revue *Science*, leurs travaux les conduisent à modifier en profondeur la définition du genre *Homo*. Ils ébranlent l'un des rares piliers de la paléontologie humaine et secouent vigoureusement un arbre gé-

Elagage

Deux scientifiques proposent de tailler la branche des *Homo* dans l'arbre généalogique des hominidés : ils "élaguent" deux représentants, *H. habilis* (photo ci-dessous) et son proche parent *H. rudolfensis*. (A. = *australopithecus*.)



néalogique sur lequel le genre *Homo* – dont nous sommes les seuls représentants actuels – compte sept espèces fossiles (*habilis*, *rudolfensis*, *erectus*, *ergaster*, *antecessor*, *heidelbergensis* et *neanderthalensis*). Gardons-nous de considérer tous ces fossiles comme nos ancêtres. Notre espèce n'est qu'un rameau – le seul survivant – de la branche de la lignée humaine. Ce sont les contours de cette branche que viennent de retailler Wood et Collard.

PROGRÈS MÉTHODOLOGIQUES

Leur remise en cause ne fait pas suite à la découverte d'un nouveau fossile. Elle est le fruit d'une synthèse critique des travaux des vingt dernières années, qui reflètent les progrès méthodologiques accomplis en paléontologie, notamment l'utilisation croissante du "cladisme" (une méthode de classification présentée p. 68). De ce travail de synthèse et de mise en perspective, les chercheurs tirent des conclusions franchement contradictoires avec les données de la paléoanthropologie classique.

Pour Bernard Wood, «nombre de critères utilisés pour définir le genre *Homo*, tels que le langage, étaient inapplicables aux fossiles». D'où la nécessité d'en trouver d'autres et de passer tous les représentants du genre *Homo* à ce nouveau crible. Surprise : les analyses cladistiques révèlent qu'*Homo habilis* et *Homo rudolfensis* n'étaient que faiblement liés aux espèces



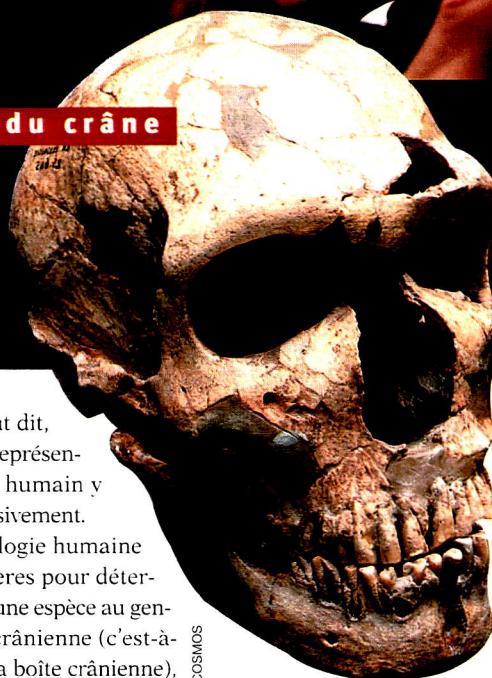
Qu'est-ce
qui fait

L'homme?

Quatre critères
aujourd'hui
dépassés

Le volume du crâne

La capacité crânienne devait être d'au moins 600 cm³ pour qu'une espèce appartienne au genre *Homo*. Un seuil qui n'est plus reconnu aujourd'hui.



J. READER/SPL/COSMOS

plus tardives. Autrement dit, deux des plus illustres représentants fossiles du genre humain y auraient été classés abusivement.

Jusqu'ici, la paléontologie humaine recourrait à quatre critères pour déterminer l'appartenance d'une espèce au genre *Homo* : la capacité crânienne (c'est-à-dire le volume brut de la boîte crânienne), la possession du langage, les capacités de préhension fine et la manufacture d'outils de pierre taillée. La bipédie n'est pas un caractère pertinent, puisque les australopithèques, qui constituent un genre à part entière, l'avaient déjà acquise.

Il est fort hasardeux d'établir une valeur limite pour la capacité crânienne, sorte de Rubicon cérébral servant de frontière entre *Australopithecus* et *Homo*. Non seulement la signification biologique de cette grandeur est douteuse, mais il s'agit en outre d'une caractéristique très variable au sein de chaque espèce, et il y a donc des chevauchements, parfois importants, entre les divers groupes fossiles. Un exemple : la capacité crânienne des hommes modernes

L'habileté manuelle

La jouissance de capacités de préhension impliquant une motricité fine était prétendument spécifique à l'homme. Ces facultés se sont révélées partagées par nombre d'australopithèques.

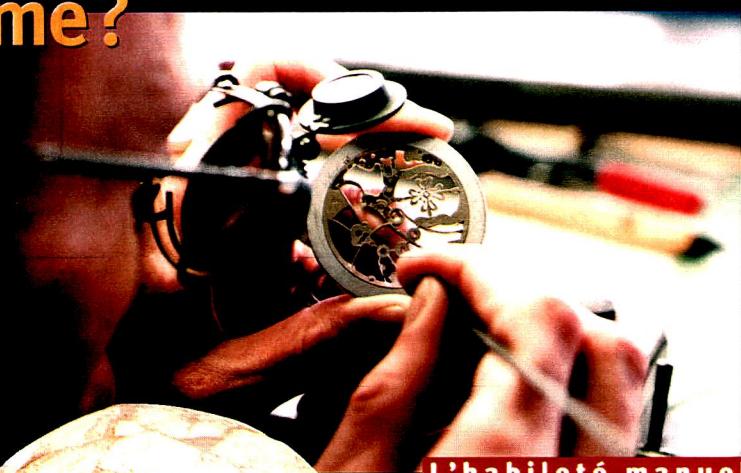
est comprise entre 1 000 et 2 000 cm³. Elle varie du simple au double, et ses plus basses valeurs sont inférieures à celles d'*Homo erectus* tardifs, qui vivaient il y a tout de même 300 000 ans.

La possession du langage est également un critère sujet à caution. L'aptitude d'une espèce fossile

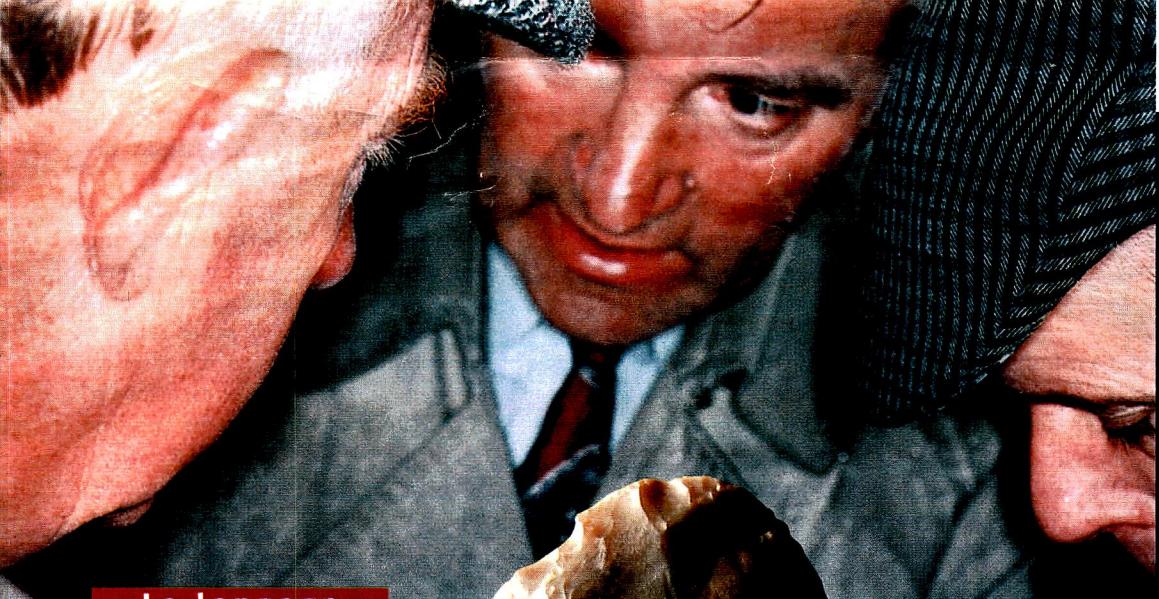
à parler se déduit des empreintes retrouvées à l'intérieur du crâne. Mais celles-ci ne reflètent que très indirectement la structure du cerveau, en raison des enveloppes de protection isolant ce dernier de la boîte crânienne. De ce fait, il est très difficile d'identifier les zones impliquées dans le langage, comme l'aire de Broca ou l'aire de Wernicke.

AUSTRALOPITHÈQUES TRÈS HABILES...

Les capacités manuelles des hominidés seraient-elles plus spécifiquement humaines ? Pas vraiment. La grotte de Swartkrans, en Afrique du Sud, a livré une très grande quantité d'ossements d'*Australopithecus robustus*, parmi lesquels un nombre



R. REUTER/SYGMA



M. PARR/MAGNUM

Le langage

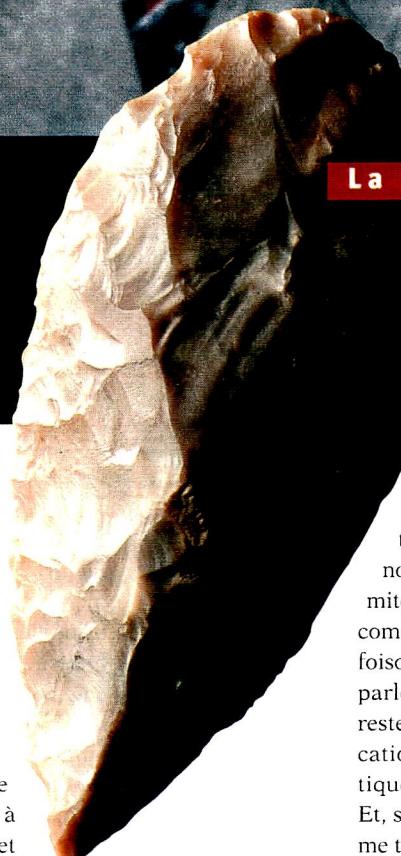
La possession du langage est aussi sujette à caution. Elle se déduit de l'examen de l'empreinte de l'encéphale sur les parois internes du crâne. Mais l'identification des aires cérébrales du langage dans ces traces est assez aléatoire.

significatif d'os de la main. Leur étude par le paléontologue américain Randall Susman a montré que la préhension d'*A. robustus* – qui détermine sa motricité fine – était comparable à celle habituellement attribuée au seul genre *Homo*.

La capacité de tailler des outils (et la notion sous-jacente de culture), qui serait spécifique à l'homme, fait également l'objet de profondes réévaluations. Ainsi, les équipes qui travaillent sur les plus grands sites sauvages d'observation des chimpanzés ont réuni le fruit de cent cinquante années d'observations dans une synthèse publiée par l'hebdomadaire britannique *Nature* en juin dernier. Cet article vient singulièrement contrecarrer l'idée selon laquelle la culture – ce qui relève de l'acquis – serait l'apanage de l'homme.

Les diverses populations de chimpanzés montrent en effet une très grande variété, non pas sur quelques aspects ponctuels de

G. DAGLI ORTI



La maîtrise de l'outil

Le dernier des quatre critères censés caractériser le genre *Homo* était la conception, la fabrication et l'utilisation d'outils – savoir-faire qui sous-tend la notion de culture. Ce critère est également remis en question...

leur comportement, mais sur au moins trente-neuf facteurs comportementaux, tels que le concassage des noix, la "pêche" aux fourmis ou aux termites, l'utilisation de matières premières comme le bois ou la pierre. Devant un tel foisonnement de savoir-faire, il faut bien parler de culture, même si son étendue reste sans comparaison avec la diversification culturelle qui est une caractéristique fondamentale de l'homme actuel. Et, si l'on se penche sur les fossiles, l'abîme tend à se combler.

Les plus anciens outils connus sont antérieurs aux premiers *Homo* répertoriés (environ 2,6 millions d'années pour les premiers, de 2,3 à 2,4 millions d'années pour les seconds). En mai 1999, Hélène Roche et son équipe annonçaient dans *Nature* une découverte sensationnelle faite sur un site de 2,34 millions d'années, à l'ouest du lac Turkana, au Kenya. Les paléontologues du laboratoire préhistoire et technologie du CNRS et de l'université de Nanterre ont en effet mis au jour un atelier de taille beaucoup plus perfectionné qu'on ne s'atten-



Qu'est-ce qui fait l'homme?

drat à le trouver pour cette époque. Cela les conduit à suggérer que plusieurs "traditions" existaient dans la taille des premiers outils, si primitifs qu'ils soient.

On ne peut s'empêcher de mettre en corrélation cette découverte avec le fait que plusieurs espèces d'hominidés coexistaient durant cette période. Les australopithèques (qui en avaient donc la capacité manuelle) et les premiers *Homo* auraient ainsi taillé des outils de pierre, mais selon des techniques différentes. On ne peut affirmer avec certitude que les australopithèques taillaient bel et bien, mais il n'y a pas de raison d'associer de façon absolue premiers outils et premiers *Homo*.

L'HORLOGE MOLÉCULAIRE DES PRIMATES

Loin d'éclaircir la question, le développement des recherches en biologie moléculaire ne fait que compliquer le problème de la définition de l'homme. Morris Goodman, de l'école de médecine de l'université Wayne, à Detroit (Etats-Unis), s'est servi du principe de l'horloge moléculaire pour étudier la classification des primates. Cette méthode repose sur l'hypothèse selon laquelle, à long terme, les mutations surviennent à un rythme régulier. Plus les différences observées entre les gènes de deux espèces sont nombreuses, plus la séparation entre ces deux espèces est ancienne.

Ainsi, pour Goodman, les diverses familles de primates (telles que, d'un côté, les cercopithécidés, ou singes à queue, et, de l'autre, les hominidés, ancêtres des australopithèques, des grands singes et des *Homo*) s'individualisent entre 25 et 28 millions d'années, tandis que les genres (tels que le genre *Gorilla*) apparaissent entre 7 et 11 millions d'années. Or, la lignée des chimpanzés semble s'être séparée de la nôtre plus récemment. Elle ferait donc partie intégrante du genre

Homo, concluent les chercheurs. Une affirmation controversée qui dresse des géneticiens contre des paléontologues.

Face à tous ces critères de moins en moins pertinents, Wood et Collard sont donc repartis de zéro en proposant une nouvelle définition biologique de l'homme. Première étape de leur raisonnement : pour définir le genre *Homo*, il faut savoir comment, de façon générale, est défini un genre. Deux thèses s'affrontent. Pour les uns, un genre est un ensemble d'espèces ayant de fortes affinités écologiques et adaptatives (par exemple, le cheval, le



H. ROCHE

Qui a taillé la première pierre ?

La découverte du premier outil en pierre (très simple, et vieux de 2,6 millions d'années) a valu au plus primitif des *Homo* le qualificatif d'"habile". Or, la récente découverte d'un atelier de taille perfectionné, daté de 2,34 millions d'années, plaide en faveur d'une pratique plus ancienne que prévu – sans doute antérieure à l'apparition d'*Homo habilis*. Les australopithèques l'exerçaient-ils ?

zèbre et l'âne, trois espèces du genre *Equus*). Pour les autres, un genre doit être monophylétique (littéralement, toutes les brindilles partiraient d'une même branche), c'est-à-dire former un "clade", ensemble constitué de tous les descendants d'un même groupe ancestral. Wood et Collard ont réuni les deux options en suggérant qu'un genre doit être un clade dont les membres sont proches en termes d'écologie et d'adaptation. Donc, si toutes les espèces actuellement attribuées à *Homo* remplissent ces deux conditions, c'est que le genre est bien défini. Sinon, il faut se résoudre à des changements.

Wood et Collard ont alors repris les résultats de six analyses cladistiques parues depuis une quinzaine d'années. Elles reposent sur l'étude de plusieurs dizaines de caractères du crâne et des dents d'un très grand nombre de fossiles, allant du contour du bord inférieur des orbites à la profondeur du palais, en passant par la présence d'une petite crête d'email sur les



semblables à *H. sapiens*.

La confrontation des deux points de la définition du genre montre donc que le genre *Homo* n'est correctement défini (groupe monophylétique avec une unité de stratégie adaptative) que si *H. rudolfensis* et *H. habilis* en sont exclus, ce que proposent Wood et Collard. Voilà donc rebaptisées deux espèces d'hominidés fossiles : *Australopithecus habilis* et *Australopithecus rudolfensis*...

CONTROVERSE EN VUE

SYGMA

canines. La validité des divers cladogrammes (arbres généalogiques issus des analyses cladistiques) a été testée selon trois techniques indépendantes. Première constatation : *H. erectus*, *H. ergaster* et *H. heidelbergensis* y apparaissent proches de l'homme moderne. La surprise vient d'*H. rudolfensis* et d'*H. habilis*, qui ne sont pas plus proches d'*H. sapiens* qu'ils ne le sont des australopithèques. Ils peuvent aussi bien se trouver sur des rameaux séparés – et la première condition, celle de la monophylie, n'est donc pas validée.

Quant aux ressemblances adaptatives et écologiques, il est difficile de les étudier quand on ne dispose que de fossiles fragmentaires. Wood et Collard ont néanmoins extrait des os six informations anatomiques qui reflètent les stratégies d'adaptation à l'environnement des premiers hominidés : la taille, la forme du corps, le type de locomotion, la morphologie des dents et des mâchoires, le mode de développement des individus, et la taille relative du cerveau par rapport à la taille du corps. Les conclusions sont formelles : si l'on considère les stratégies adaptatives mises en œuvre par les hominidés, une fois encore, *H. habilis* et *H. rudolfensis* ne présentent aucune affinité avec l'homme moderne, mais sont au contraire très proches des australopithèques. En revanche, toutes les autres espèces d'*Homo* sont très

Des singes cultivés

Une étude récemment publiée dans la revue britannique *Nature* répertorie chez les chimpanzés trente-neuf comportements pouvant être qualifiés de "culturels", du concassage des noix à l'utilisation du bois. Ces pratiques constituent de véritables savoir-faire, et non des instincts, car ils varient d'une population à une autre.

pour autant ? Il est très probable que l'article de Wood et Collard déclenche dans la communauté paléoanthropologique une vive controverse où les nouveaux fossiles joueront un rôle capital. La définition du genre sur laquelle repose leur raisonnement peut en effet être discutée. Quant aux analyses cladistiques, elles ne constituent pas une panacée. Le choix des caractères significatifs et la détermination de leur polarité (caractère archaïque ou évolué) qu'exige le cladisme sont délicats.

Il faut notamment veiller à éviter les homoplasies (caractères se ressemblant mais n'impliquant pas de liens de parenté), qui brouillent les pistes et sont probablement nombreuses dans la lignée humaine. Quant au diagnostic des similitudes adaptatives, il repose sur des fragments fossiles encore bien rares. Ainsi, l'attribution à telle ou telle espèce de restes post-crâniens, tels que les membres ou les os du bassin, est parfois incertaine.

Finalement, un homme est-il forcément un représentant du genre *Homo* ? Tous les *Homo* sont-ils des hommes ? « C'est notre prochain sujet de recherche ! », s'enthousiasme Bernard Wood. Mais le point de savoir ce qui définit l'homme n'est pas, bien sûr, uniquement du ressort de la science. Il se pourrait bien, en effet, que, conformément au titre du livre de Vercors, nous soyons des "animaux dénaturés". ■



Qu'est-ce
qui fait
l'homme?

La définition scientifique du genre *Homo* a beaucoup fluctué depuis sa formulation par Linné. Le nombre d'espèces que regroupe ce genre



Une brève histoire des

a également varié au cours du temps. Aujourd'hui, on songe même à y inclure les chimpanzés!

Même si elle bouleverse notre arbre généalogique, la nouvelle définition de l'homme donnée par Bernard Wood et Mark Collard (voir l'article précédent) n'est qu'une étape de plus dans l'histoire mouvementée de la définition naturaliste du genre *Homo*.

Cette saga commence en 1758, avec la publication du *Systema naturae*, où le naturaliste suédois Carl von Linné propose le système de classification des êtres vivants que nous utilisons toujours. L'unité de base de ce système hiérarchique est l'espèce. Des espèces proches forment un genre, les genres se regroupent en famille, les familles en ordre, et ainsi de suite. Linné

crée le genre *Homo*, qui ne comprend alors qu'une seule espèce : *Homo sapiens*.

Mais, après la publication, en 1859, de l'ouvrage de Darwin *De l'origine des espèces par voie de sélection naturelle*, il devient clair que d'autres espèces humaines ont existé, dont il reste à trouver les fossiles...

L'un de ces vestiges humains est déjà connu. C'est le désormais célèbre homme de Neandertal, découvert en 1856. Après de très âpres controverses – dont les braises rougeoient toujours –, l'homme de Neandertal sera finalement admis dans notre lignée ancestrale.

Quelques années plus tard, le médecin néerlandais Eugène Dubois découvre à Java en 1891 des fossiles encore plus pri-



UPI/Corbis-Bettmann/NISPA

hommes

mitifs, mais qui, d'après la morphologie de leur fémur, se tiennent debout. *Pithecanthropus erectus* (l'"homme singe debout") est né. Il sera rejoint durant le XX^e siècle par de nombreux autres fossiles, chaque fois dotés d'un nouveau nom d'espèce, et même très souvent d'un nouveau nom de genre. Parmi eux, *Australopithecus africanus*, découvert en Afrique du Sud par un professeur d'anatomie, Raymond Dart, en 1924. C'est le premier australopithèque; mais il faudra attendre la fin de la Seconde Guerre mondiale pour que la communauté paléoanthropologique internationale accepte ce genre.

A partir des années 40, plusieurs chercheurs tentent de synthétiser l'ensemble

L'homme habile

En 1960, dans les gorges d'Olduvai (Tanzanie), Louis et Mary Leakey发现 le fossile d'un *Homo* très primitif. Les outils taillés qui l'environnent lui vaudront, au terme de vifs débats, d'être appelé *habilis*, l'"homme habile".

des découvertes, tandis qu'espèces et genres nouveaux s'accumulent au gré des fouilles. A la charnière des années 50-60, cette synthèse se simplifie à l'extrême : elle ne compte plus que deux genres, *Australopithecus* et *Homo*. *Homo* ne regroupe encore que deux espèces, *erectus* et *sapiens*.

Mais cette sobriété ne va pas durer. Sortis des gorges d'Olduvai, en Tanzanie, de nouveaux fossiles conduisent leurs découvreurs (Louis Leakey, Philip Tobias et John Napier) à proposer, en 1964, une nouvelle espèce, plus ancienne et plus primitive qu'*Homo erectus* : *Homo habilis*. La création de cette espèce entraîne de vifs débats. De nombreux travaux sont alors entrepris pendant vingt ans, qui intègrent au fil des découvertes des formes d'*Homo* très primitives. Ces recherches vont confirmer qu'*Homo habilis* est bien une espèce distincte des autres hominidés connus.

L'UNITÉ VOLE EN ÉCLATS

Mais, pour certains chercheurs, dont Bernard Wood, la variabilité observée chez les fossiles d'*Homo habilis* dépasse ce qui est de mise au sein d'une unique espèce. On crée donc une seconde espèce proche d'*H. habilis* : *Homo rudolfensis*. D'autres "enfantements" semblables se préparent.

En effet, depuis les années 60, l'introduction de nouvelles techniques d'étude (voir l'article suivant) et la découverte de nombreux fossiles ont fait voler en éclats l'unité d'*Homo erectus*, sur les plans tant chronologique que géographique. De plus, les néandertaliens tendent à être classés comme une espèce à part entière, *Homo neanderthalensis*. Aujourd'hui, cinq *Homo* situés entre les premières formes (*H. habilis* et consorts) et le dernier en date, *H. sapiens*, alimentent les débats : *ergaster*, *erectus*, *antecessor*, *heidelbergensis* et *neanderthalensis*.

Enfin, comme si l'affaire n'était pas assez compliquée, c'est la définition même du genre *Homo* qui est aujourd'hui remise en cause. Certains molécularistes proposent d'y inclure... les chimpanzés, sur la base de la hiérarchie des similitudes génétiques au sein des primates. Simultanément, Wood et Collard se livrent à un véritable schisme en excluant les *habilis* et les *rudolfensis* de notre genre... ■



Qu'est-ce
qui fait

l'homme?

Cladisme : comment peut cacher une forêt

Dans la classification traditionnelle, les espèces qui se ressemblent sont parentes. Mais, pour les "cladistes", deux espèces ne sont proches que si elles ont en commun des caractères évolués. Une approche qui bouleverse les arbres généalogiques.

Post-modernes

L'état primitif ou évolué d'un caractère – base du cladisme – est relatif. Ainsi, la possession de cinq doigts est une innovation des mammifères. Mais, chez le zèbre, par exemple, les cinq doigts se sont transformés en sabot. L'innovation est donc dépassée!

Nombre de développements récents en paléontologie humaine reposent sur le cladisme, une technique d'analyse aujourd'hui en plein essor. C'est en 1950 que l'entomologiste allemand Willi Hennig expose pour la première fois les principes du cladisme (du grec *klados*, "rameau"). Son ouvrage, écrit en allemand, passe inaperçu, et il faudra attendre sa traduction en anglais, en 1966, pour voir se développer ses premières applications. Et ce

n'est qu'à la fin des années 70 que seront menées les premières analyses cladistiques sur des fossiles d'hominidés.

Le cladisme bouleverse l'approche des constructions phylogénétiques que sont les arbres généalogiques du vivant. Il s'oppose à la méthode traditionnelle, phénétique (du grec *phaino*, "paraître"), qui repose sur une analyse des distances entre les espèces. La distance entre deux espèces s'exprime par leur degré de ressemblance, lui-même basé sur le partage des caractères. Plus le nombre de caractères communs aux deux espèces est grand, plus elles se ressemblent et plus elles sont proches.

Au contraire, Hennig introduit la notion de "polarité phylogénétique" des caractères : il attribue à chacun d'eux un état primitif et un état évolué. C'est uniquement le partage de caractères évo-

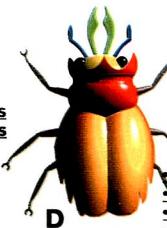
EL PAS SUNSET



VRAIS PARENTS...

Chez D, les élytres qui, chez son ancêtre direct C, étaient rayés (état évolué) redeviennent unis (état primitif). Cette "réversion" masque la réelle parenté entre D et E.

- Elytres longs
- Elytres crénelés
- Grandes mandibules
- Corselet avec épines
- Elytres unis
- Antennes courtes



D

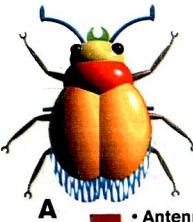
- Elytres longs
- Elytres rayés
- Elytres crénelés
- Antennes longues
- Grandes mandibules
- Corselet avec épines

E

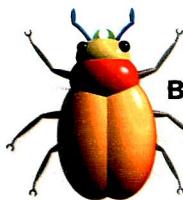
un arbre

... FAUX FRÈRES...

A et B ont en commun le même état (élytres simples et unis, petites mandibules, corselet sans épines) pour quatre caractères. Mais il s'agit de l'état primitif. Et, pour les cladistes, ces quatre "plesiomorphies" partagées n'impliquent pas de parenté.



A



B

- Elytres longs
- Elytres unis
- Elytres simples
- Antennes courtes
- Petites mandibules
- Corselet sans épines

G. MOINE

- Antennes longues
- Elytres courts
- Elytres unis
- Elytres simples
- Petites mandibules
- Corselet sans épines



Espèce ancestrale

- Antennes courtes
- Elytres courts
- Elytres unis
- Elytres simples
- Petites mandibules
- Corselet sans épines

ARBRE GÉNÉALOGIQUE CLADISTIQUE

... ET FAUX AMIS

Les antennes de E se sont allongées, ce qui constitue un caractère évolué qui la rapproche en apparence de A. Mais il ne s'agit que d'une "convergence", qui n'implique pas une réelle parenté.



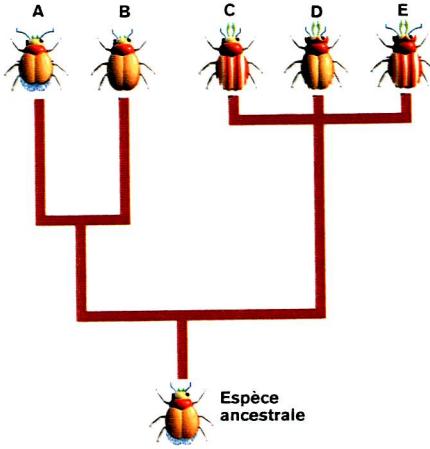
C

- Elytres longs
- Elytres rayés
- Elytres crénelés
- Grandes mandibules
- Antennes courtes
- Corselet sans épines

BIENVENUE AU CLADE!

Les espèces B, C, D et E sont regroupées sur la même branche, car elles possèdent toutes des élytres longs recouvrant totalement les ailes – un état évolué. Cette "apomorphie" partagée définit un groupe "monophylétique", ou "clade".

ARBRE GÉNÉALOGIQUE TRADITIONNEL



Livret de famille

Cinq espèces d'insectes (de A à E) ont évolué à partir d'une espèce ancestrale. L'analyse cladistique de leur lignée nécessite la sélection préalable de plusieurs caractères (longueur des antennes, taille des mandibules, etc.). Chaque caractère existe dans deux états distincts : primitif (plesiomorphe) ou évolué (apomorphe). Pour le cladisme, des caractères évolués communs indiquent la parenté entre espèces ; plus ils sont nombreux, plus les espèces sont proches. Sur cet arbre, les caractères évolués sont donc soulignés. L'arbre généalogique de droite a été élaboré selon la méthode traditionnelle : on constate que les cinq espèces sont regroupées autrement.



Qu'est-ce qui fait l'homme?

lués qui rapproche les espèces. Aux yeux des "cladistes", la possession de caractères primitifs n'apporte pas d'information sur la parenté des possesseurs; on sait seulement qu'ils ont tous reçu ces caractères en héritage d'un ancêtre commun.

Prenons l'exemple d'une lignée d'insectes imaginaires (voir le dessin page précédente). Le cladisme présente dans un tableau l'état des caractères (primitif ou évolué) pour chacune des espèces. C'est la matrice des données, qui permet de construire l'arbre de la lignée : le cladogramme.

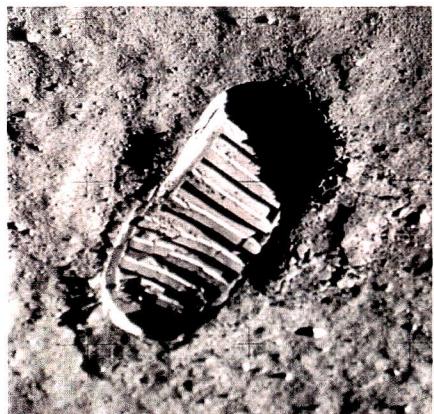
Dans notre exemple, les insectes A et B partagent quatre caractères, tous primitifs (on dit aussi plésiomorphes). Ces deux espèces se ressemblent beaucoup, mais, en cladistique, elles ne sont pas considérées comme apparentées, car elles ne partagent aucun caractère évolué (ou apomorphe).

En revanche, les coléoptères B, C, D et E possèdent tous des élytres longs, état évolué du caractère "longueur des élytres". Les cladistes les réunissent dans un groupe dit monophylétique, ou clade.

ANCESTRAL OU ÉVOLUÉ?

Cet exemple montre aussi le caractère relatif de la notion de plésiomorphie (caractère ancestral) ou d'apomorphie (caractère évolué). On l'a vu, les élytres longs sont une apomorphie qui permet d'identifier le clade B-C-D-E. Mais, au sein de ce clade, ce caractère devient une plésiomorphie, puisque toutes les espèces possèdent cette particularité, apparue lors de l'évolution de l'espèce ancestrale à l'origine du clade B-C-D-E. Il faut donc envisager d'autres caractères évolués pour achever l'arbre.

Cette édification est compliquée par ce qu'on appelle les homoplasies – ressem-



Homo *culturis*

L'homme ne se résume pas à une définition biologique. La diversité et la richesse culturelles restent des caractéristiques fondamentales de l'homme moderne – celui qui a marché sur la Lune.

blances entre deux espèces. Elles découlent de deux processus distincts, la convergence et la réversion, et peuvent masquer les liens de parenté réels. Dans la convergence, un caractère se trouve à l'état évolué chez deux espèces pourtant sans lien de parenté. Quant à la réversion, elle traduit le retour d'un caractère évolué à son état primitif, ce qui donne l'illusion que l'espèce se rapproche d'une autre espèce possédant le même caractère primitif.

Il faut donc s'assurer que les ressemblances observées ne sont pas des homoplasies, afin de reconstituer les liens réels de parenté. Les homoplasies créent ce qu'on nomme en cladistique un "bruit de fond", qui perturbe la construction de l'arbre parfois au point de la rendre impossible.

Ces règles permettent d'élaborer un arbre à partir de n'importe quelle matrice de données. Celle-ci peut être bâtie à partir de caractères morphologiques (relief sur un os, nombre de dents, nombre de spires d'une coquille) ou génétiques (bases de l'ADN, par exemple).

Il faut toutefois impérativement respecter la règle d'or de l'analyse cladistique : le principe de parcimonie. Son application a pour but de s'approcher le plus possible des conditions naturelles, en posant le postulat selon lequel la nature est économique. A partir d'une matrice, on peut obtenir une très grande quantité d'arbres. Le nombre de cladogrammes possibles augmente de façon exponentielle avec le nombre d'espèces et le nombre de caractères étudiés; il devient rapidement astronomique.

Il va donc falloir effectuer un tri et sélectionner l'arbre le plus parcimonieux, c'est-à-dire celui qui comprend le plus petit nombre de "pas" (transformations de caractère). On cherche également à minimiser les homoplasies. Dans la pratique, la recherche du meilleur arbre parmi tous les possibles se fait bien sûr par informatique. Ainsi, un cladogramme n'est que le plus parcimonieux, l'arbre "idéal" qui masque l'immense forêt des arbres possibles. ■

SI VOUS AUSSI VOUS ÊTES TROP TIMIDE, DITES-LE SUR INTERNET.

www.multimania.com/colasd/



© Euro RSCG Worldwide - DCI Paris B-422 060 - Photo: Thibault Monclarat

MULTIMANIA, LE SITE DE COMMUNAUTÉ.

www.multimania.fr

PAGES PERSO, E-MAIL, DIALOGUE EN DIRECT, E-COMMERCE.



Les particules du big bang



La Terre est bombardée en permanence par des particules d'une énergie colossale. Découvertes en 1962, elles n'en finissent pas d'intriguer les astrophysiciens. D'où viennent-elles ? Des tout premiers commencements de l'Univers ? Un projet d'envergure internationale devrait enfin élucider l'éénigme...

Des particules dotées d'une énergie phénoménale, cent millions de fois plus élevée que celle fournie par les plus gros accélérateurs, bombardent chaque seconde notre planète. Nul ne sait d'où elles viennent; on ne connaît aucun mécanisme suffisamment puissant dans l'Univers pour les engendrer.

Les particules cosmiques d'"ultra-haute énergie" demeurent un mystère absolu de l'astrophysique... depuis trente-sept ans. Mais des physiciens ont proposé des scénarios stupéfiant, qui en font les descendantes directes de particules cachées ultra-massives, rescapées du big bang !

Malheureusement, les particules cosmiques d'énergie extré-

me sont aussi rares qu'énergétiques. A ce jour, on n'en a détecté guère plus d'une dizaine. C'est pourquoi, lassés d'attendre qu'un de ces "monstres" veuille bien éclater, par hasard, dans un de leurs détecteurs, des scientifiques ont conçu un gigantesque instrument entièrement voué à leur capture systématique, l'observatoire Auger, du nom d'un pionnier français de l'étude des rayons cosmiques, Pierre Victor Auger (1899-1993). Sa construction vient d'être lancée en Argentine, et il devrait, en peu d'années, accumuler suffisamment de données pour résoudre l'éénigme de l'origine des super-particules.

Tout commence un jour de février 1962, à Volcano Range (Nouveau-Mexique, Etats-Unis). L'observatoire de rayonnement

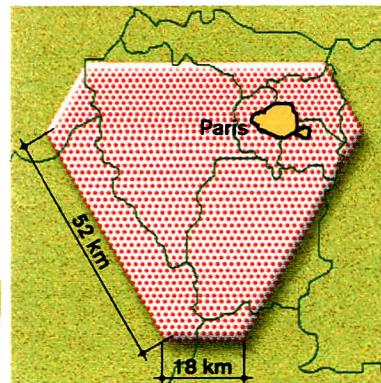
Une gerbe de milliards de particules

Quand une particule cosmique d'ultra-haute énergie heurte un atome de l'atmosphère, elle engendre une énorme gerbe constituée de milliards de particules qui arrosent plusieurs kilomètres carrés **1**. Pour les détecter, on a installé dans la pampa argentine 1 500 compteurs Cherenkov **2**. Ce sont des cuves remplies d'eau, dans lesquelles les particules créent un éclair mesuré par des photomultiplicateurs **3**. Ces détecteurs sont alimentés par énergie solaire **4**, synchronisés par GPS **5** et transmettent leurs données par téléphone **6**.

cosmique installé dans le désert enregistre, en l'espace de quelques millionièmes de seconde, une fabuleuse gerbe de particules. Après analyse, celles-ci s'avèrent toutes issues d'une particule unique qui, avant de se désintégrer dans l'atmosphère, possédait une énergie inconcevable : plus de 10^{20} eV (1), soit plusieurs joules – la puissance d'une balle de tennis propulsée par un champion, enfermée dans

Vaste comme l'Île-de-France

Pour compenser la rareté des particules cosmiques d'ultra-haute énergie, il faut couvrir de détecteurs une surface équivalente à plusieurs départements (ici, chaque point représente un détecteur).



une particule des milliards de milliards de milliards de fois plus petite que cette balle.

Nous sommes traversés en permanence par des centaines de particules (électrons, protons, photons). Mais celles-ci, émises par le Soleil, des étoiles ou des supernovæ, ont généralement des énergies raisonnables – quelques MeV (1). Les "gerbes atmosphériques", découvertes par Auger en 1938, sont engendrées par des particules de très grande énergie, mais, jusqu'en 1962, jamais le seuil de 10^{20} eV n'avait été atteint. Aussi la particule cosmique de Volcano

Range fit-elle l'effet d'une bombe. Les années suivantes, au compte-gouttes, plusieurs détecteurs à travers le monde ont enregistré des phénomènes similaires (le record est détenu par une particule de 3×10^{20} eV, observée le 15 octobre 1991, dans l'Utah).

PROTONS, PHOTONS, NOYAUX?

Le doute n'est désormais plus permis : ces immenses gerbes de milliards de particules qui arrosent la Terre sur plusieurs kilomètres carrés sont bien issues d'une particule unique qui arrive du ciel avec une énergie fantastique. Mais les chercheurs n'en savent guère plus ; ils ignorent même la nature de ces super-particules. Protons, photons, noyaux ? Pour l'instant, les particules secondaires détectées ne permettent pas de le savoir. En réalité, les particules de

Un observatoire dans la pampa

La province de Mendoza, en Argentine, accueillera l'observatoire Auger sur un site qui remplit toutes les conditions requises : il est vaste et plat (pour y installer 1 500 détecteurs), ensoleillé (alimenté par énergie solaire) et désertique (loin de sources lumineuses pouvant gêner les télescopes).

plus de 10^{20} eV ne devraient tout simplement pas exister !

Les particules cosmiques ne devraient pas, en principe, dépasser une énergie limite, dite de Greisen-Zatsepin-Kuzmin (ou limite GZK). Ce phénomène est dû à l'omniprésence, dans l'Univers, du rayonnement fossile issu du big bang. En général, ces photons de très faible énergie n'arrêtent pas les particules cosmiques, sauf quand leur énergie excède la limite GZK. Ainsi, quand un protons de plus de 5×10^{19} eV interagit avec les photons du fond cosmologique, il crée de nouvelles particules (2) et perd une bonne partie de son énergie. Après plusieurs chocs, il en aura assez

.....

(1) L'électronvolt (eV) est l'unité d'énergie utilisée à l'échelle atomique. $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ joule}$. $1 \text{ MeV} = 1 \ 000 \ 000 \text{ eV}$, $1 \text{ GeV} = 1 \ 000 \text{ MeV}$. En 1991, on a inventé un nouveau multiple, adapté aux énergies des particules cosmiques : le zetta-électronvolt (ZeV), qui vaut 10^{21} eV .

.....

(2) Cette "création" obéit à la fameuse formule d'Einstein $E = mc^2$, qui exprime que l'énergie peut se transformer en masse et vice versa.

perdu pour "passer" sous la limite de 5×10^{19} eV.

On pourrait donc s'attendre à voir le flux de particules se tarir au-delà de la barrière GZK. Or, c'est l'inverse qui se produit : le flux augmente ! « Tout se passe comme si un nouveau phénomène émergeait à cette énergie », commente Murat Boratav, professeur de physique à l'université Paris VI. Un proton d'ultra-haute énergie parcourt en moyenne, avant de tomber sous la limite GZK, 15 millions d'années-lumière, soit la taille de notre amas galactique : une broutille à l'échelle de l'Univers. Puisque nous détectons des particules au-delà de 10^{20} eV, c'est qu'elles ont parcouru une distance plus courte. La source de ces super-particules est donc relativement proche de nous. Mais où ?

Comme toujours, le problème a suscité des dizaines d'hypothèses

théoriques. Les astrophysiciens ont passé en revue les sources de champ magnétique cosmiques. Mais aucun de ces accélérateurs de l'espace ne paraît capable de propulser des particules à des énergies si considérables. « Les mécanismes conventionnels en astrophysique

suggérer des hypothèses encore plus fantastiques que le phénomène qu'on veut expliquer...

L'unification des particules et des forces est l'un des grands objectifs de la physique. Elle est guidée par un principe de simplicité : derrière toutes les formes que

Des hypothèses encore plus fantastiques que le phénomène

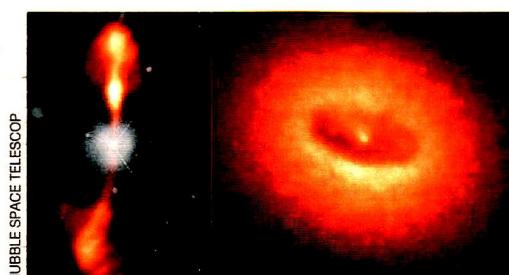
ne marchent pas », résume Murat Boratav (voir encadré, ci-dessous).

Les physiciens sont alors venus à la rescousse, en proposant quelques théories de leur cru. Il se trouve que l'énergie des super-particules (10^{20} eV) est environ dix mille fois plus faible qu'une autre énergie bien connue des physiciens : celle de la "grande unification". Il n'en faut pas plus pour

prendre la matière, on trouve une poignée de particules ; derrière la multiplicité des phénomènes de la nature, quatre forces seulement – l'interaction électromagnétique, les forces nucléaires, faible et forte, et la gravitation. Et, derrière ces quatre forces, une force unique, originelle, qui aurait existé peu après le big bang, quand l'Univers était minuscule et gavé d'une éner-

LES SOURCES : PULSARS, TROUS NOIRS OU RADIOGALAXIES ?

■ Quelles sont, dans le cosmos, les sources de champ magnétique susceptibles d'accélérer des particules à des énergies de 10^{20} eV ? Parmi les divers candidats, les pulsars, ou étoiles à neutrons, produisent les champs les plus intenses. Ces étoiles extraordinairement denses tournent sur elles-mêmes à une vitesse folle en engendrant des champs magnétiques surpuissants. Mais notre galaxie compte de nombreux



Les galaxies à trou noir central pourraient être de puissants accélérateurs de particules (ici, NGC 4261).

pulsars. Or, les particules cosmiques d'énergie extrême proviennent de toutes les directions de l'espace, et pas particulièrement du plan galactique. En fait, aucun objet de la Voie lactée ne paraît capable

d'accélérer des particules à plus de 10^{18} eV. D'autres sources sont prometteuses. Certaines galaxies ont en leur centre un trou noir massif, qui attire la matière avoisinante par accréation

gravitationnelle. D'autres, appelées radiogalaxies (car elles émettent du rayonnement radio), propulsent des jets de particules à des vitesses proches de celle de la lumière. D'après certains astrophysiciens, les noyaux actifs et les jets de radiogalaxies pourraient constituer de puissants accélérateurs de particules. Mais, selon d'autres, aucun des mécanismes évoqués n'est suffisant pour atteindre les énergies colossales qu'on observe.

gie énorme. A mesure que l'Univers s'est étendu, il s'est refroidi, son énergie a diminué, et la force originelle s'est décomposée en plusieurs interactions. Mais ce lien très ancien unissant les quatre forces actuelles doit se refléter dans les théories qui les décrivent. C'est pourquoi les physiciens cherchent à les rassembler en une théorie unifiée.

Une première étape a été franchie dans les années 70 avec l'unification des forces faible et électromagnétique en une seule théorie, dite électrofaible. Celle-ci a été couronnée de succès, grâce à la découverte, en 1983, au grand accélérateur du CERN, à Genève (Suisse), des bosons W^+ et W^- , dont les masses sont exactement celles que prédisait la théorie.

ENERGIES HORS DE PORTÉE

Cependant, les tentatives d'aller plus loin, en unifiant la force électrofaible avec la force forte, n'ont pas abouti. Il existe plusieurs théories, mais aucune n'a été vérifiée expérimentalement. L'une d'elles, appelée "grande unification", prédit l'existence de particules de masse de 10^{25} eV. Cette masse énorme correspond à l'énergie qu'avait l'Univers quand les forces électromagnétique, faible et forte n'en faisaient qu'une (voir schéma, p. 77). Hélas, il est totalement impensable de "recréer" des particules de 10^{25} eV : un accélérateur de la taille de la Terre n'y suffirait pas. De telles énergies semblent définitivement hors de portée. A moins que les particules cosmiques ne nous y donnent accès...

L'idée est aussi simple qu'extra-vagante. Les particules de 10^{25} eV

seraient produites par la désintégration des particules de 10^{25} eV prévues par la théorie de grande unification. Celles-ci auraient existé quelques fractions de seconde après le big bang, quand l'Univers possédait une densité d'énergie phénoménale et quand les trois forces forte, faible et électromagnétique étaient encore unifiées.

pu rester piégées dans des "défauts topologiques" de l'espace-temps. Il s'agit d'anomalies qui apparaissent lors de transitions de phase de l'Univers (un peu comme, dans une transition de phase liquide-solide, se forment des régions ordonnées, séparées par des frontières). Au cours de son refroidissement, l'Univers a connu plusieurs "tran-

Particules piégées dans les "défauts topologiques" de l'espace-temps

Ce qui soulève une question évidente : que viennent faire des particules de grande unification dans l'Univers d'aujourd'hui ? Pourquoi auraient-elles gentiment attendu 15 milliards d'années avant de se désintégrer ?

Jamais pris au dépourvu, les physiciens ont échafaudé des théories *ad hoc* pour expliquer cette étonnante longévité. Les particules ont

sitions de phase", par exemple lorsqu'une force s'est scindée pour en donner plusieurs.

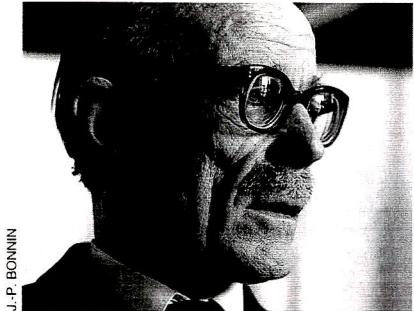
Certaines théories font alors intervenir divers types de défauts topologiques, appelés "monopoles" ou "cordes cosmiques", qui ont pu emprisonner les particules de grande unification et les conserver à l'abri du reste du monde. Jusqu'au jour où les défauts s'effon-

Détecteurs et télescopes

L'observatoire Auger comprendra deux types d'instruments : des détecteurs Cherenkov (ci-dessous, un prototype) et trois télescopes ultra-performants inspirés du "Fly's Eye" (œil de mouche) en service dans l'Utah (ci-contre).



PHOTOS FERMILAB



J.-P. BONNIN

Le pionnier des rayons cosmiques

Pierre Auger (1899-1993) fut le premier à détecter des gerbes atmosphériques et à les attribuer à des particules cosmiques de grande énergie. Le futur plus grand observatoire de rayons cosmiques portera le nom de ce grand physicien français.

drivent, libérant ces reliques massives des premiers instants de l'Univers, qui se désintègrent instantanément pour donner les particules cosmiques d'ultra-haute énergie que nous détectons...

DEUX PARTICULES PAR SIÈCLE ET PAR KILOMÈTRE CARRÉ

Il y a plusieurs variantes de ce scénario, déjà très "exotique". Mais, reconnaît Murat Boratav, « ces explications sont complètement conjecturales ». Le nombre de théories dépasse même le nombre de particules détectées, ce qui n'est pas très bon signe ! Pour faire le tri dans ces hypothèses, une seule solution : accroître la quantité de données. D'où le projet, proposé par les Américains James Cronin, prix Nobel de physique 1980, et Alan Watson, grand spécialiste des rayons cosmiques, de créer un observatoire entièrement voué à la détection des particules d'ultra-haute énergie.

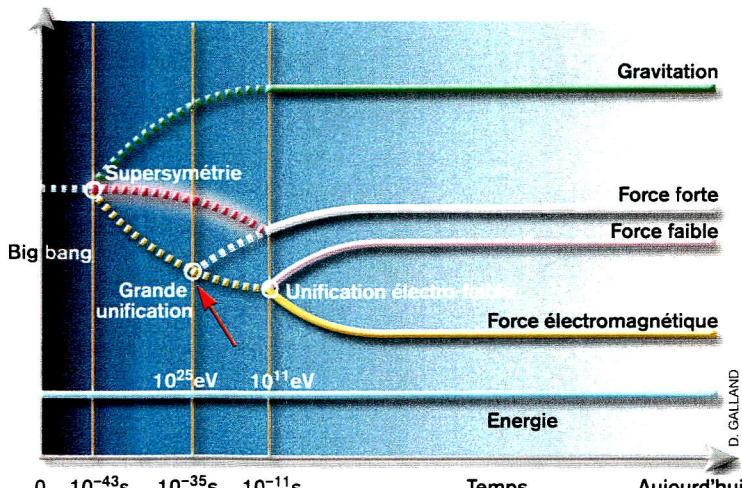
Comment capturer ces perles rares ? Le calcul est simple : sachant qu'il en tombe deux par siècle et par kilomètre carré, il suffit de construire un observatoire couvrant 3 000 km². En cinq ans, on devrait ainsi détecter trois cents particules de plus de 10²⁰ eV. Estimé à 100 millions de dollars (600 millions de francs), le projet Auger regroupe dix-neuf pays, dont la France. Il se composera de deux observatoires de 3 000 km² (un dans chaque hémisphère pour couvrir toute la voûte céleste),

constitués chacun de deux types de détecteurs. D'une part, un réseau de 1 600 cuves remplies d'eau, distantes de 1,5 km; d'autre part, trois télescopes à fluorescence, dits "œil de mouche", comprenant 5 000 phototubes visant chacun une portion de ciel.

alimentation, et d'un téléphone cellulaire pour la transmission des données. Elles disposent aussi de récepteurs GPS (Global Positioning System) reliés par satellite, pour les synchroniser à quelques milliardièmes de seconde près.

Quant aux télescopes, qui ne fonctionneront que par nuit claire et sans lune, ils mesureront la lumière ultraviolette qu'émettent les molécules de l'atmosphère ionisées par les électrons de la gerbe. Ainsi, les télescopes "photographieront" toute la gerbe "de profil", pour déterminer la direction de la particule primaire.

Les sites ont été choisis par vote en 1995. Le premier observatoire est en cours d'installation dans la



La grande unification

Les physiciens pensent qu'au commencement de l'Univers existait une seule force, qui s'est subdivisée à mesure qu'il se refroidissait, pour donner les quatre forces que nous connaissons aujourd'hui. La théorie de la grande unification prédit l'existence de particules dont la masse énorme – 10²⁵ eV – correspond au niveau d'énergie où les forces forte et électrofaible se sont séparées (flèche). Selon certaines hypothèses, ces particules auraient pu subsister jusqu'à notre époque.

Quand une particule pénétrera dans une cuve, elle produira dans l'eau, par effet Cherenkov, un éclair lumineux, qui sera détecté par trois photomultiplicateurs. Par mesure d'économie, on n'a pas relié les cuves par câble, mais on les a équipées de panneaux solaires pour leur

province de Mendoza (Argentine). Le site choisi dans l'hémisphère Nord, près de Salt Lake City (Utah), sera équipé par la suite. D'ici de trois à cinq ans, l'un des mystères les plus tenaces de la physique et de l'astrophysique sera sans doute enfin résolu. ■



L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR

*Glenfiddich.
c'est dans
la vallée des cerfs
que se cache
son mystère.*

*En gaélique.
Glenfiddich
signifie
"vallee des cerfs".
le nom de
la vallee qui
l'a vu naître.
Car si cette vallee
d'Ecosse est
une terre de
predilection pour
les cerfs, elle l'est
tout autant pour
le pure malt.*



*Glenfiddich.
pure single malt né dans
la vallée des cerfs.*

Enfermées dans de fines capsules, des cellules animales délivrent pendant de longs mois des protéines humaines dans le cerveau ou dans le liquide qui entoure la moelle épinière. Cette nouvelle forme de thérapie génique, mise au point par une équipe suisse, est à l'essai dans plusieurs pays d'Europe.

Une fine capsule implantée dans le cerveau : c'est l'étonnante expérience thérapeutique menée par l'équipe du Dr Marc Peschanski, dans le service de neurologie de l'hôpital Henri-Mondor, à Créteil (Val-de-Marne). Depuis un an, six patients ont entrepris cet essai clinique, dit "de phase 1" parce que ce sont les premières tentatives d'un tel traitement chez des êtres humains. Ils sont atteints de chorée de Huntington, une maladie héréditaire qui provoque la dégénérescence des neurones et conduit à la démence et à la mort en une vingtaine d'années. Les résultats de l'essai clinique sont attendus pour la fin de l'an 2000.

UN AN DE SURVIE

Pas plus épaisse que le fil métallique d'un trombone de bureau et longue de 3 cm, la capsule a été implantée verticalement dans l'un des deux ventricules latéraux du cerveau, c'est-à-dire dans une cavité remplie de liquide, et non pas dans la masse des neurones qui constituent le cortex. Elle est faite d'un

matériau polymère poreux et contient quelques centaines de milliers de cellules animales vivantes, extraites de reins de hamster.

Bien à l'abri de leur capsule, ces cellules – pourtant étrangères au système immunitaire de l'homme – ne risquent rien : les pores, trop petits, ne laissent pas entrer les grosses molécules comme les anticorps, et encore moins les cellules de défense telles que les lymphocytes. En revanche, ces pores ont juste la bonne taille pour que puissent pénétrer les éléments nutritifs et l'oxygène, ce qui permet aux cellules de se nourrir, de se diviser et de survivre plus d'un an. Les pores ont aussi le diamètre adéquat pour laisser sortir les déchets métaboliques produits par les cellules animales et – c'est le point clef du traitement – les protéines qui favorisent la survie des neurones.

En effet, grâce à des techniques de génie génétique, ces cellules de hamster ont reçu dans leurs chromosomes un gène humain qui leur donne la capacité de produire et

Des cellul



Une capsule dans le cerveau

Pour freiner la dégénérescence des neurones chez des patients atteints de la chorée de Huntington, on place dans l'un des deux ventricules latéraux du cerveau, à l'aide d'un cathéter en silicone 1, une capsule 2 de 3 cm de long contenant des cellules de hamster qui sécrètent des protéines naturellement présentes dans l'organisme humain.

PAR PIERRE-ANDRÉ MAGNIN

es animales “en visite” dans le cerveau humain





de sécréter un facteur neurotrophique naturellement présent dans notre cerveau : le facteur de croissance du ganglion ciliaire (CNTF, *ciliary derived neurotrophic factor*).

Pendant de longs mois, les capsules vont ainsi diffuser du CNTF dans le cerveau des patients atteints de la chorée de Huntington. Les médecins espèrent que cela pourra freiner la dégénérescence des neurones aux abords des ventricules latéraux, symptôme de la terrible maladie.

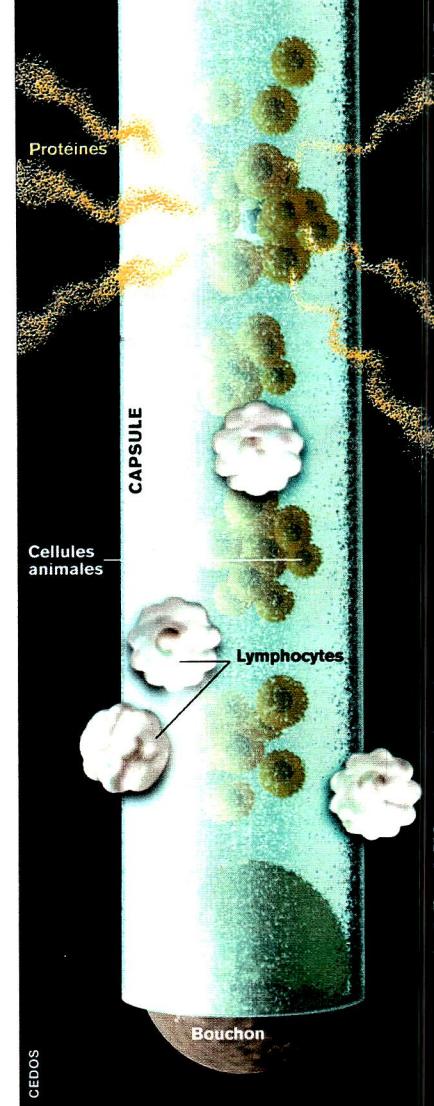
Cette nouvelle technique, qui fera assurément partie de l'arsenal thérapeutique des prochaines années, a été mise au point par une équipe de médecins, de biologistes et d'ingénieurs suisses, conduite par Patrick Aebischer, directeur du centre de thérapie génique du Centre hospitalier universitaire vaudois et professeur de biomatériaux à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. « On ne peut évidemment pas préjuger des résultats sur l'homme, commente le Pr Aebischer. Mais, chez des rongeurs et des primates atteints d'une maladie comparable, nos capsules ont montré un effet protecteur sur les neurones. Elles ont même permis une certaine régé-

gagnée d'avance, il n'empêche que nos capsules constituent une nouvelle solution fiable pour délivrer une thérapie génique dans le système nerveux central. »

UN COCKTAIL D'ANALGÉSIQUES

C'est en 1994 que, pour la première fois, un patient a bénéficié d'un tel traitement. Dans son cas, l'objectif était de limiter les terribles douleurs dont il souffrait, en raison d'un cancer en phase terminale. Même la morphine ne parvenait pas à le calmer. Les médecins suisses lui implantèrent alors une capsule dans le liquide céphalo-rachidien qui entoure la moelle épinière, en passant entre deux vertèbres, là où l'on pratique ordinairement une ponction lombaire. Dans la capsule, se trouvaient des cellules dites "chromaffines", extraites de la glande surrénale d'un veau. Elles sécrètent de façon spontanée un cocktail d'analgésiques (notamment des endorphines et des enképhalines). Le but de l'opération était de bloquer les signaux de la douleur directement au niveau du cerveau.

« La diffusion des analgésiques dans le liquide céphalo-rachidien, tout au long de la moelle épinière, permet d'influencer de grandes régions du système nerveux central, précise le Pr Aebischer. Il faut sa-



Membrane sélective

Enfermées dans une membrane en polymère semi-perméable, les cellules animales sont à l'abri des gardiens du système immunitaire, les lymphocytes, qui sinon les détriraient. Les pores de la membrane, trop étroits, ne laissent pas non plus passer les anticorps. En revanche, ils sont perméables aux petites molécules, ce qui permet aux cellules de se nourrir et de respirer. La membrane laisse aussi passer les protéines humaines que sécrètent les cellules animales, qui ont reçu dans ce but un gène humain dans leur patrimoine génétique.

Bloquer les signaux de la douleur dans le système nerveux central

nération. Pour les patients de l'hôpital Henri-Mondor, les résultats dépendront surtout du choix du facteur neurotrophique. Dans la mesure où, chez l'homme, il en existe une trentaine de variétés, le traitement adéquat exigera peut-être la combinaison de plusieurs de ces facteurs. Si une amélioration du sort des malades n'est pas

voir qu'il est très difficile d'introduire des médicaments dans ce système, car il existe une barrière physiologique destinée à l'isoler de la circulation sanguine. Pour notre corps, cette barrière est une garantie contre les infections et les intoxications. En raison de son isolement, le système nerveux central possède des défenses immunitaires

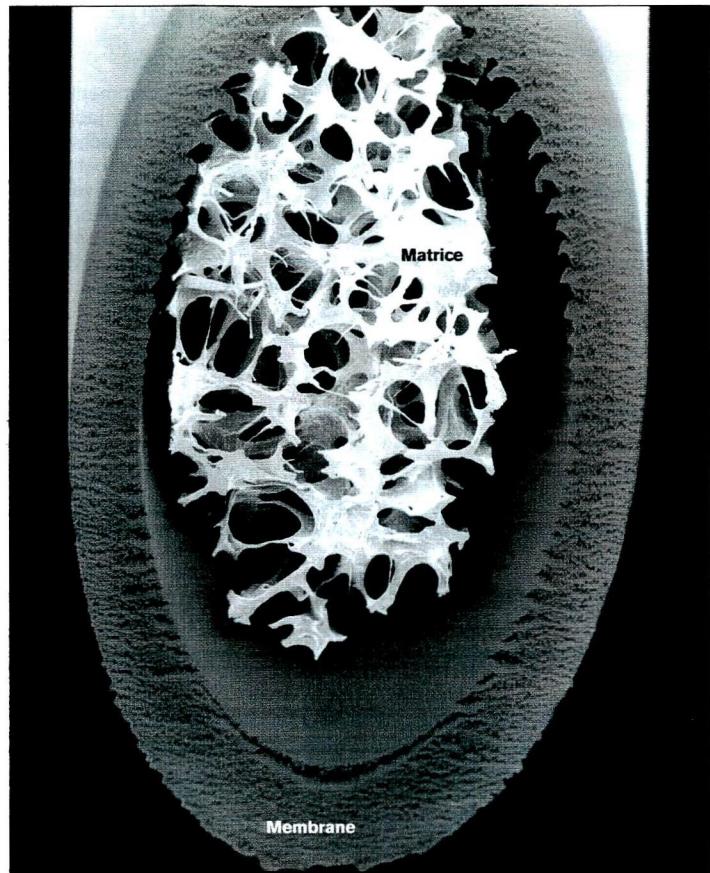
Matériaux biocompatibles

Cette capsule vue en coupe est grossie plusieurs dizaines de fois. Sa membrane en polyéthersulfone est parfaitement tolérée par l'organisme. Les petites alvéoles de sa matrice en polyvinylalcool recevront les cellules animales chargées de distiller des molécules thérapeutiques.

moins développées que celles du reste de notre organisme. C'est ce qui explique en partie pourquoi nos capsules sont si bien tolérées.»

A l'heure actuelle, il n'existe pas de médicaments efficaces pour alléger les cruelles douleurs de certains cancéreux en fin de vie – notamment chez ceux qui souffrent de métastases dans les os. Et il n'est pas question de procéder à des injections à répétition dans le liquide céphalo-rachidien, car le risque d'infection est beaucoup trop élevé.

Depuis 1994, plusieurs malades des hôpitaux de Lausanne ont donc reçu les fameuses capsules. Et, comme elles ont permis de contrôler la douleur chez plusieurs d'entre eux, les médecins ont décidé de passer à une étude dite "de phase 2", c'est-à-dire à la compa-



raison d'un groupe de patients munis de capsules sécrétrices d'analgésiques avec un groupe témoin équipé de capsules vides. Condui-

te par la société pharmacologique suédoise Astra et menée au niveau européen, cette étude porte sur cent cinquante personnes.

C'est aussi à ces capsules qu'on doit le premier véritable essai de thérapie génique réalisé au niveau du système nerveux. Il a été effectué en 1996, à Lausanne, sur six patients atteints de sclérose latérale amyotrophique (SLA), ou maladie de Charcot. Cette dégénérescence rapide des neurones au niveau de la moelle épinière et du tronc cérébral provoque une paralysie accompagnée d'une atrophie musculaire progressive. La mort survient en quelques années.

« A l'époque, les capsules n'ont pas pu ralentir la maladie, témoigne le Pr Aebischer. Cependant, lorsqu'on les a retirées après plusieurs mois, on a pu

MICRO ET MACROCAPSULES

■ Plusieurs méthodes d'encapsulation de cellules animales destinées à être introduites dans le corps humain sont à l'étude dans le monde :

- Des microcapsules, minuscules billes de plastique contenant de mille à cinq mille cellules. Une fois injectées dans le corps, elles sont difficiles à récupérer.
- Des macrocapsules filiformes, qui contiennent plusieurs millions de cellules.
- Des conteneurs reliés à la circulation sanguine du patient. Fixés sur une artère, ils constituent une sorte d'organe artificiel, gros comme un pacemaker. Ils contiennent plus d'un milliard de cellules.

Les macrocapsules filiformes mises au point en Suisse sont les seules à avoir été employées jusqu'ici dans des essais cliniques chez l'homme.



constater que les cellules prisonnières se portaient bien et relâchaient toujours les facteurs neurotrophiques qu'on leur demandait de fabriquer. C'est du choix des gènes humains transmis aux cellules que dépendra à l'avenir le succès de cette thérapie.»

Depuis ces premières tentatives, les capsules ont été perfectionnées, et les cellules animales, judicieusement sélectionnées, comme l'explique le Pr Bernard Thorens, de l'université de Lausanne, qui élabora avec son équipe d'autres applications. « Les cellules animales sont issues de lignées rendues immortelles : elles se divisent à volonté. Elles ont aussi été choisies pour leur capacité à survivre et à produire en quantité des protéines utiles au corps humain. Par rapport aux cellules isolées sur des animaux, ces lignées cellulaires offrent une grande sécurité : il n'y a pas de risque de contamination virale, ni de variations de sécrétion d'une capsule à l'autre, car leur comportement est standard. Il n'y a pas non plus de risque qu'une telle cellule, si elle devait s'échapper par accident de la capsule,

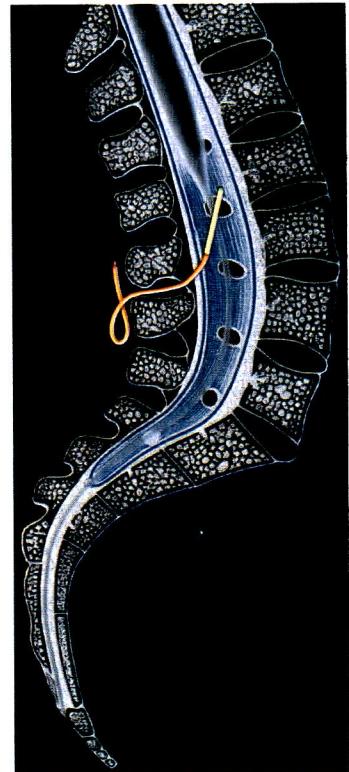
Dans la moelle épinière aussi

Ce schéma montre comment on introduit une capsule (en jaune) dans le liquide céphalo-rachidien de la colonne vertébrale, entre la quatrième et la cinquième vertèbres lombaires. Le cathéter (en orange) est ensuite cousu sous la peau. Il servira à retirer la capsule après un séjour de plusieurs mois dans le corps du patient.

entraîne le développement d'une tumeur dans l'organisme du malade : elle est si étrangère au système immunitaire humain qu'elle ne peut survivre en dehors de son emballage protecteur...»

DE L'INSULINE POUR LES DIABÉTIQUES

Le principe de l'«encapsulation» a été imaginé à Boston (Etats-Unis), au milieu des années 70, par l'Américain William Chick et le Suisse Pierre Galletti, tous deux décédés aujourd'hui. Ces chercheurs y voyaient un moyen de produire de l'insuline chez les diabétiques insulino-dépendants (diabète de type I). Bien qu'une dizaine d'équipes médicales aient travaillé depuis lors sur le sujet, cette technique n'est pas encore en mesure d'offrir un tel traitement : pour produire de l'insuline en suffisance, il

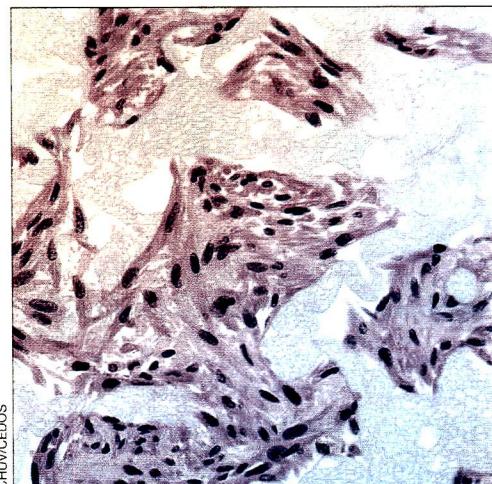


CEDOS

faudrait emprisonner mille fois plus de cellules que n'en exigent les thérapies déjà citées. La solution viendra sans doute de cellules «hypersécrétrices» d'insuline, qui sont actuellement à l'étude.

Spécialisé en neurologie, Patrick Aebscher a pensé à une variante de l'encapsulation pour le système nerveux central, alors qu'il se trouvait en formation aux Etats-Unis. Il lui aura fallu dix ans de travail avec son équipe pour trouver les matériaux biocompatibles de ses capsules, ainsi que pour sélectionner les cellules animales qu'elles renferment.

Les difficultés ne surgissent pas toujours où on les attend. Ce ne sont pas les problèmes techniques ou médicaux qui ont failli compromettre la suite des essais cliniques en Suisse, mais les nouvelles lois helvétiques chargées de fournir un cadre aux progrès fulgurants de la médecine et de la biotechnologie. Selon la législation en vigueur, les



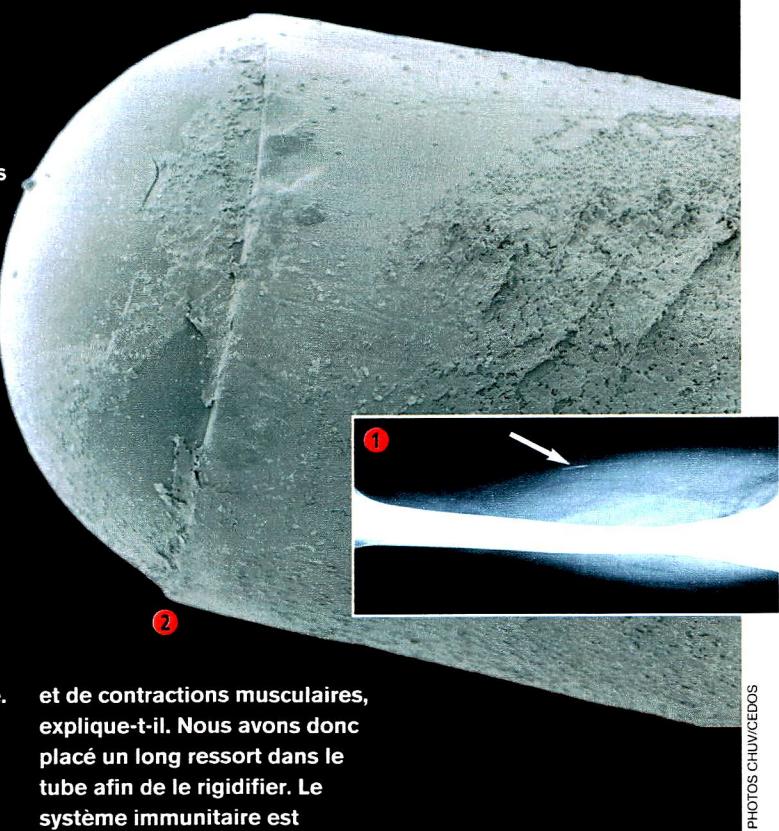
CHUV/CEBOS

Cellules immortelles

Ces cellules animales (des myoblastes de souris), issues de lignées rendues immortelles, ont passé trois mois dans une capsule. Elles ont parfaitement survécu. En bleu pâle, la matrice où elles sont logées.

SOUS LA PEAU DU BRAS

■ En collaboration avec le groupe du Pr Patrick Aebischer, les équipes du Pr Bernard Thorens (université de Lausanne) et de Modex Thérapeutiques (une jeune société de biotechnologie) élaborent des lignées cellulaires, d'origine animale ou humaine, adaptées à des capsules destinées à être implantées sous la peau. Ces cellules produiront, par exemple, la fameuse érythropoïétine (EPO) – dont se servent notamment les sportifs pour se doper – pour le traitement des anémies graves, ou encore des facteurs de coagulation afin de soigner l'hémophilie. Les chercheurs ont testé la biocompatibilité des matériaux sur des volontaires humains qui ont reçu dans l'avant-bras un nouveau type de capsule, mis au point par l'ingénieur Nicolas Bouche. «Insérée dans l'avant-bras, la capsule doit subir de nombreuses contraintes de mouvements, de coups



et de contractions musculaires, explique-t-il. Nous avons donc placé un long ressort dans le tube afin de le rigidifier. Le système immunitaire est beaucoup plus agressif au niveau du bras que dans le système nerveux central. Malgré tout, les capsules récupérées après plusieurs semaines passées sous la peau ont montré qu'elles étaient bien tolérées par notre corps.»



greffes d'organes d'origine animale sur l'être humain – les xéno-greffes – sont interdites. Mais on a fait une exception pour les tissus et les cellules – à condition que les médecins certifient, par divers tests, que ces cellules sont vierges d'infections virales transmissibles.

«De toute façon, la capsule dressera une barrière contre le passage d'un éventuel virus, explique Patrick Aebischer. D'ailleurs, il ne s'agit pas véritablement de xéno-

greffes : les cellules animales sont plutôt "en visite" dans le corps humain, car on peut les retirer pour les remplacer...»

Grâce à cette distinction, l'équipe de Patrick Aebischer va entreprendre à Lausanne un essai clinique sur des patients atteints de la maladie de Parkinson. Comme à l'hôpital Henri-Mondor, les capsules seront implantées dans les cerveaux et libéreront continuellement un facteur neurotrophique. ■

Radiographie de l'avant-bras d'un volontaire qui a reçu une capsule (flèche) sous la peau. Après un séjour de huit semaines dans l'avant-bras, la surface de la capsule 2 n'est que partiellement occupée par des fibroblastes (cellules de développement du tissu conjonctif) et par des macrophages (chargés de détruire les cellules étrangères) : la réaction inflammatoire a donc été modérée, si bien que les pores de la capsule sont restés libres. Un macrophage isolé 3, accroché à la paroi de la capsule.

Communiquer, ça ne guérit pas, mais ça aide.



Cyber hosto.

Aider les enfants malades à communiquer, c'est aussi les soigner.
France Télécom est partenaire du développement du site Cyber Hosto.
En se connectant, les enfants pourront envoyer et recevoir des messages,
jouer, rencontrer d'autres enfants, et partir à la découverte d'Internet.



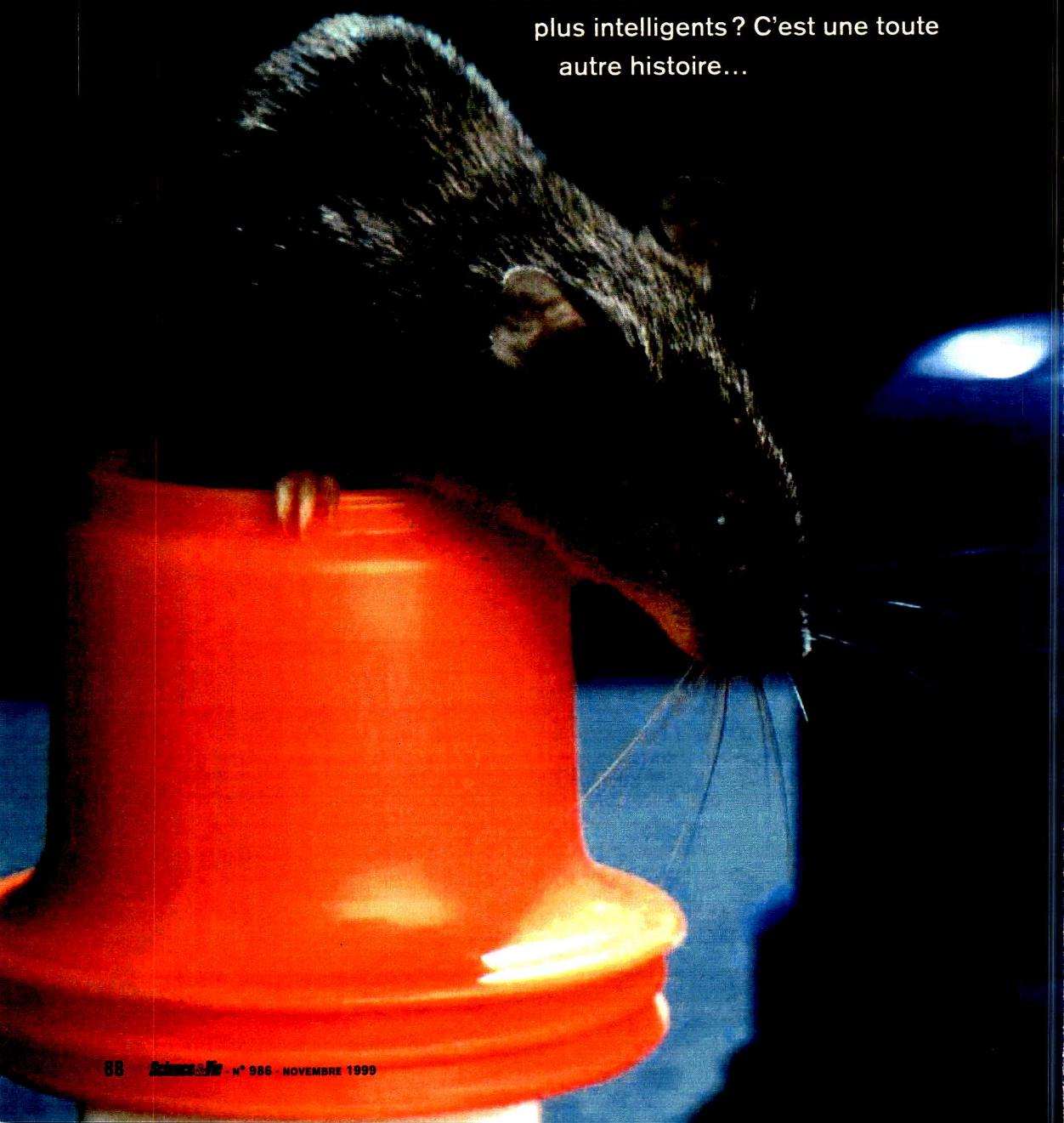
Ils pourront aussi, grâce aux développements réalisés avec les hôpitaux et les professionnels de l'enseignement, continuer à suivre leur programme scolaire, et garder des liens avec leur entourage.

 **France Telecom**

Nous allons vous faire aimer l'an 2000.

Les souris à la mémo

Par une simple manipulation génétique, des chercheurs américains ont réussi à perfectionner certaines capacités cognitives des souris. L'expérience pourra-t-elle s'étendre à l'homme ? Créera-t-on des humains plus intelligents ? C'est une toute autre histoire...



ire d'éléphant

Sans hésitation, la souris brune se précipite vers un objet pour l'observer, le renifler, le toucher. Consciemment, elle ignore les deux autres objets situés tout près. Normal : elle se souvient de les avoir analysés la veille, tandis que le troisième objet, inconnu, attise sa curiosité. Face aux trois mêmes objets, la seconde candidate, une souris brune quasi jumelle de la première, marque un temps d'arrêt. Puis, au hasard, elle se dirige vers l'un des trois. Pourtant, le jour précédent, elle aussi scrutait attentivement les deux premiers. Pourquoi les a-t-elle oubliés ? Ou plutôt, comment la première souris en a-t-elle conservé le souvenir ?

Sa mémoire d'éléphant, elle la doit à un "dopage génétique". Car les souris Doogie – ainsi baptisées en référence à un jeune héros surdoué de série télévisée – ne sont rien d'autre que des organismes génétiquement modifiés.

Des scientifiques ont greffé dans

des cellules embryonnaires de souris le gène responsable de la synthèse d'une protéine qui semble fortement impliquée dans les processus de mémorisation. C'est à une équipe de chercheurs américains dirigée par Joe Tsien, du département de biologie moléculaire de l'université de Princeton (New Jersey), qu'on doit cette prouesse. Le 2 septembre dernier, les chercheurs publiaient leurs travaux dans la revue scientifique *Nature*, sous le titre "Amélioration génétique de l'apprentissage et de la mémoire chez des souris".

D'AUTRES MAMMIFÈRES GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉS ?

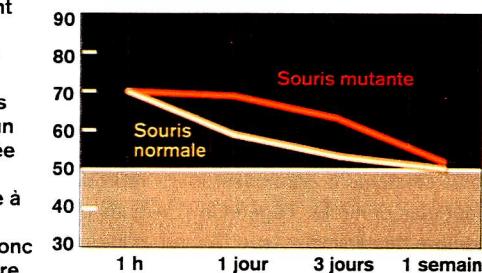
Ainsi, par une simple manipulation génétique, on peut perfectionner certaines capacités cognitives des souris. Doit-on pour autant en conclure, comme le font les auteurs, qu'il est désormais possible de créer « d'autres mammifères génétiquement modifiés à l'intelligence et à la mémoire augmentées » ?

Selon Serge Laroche, de l'unité Neurobiologie de l'apprentissage, de la mémoire et de la communication du CNRS, à Orsay, « la réponse est non. L'amélioration de cer-

L'attrait du nouveau

Les souris se souviennent des objets qu'on leur a présentés une heure avant : transgéniques ou pas, elles préfèrent l'objet nouveau. En revanche, un ou trois jours plus tard, la préférence des souris transgéniques pour un objet inconnu (évaluée en pourcentage) est nettement supérieure à celle des souris normales. Elles ont donc une meilleure mémoire.

B. BAILENBERG/TIME MAGAZINE/PPCOM

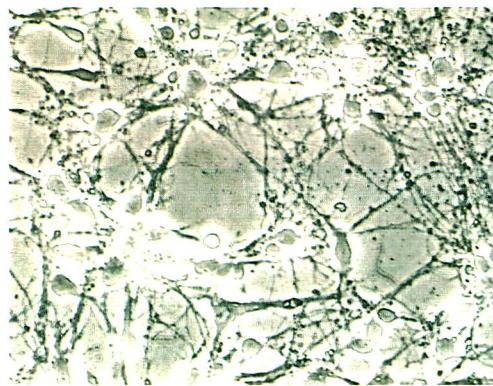


A. MEYER

taines performances ne signifie pas que l'animal est plus intelligent. Car la mémoire n'est qu'une composante, certes essentielle, de l'intelligence, qui comprend aussi le raisonnement, la logique, la faculté de mettre en relation des événements».

Joe Tsien n'a donc pas mis la main sur le "gène de l'intelligence". Et, n'en déplaise aux partisans du "pangénisme", l'intelligence n'est, de toute façon, pas uniquement déterminée par la génétique. L'environnement a aussi son mot à dire. Mais, si Tsien et son équipe sont incapables d'augmenter génétiquement l'intelligence des souris, « leurs travaux fournissent tout de même des éléments importants pour comprendre les mécanismes moléculaires de la mémorisation », commente Serge Laroche.

A l'instar de toutes les activités cérébrales complexes, la mémorisa-



BSIP

Message renforcé

En modifiant chez la souris la composition chimique de la membrane de certains neurones (ici, une culture de neurones), les chercheurs ont renforcé la transmission du message nerveux.

tion met en jeu de très nombreux neurones reliés par des connexions : les synapses. Chaque synapse est constituée d'un bouton synaptique, l'extrémité du neurone "émetteur" du signal, et de la membrane du neurone "receveur". Entre les deux, un infime espace :

la fente synaptique. Quant au message nerveux, c'est un courant électrique qui galope de neurone en neurone. Mais ce courant électrique est incapable de franchir la fente synaptique. Aussi, l'électricité fait-elle place à la chimie.

Quand le courant électrique parvient à l'extrémité du neurone émetteur, il entraîne la libération d'un messager chimique, un neuromédiateur. Lâchées dans la fente synaptique, les molécules de neuromédiateur vont se fixer dans des récepteurs spécifiques situés à la surface du neurone receveur. La liaison du neuromédiateur à son récepteur provoque une cascade de réactions qui déclenchent un courant électrique à l'intérieur du neurone.

Pour qu'il y ait mémorisation, la transmission du signal entre les neurones doit être renforcée. Si renforcée que les neurones concernés en gardent la trace. Ils seraient donc capables de subir des modifications physiques durables. Connue aujourd'hui sous le nom de "plasticité synaptique", cette idée fut émise pour la première fois en 1949 par le psychologue américain Donald Hebb.

IL SUFFISAIT DE RAJEUNIR LES NEURONES

alimentation, leur éclairement, l'heure des expériences... Malgré leurs gènes identiques, les souris se sont avérées de véritables girouettes ! D'un laboratoire à l'autre, pour chaque test, elles ont montré des comportements différents, parfois même contradictoires. Les chercheurs, qui ont récemment publié leurs travaux dans l'hebdomadaire *Science*, concluent à une influence importante de l'environnement sur les comportements. En outre, ils recommandent aux généticiens du comportement de reproduire leurs expériences dans plusieurs laboratoires avant d'interpréter leurs résultats.

DES GIROUETTES TRANSGÉNIQUES

■ Pour traquer les gènes impliqués dans certains comportements, les biologistes observent généralement des souris dont ils ont manipulé le patrimoine génétique. L'altération du comportement de leurs rongeurs les conduit alors à imaginer que tel gène joue un rôle dans la genèse de tel comportement. Mais peut-on vraiment y croire ?

Pour tester ce type de méthodologie, trois chercheurs américains, de trois laboratoires distincts, ont soumis des souris de même lignée à une série de tests strictement identiques. Tout était contrôlé : l'âge et le nombre des animaux, leur

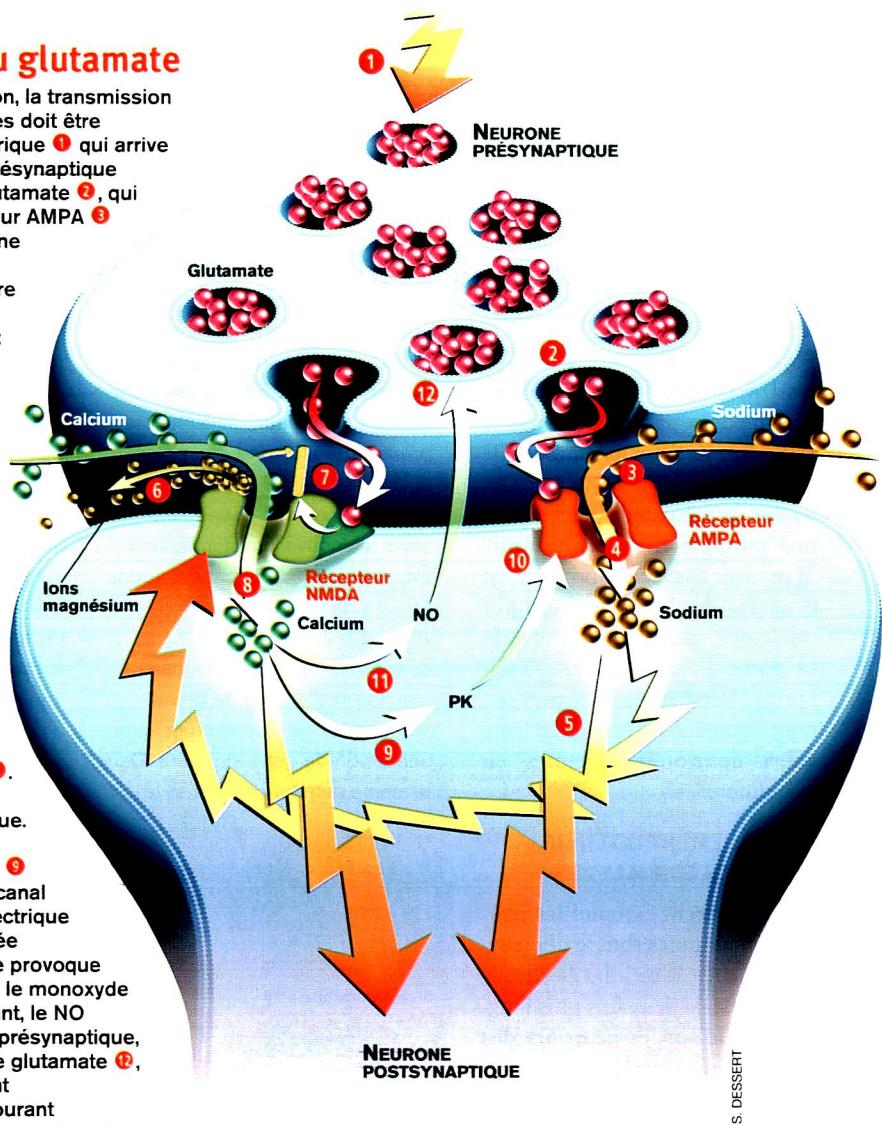
Cinquante ans plus tard, les souris Doogie apportent une preuve supplémentaire à la théorie de Hebb. Car, en modifiant la composition chimique de la membrane de certains neurones, Tsien et ses collègues viennent de prouver que la transmission du message nerveux s'en trouve renforcée. Or, les souris dotées de neurones manipulés apprennent plus vite que les autres et retiennent plus longtemps. Quant à l'intelligence, elle implique nombre de capacités co-

Neurone dopé au glutamate

Pour qu'il y ait mémorisation, la transmission du signal entre les neurones doit être renforcée. Le courant électrique ① qui arrive à l'extrémité du neurone présynaptique entraîne la libération de glutamate ②, qui vient se fixer sur le récepteur AMPA ③ situé à la surface du neurone postsynaptique et ouvre un canal. Du sodium pénètre alors à l'intérieur du neurone ④. Conséquence : un courant électrique ⑤ parcourt le neurone postsynaptique.

S'il est assez puissant, ce courant évacue les ions magnésium ⑥ qui bouchaient le canal du récepteur NMDA. Entre-temps, du glutamate est aussi venu se fixer sur le récepteur NMDA, dont la porte s'ouvre ⑦ (c'est ce récepteur qui a été modifié chez la souris transgénique). Désormais, la voix est libre : du calcium s'engouffre dans le canal ⑧. Cet afflux de calcium renforce le courant électrique.

Il stimule également des protéines kinases (PK) ⑨ qui maintiennent ouvert le canal à sodium ⑩. Le courant électrique est encore renforcé. L'arrivée de calcium dans le neurone provoque aussi la libération d'un gaz, le monoxyde d'azote (NO) ⑪. En diffusant, le NO remonte jusqu'au neurone présynaptique, où il stimule la libération de glutamate ⑫, provoquant un emballement du système. La durée du courant électrique est ainsi fortement prolongée.



S. DESEUF

gnitives dont on ignore encore les mécanismes moléculaires.

Pour améliorer la mémorisation de leurs rongeurs, les biologistes de Princeton sont partis d'un constat simple : chez tous les mammifères, les jeunes apprennent mieux que les adultes. Il suffisait donc de rajeunir les neurones... Depuis 1994, on sait que la composition moléculaire d'un récepteur (le récepteur NMDA) situé principalement à la surface des neurones de l'hippocampe – une structure cérébrale fortement impliquée dans la mé-

moration (voir encadré "L'hippocampe, passage obligé des souvenirs") – change avec l'âge. Or, le récepteur NMDA, celui que Tsien a modifié chez les Doogie, est le pivot d'un mécanisme nerveux très particulier, la "potentialisation à long terme" (PLT), qui oblige les neurones à se souvenir.

RÉACTIONS BIOCHIMIQUES

Elle renforce la transmission d'un message d'un neurone à l'autre. La PLT serait donc au cœur des mécanismes intimes de

l'apprentissage et de la mémorisation. Pour qu'elle se produise, le courant électrique qui arrive à l'extrémité du neurone présynaptique doit entraîner la libération des molécules de neuromédiateur : du glutamate. Il viendra, notamment, se fixer sur le récepteur NMDA situé de l'autre côté de la fente synaptique, sur le neurone postsynaptique (voir dessin ci-dessus). Or, la fixation du glutamate au récepteur NMDA, qui est un canal, ouvre sa porte. Suivent une série de réactions biochimiques

qui renforcent et prolongent le courant électrique parcourant le neurone postsynaptique. Lequel se souvient alors du signal pendant près de dix heures !

Pour doper les neurones des souris Doogie, les chercheurs américains ont donc tenté de prolonger la durée du signal en maintenant ouverte plus longtemps la porte du canal du récepteur NMDA. Or, ce récepteur se compose de deux parties : le canal, et le régulateur du canal, qui décide de l'ouverture de la porte. Chez les jeunes, le régulateur du canal est une protéine très performante. Mais, avec l'âge, cette protéine est progressivement remplacée par une autre, qui maintient ouverte la porte du canal moins longtemps. Tsien et ses collègues ont donc équipé les neurones de leurs souris de protéines "jeunes" en surnombre.

ENTRAÎNEMENT INTENSIF, DIGNE DES COMMANDOS

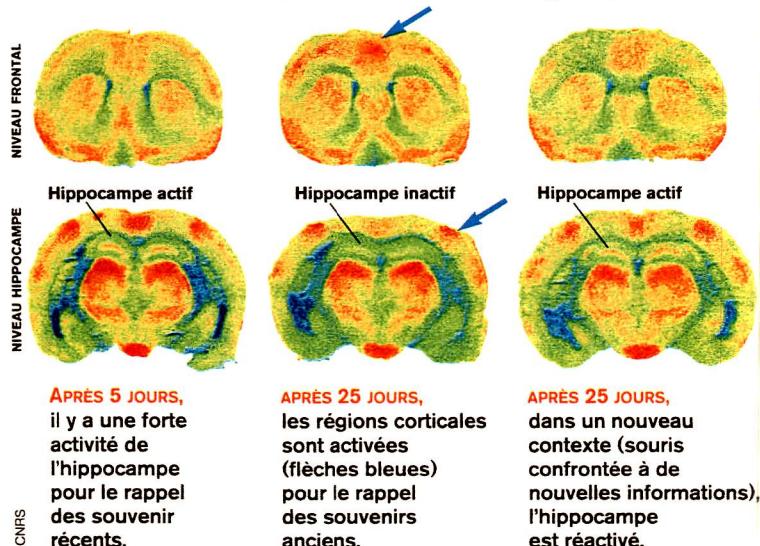
Et ça marche ! Quand les neurones manipulés sont artificiellement excités, le courant électrique dure presque deux fois plus longtemps que sur les neurones des souris normales. Mais cela augmente-t-il vraiment la mémorisation ? Les biologistes de Princeton l'ont vérifié en soumettant leurs souris à une batterie de tests, un entraînement intensif digne des commandos.

Le parcours du combattant commence avec l'identification d'objets. Les Doogie ont montré qu'elles les reconnaissaient plus vite et plus longtemps. Puis elles ont dû plonger dans une piscine remplie d'eau opaque. But de la manœuvre : trouver la plate-forme immergée qui les sauvera de la noyade, et s'en souvenir. Ici aussi, les Doogie manipulées sont plus douées que leurs congénères classiques. Au deuxième entraîne-

L'HIPPOCAMPE, PASSAGE OBLIGÉ DES

■ Menée par Bruno Bontempi et ses collaborateurs, du laboratoire de neurosciences cognitives du CNRS (Bordeaux), et publiée dans la revue scientifique *Nature*, une étude récente confirme le rôle fondamental de l'hippocampe dans la mémorisation. Pour la première fois, les chercheurs apportent la preuve visuelle que cette petite structure cérébrale des lobes temporaux stocke pour un temps limité les nouvelles informations avant de les répartir dans d'autres régions du cerveau. Jusqu'à présent, les connaissances sur l'hippocampe résultait d'études de grands amnésiques qui avaient tous subi une lésion de cette structure. Dans le même numéro de *Nature*, le

célèbre neurologue américain Larry Squire défend le modèle qu'il a bâti voilà quelques années. Selon lui, une information nouvelle transite d'abord par l'hippocampe pour être ensuite progressivement stabilisée ("consolidée") dans diverses aires du cortex. Pour parvenir à cette conclusion, Larry Squire a travaillé avec le patient amnésique E. P., dont l'hippocampe a été détruit par une encéphalite virale. E. P. oublie aussitôt toute information nouvelle. Même après plusieurs visites, il est incapable de reconnaître ses médecins (on parle d'"amnésie antérograde"). En outre, il a du mal à se souvenir des quarante années qui précèdent sa maladie (on parle d'"amnésie rétrograde"). En



ment, trente-cinq secondes leur suffisent à localiser la plate-forme, au lieu de plus de quarante pour les souris normales. Au troisième round, la différence s'accentue : les Doogie mettent dix secondes de moins que les souris classiques pour accomplir leur mission.

Bien qu'il faille y mettre un bémol – les expériences de comportement sur des animaux transgéniques demandent, plus que les autres, à être reproduites (voir encadré "Des girouettes transgéniques") –, la preuve est presque faite : grâce à une manipulation

SOUVENIRS

revanche, il se souvient de sa jeunesse : il peut nommer les rues de sa ville natale, décrire son école... Ainsi, quand l'hippocampe ne fonctionne pas, le patient ne garde en mémoire que des informations très anciennes.

Mais ce modèle de fonctionnement de l'hippocampe, uniquement fondé sur des données

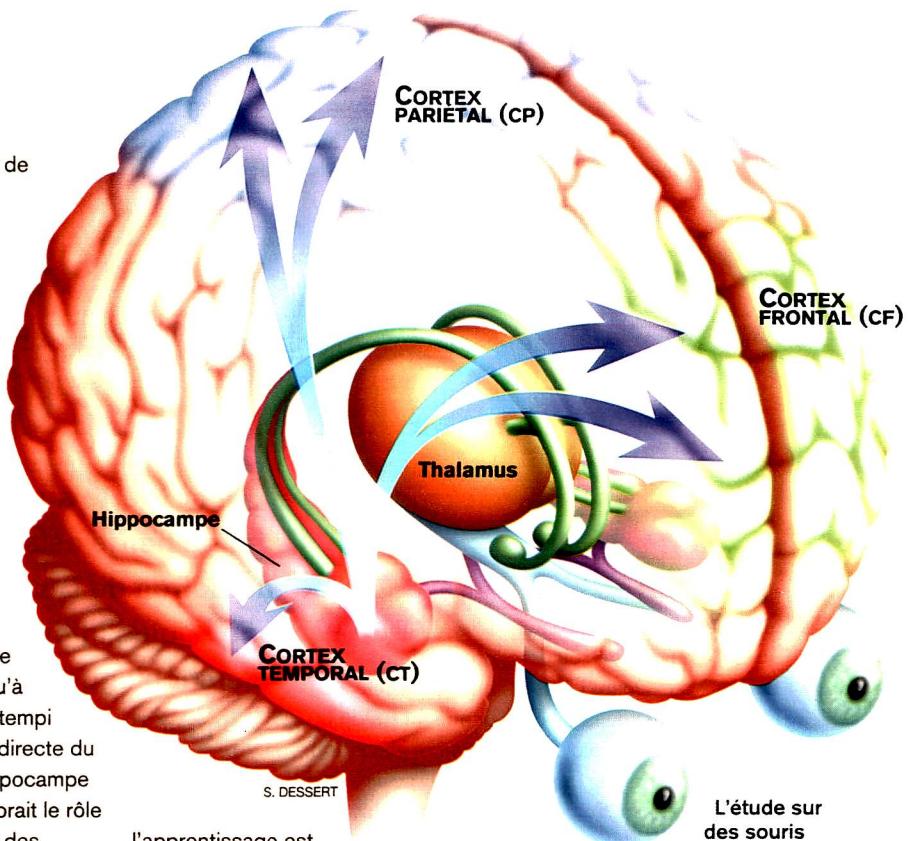
lésionnelles, était encore contesté. En effet, jusqu'à ce que l'équipe de Bontempi procède à une analyse directe du fonctionnement de l'hippocampe chez des souris, on ignorait le rôle de cette structure dans des conditions normales. Pour visualiser le fonctionnement d'un cerveau intact, les chercheurs ont employé une méthode de marquage de l'activité des neurones, avant de sacrifier leurs animaux.

Les souris ont d'abord appris à localiser des pastilles de nourriture dans un labyrinthe. Puis, cinq ou vingt-cinq jours plus tard, elles ont dû retrouver l'emplacement des aliments. Les résultats sont étonnantes : l'hippocampe des souris "interrogées" cinq jours après

l'apprentissage est nettement plus actif que celui des souris interrogées vingt jours plus tard. En revanche, ces dernières présentent une forte activité des régions corticales.

Ces résultats confirment le modèle de Larry Squire : au moment de leur stabilisation (ou "consolidation mnésique"), les souvenirs passent bien de l'hippocampe vers le cortex. Après quoi, l'hippocampe ne semble plus nécessaire au rappel des souvenirs.

PAUL GERHARD



L'étude sur des souris menée par

le CNRS de Bordeaux montre que l'hippocampe n'a qu'un rôle temporaire dans le traitement des souvenirs. Leur stockage définitif se fait au niveau des diverses aires corticales (CF, CT, CP) par l'intermédiaire d'un transfert d'informations (flèches) entre l'hippocampe et le cortex. L'imagerie cérébrale (ci-contre, page de gauche) montre le fonctionnement de l'hippocampe, qui s'active en fonction de la proximité temporelle des informations mémorisées.

génétique, il serait possible d'améliorer l'apprentissage et la mémorisation des souris. Qu'en est-il des "autres mammifères" (au hasard... l'homme), chers à l'équipe de Joe Tsien ?

« En dehors de tous les problèmes éthiques que poserait l'opération,

on ne pourra pas créer de tels humains mutants, souligne Serge La-roche. Car l'ouverture prolongée de la porte du récepteur NMDA provoque une arrivée massive de calcium à l'intérieur des neurones. Or, cet afflux entraîne des épilepsies et, s'il est trop important,

il peut même conduire à la mort. »

Ainsi, les Doogie ne nous conduiront ni vers une humanité génétiquement plus intelligente ni vers une armée d'étudiants à la mémoire encyclopédique. Elles apportent cependant de précieuses informations sur les mécanismes de la mémorisation, ouvrant ainsi le champ de recherche sur les troubles de la mémoire qui surviennent avec l'âge. ■

Le berceau des Inuits

Cinquante centimètres par an : c'est la vitesse à laquelle la mer du détroit de Béring – qui sépare l'Alaska (Etats-Unis) de la Sibérie – démontée par les tempêtes, ronge la berge de la péninsule de la Tchoukotka, au point le plus oriental du continent asiatique. Pour les équipes d'archéologues allemands, russes et suisses qui fouillent ensemble cette côte durant les rares semaines clémentes de l'année, c'est à la fois une catastrophe et une aubaine.

TROIS DE CES SITES DATENT D'AU MOINS DEUX MILLE ANS

Une catastrophe, car la mer avance avec une telle rapidité que, dans quelques décennies, elle aura tout emporté. Déjà, elle a englouti des habitats témoins des grandes migrations de l'Asie vers l'Amérique à travers le

Le passage des migrations

L'Arctique nord-américain a été peuplé grâce à deux vagues de migration, passées par le détroit de Béring, il y a quatre mille ans et autour de l'an 1000.

détroit de Béring. Les Esquimaux ont toujours habité sur la côte, et, depuis la fin de la dernière glaciation, la mer ne cesse de grignoter la berge asiatique.

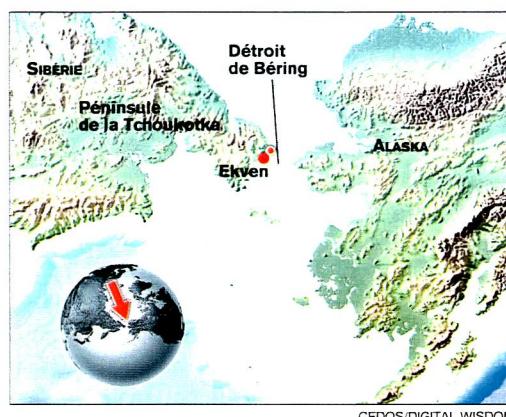
Mais, explique l'archéologue suisse Yvon Csonka, de l'université de Neuchâtel, coordinateur de ces fouilles internationales menées depuis quatre ans, « l'avancée de la mer est également une aubaine parce qu'elle fait une partie de notre travail. Sur une bande côtière d'une quinzaine de kilomètres, nous avons recensé huit anciens lieux d'habitation esquimaude. Trois de ces sites re-

Découverte surprenante : sur la berge asiatique du détroit de Béring, une équipe internationale d'archéologues met au jour des vestiges de maisons et une quantité d'objets qui prouvent que l'essentiel de la civilisation inuit vient d'Asie.

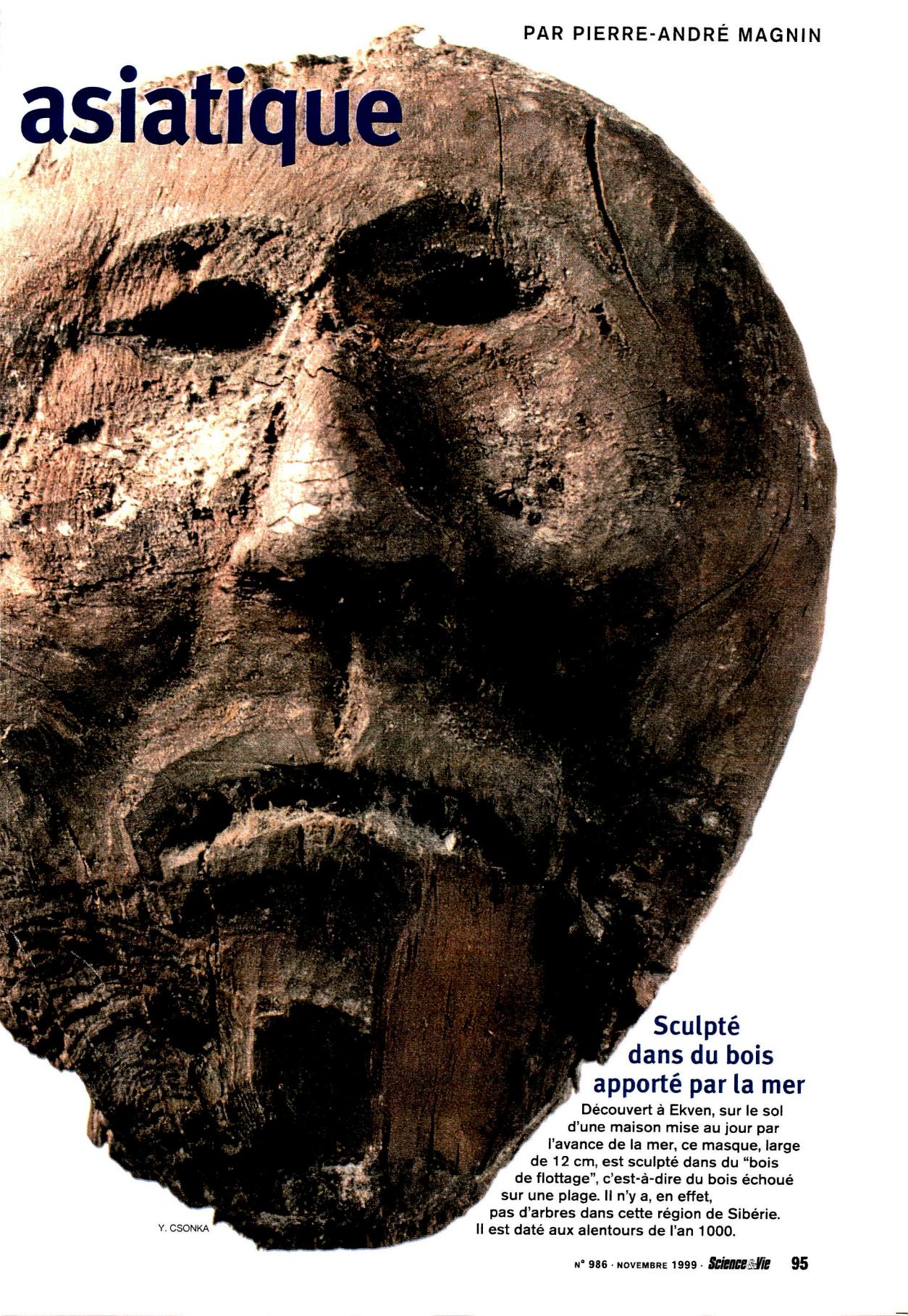
montent au moins à deux mille ans. Les vestiges des maisons sont de petits monticules qui hérisse le paysage. C'est un très dur travail que de les dégager, car le sol est gelé en permanence. Et, comme le terrain dégèle au fur et à mesure

que nous creusons, il faut continuellement évacuer la boue qui se forme. Dans son action dévastatrice, la mer a donc quelque chose de bon : quand les vagues des tempêtes ont attaqué un monticule, on peut observer les couches du terrain sur une hauteur de 5 à 6 m. »

Apparaissent alors les os de baleine et les morceaux de bois échoués, qui ser-



asiatique



**Sculpté
dans du bois
apporté par la mer**

Découvert à Ekven, sur le sol d'une maison mise au jour par l'avance de la mer, ce masque, large de 12 cm, est sculpté dans du "bois de flottage", c'est-à-dire du bois échoué sur une plage. Il n'y a, en effet, pas d'arbres dans cette région de Sibérie. Il est daté aux alentours de l'an 1000.

Y. CSONKA

SPECIAL SUISSE



RETO BLUMER

vaients de piliers et de poutres; les plaques de schiste qui dalliaient le sol excavé; les mottes de terre herbeuse qui faisaient office de couverture isolante. On découvre aussi l'empilement de plusieurs maisons construites au fil des siècles.

Ces antiques demeures esquimaudes sont les premières à faire l'objet de fouilles en Asie. Les archéologues y ont découvert les té-

Equipes internationales

Des équipes d'archéologues allemands, russes et suisses fouillent la côte de la péninsule de la Tchoukotka (ici, l'équipe russe). Au premier plan, on aperçoit une vertèbre de baleine.

mure, des petites pointes à graver en fer, un masque en bois, des leurres en forme de pattes de phoque qui servaient à gratter la glace pour attirer le gibier.

Née dans les environs de l'agglomération d'Ekven, dans ce qui est

leines. C'est là aussi que sont nés des instruments dont l'usage a été ensuite oublié, tels ces "objets ailés", sculptés dans des défenses de morse, qui servaient de stabilisateurs arrière aux harpons en vol. Par ailleurs, beaucoup d'objets en ivoire de morse ou en bois de renne sont richement gravés, avec une variété de motifs et une finesse artistique inégalées en Arctique.

Tout indique que l'influence de cette civilisation a été beaucoup plus grande qu'on ne l'imaginait sur le développement des populations esquimaudes en Alaska, dans le nord du Canada et au Groenland. On sait en effet que le peuplement de l'Arctique nord-américain s'est déroulé en deux vagues de migration d'ouest en est.

Une importante civilisation dont la richesse a été jusqu'ici mésestimée

moignages d'une importante civilisation dont la richesse culturelle, artistique et technique a été jusqu'ici mésestimée : des harpons, des boîtes à aiguilles ouvragées en ivoire de morse et divers outils en pierre et en bois de renne. Grâce au sol gelé, les chercheurs ont aussi retrouvé des objets qui se conservent difficilement : une chaussure d'enfant en cuir de phoque, les restes d'un tambour, un petit canoë en bois qui devait servir de jouet, des lunettes à neige en fanon de baleine, des propulseurs de harpon, des arcs et des flèches, des plaques d'ar-

aujourd'hui la région autonome de Tchoukotka, cette antique civilisation esquimaude a profité d'une mer riche en saumons, en phoques, en morses et en baleines. Cette abondance de gibier a favorisé la concentration de la population – ce qui est le fondement du développement culturel.

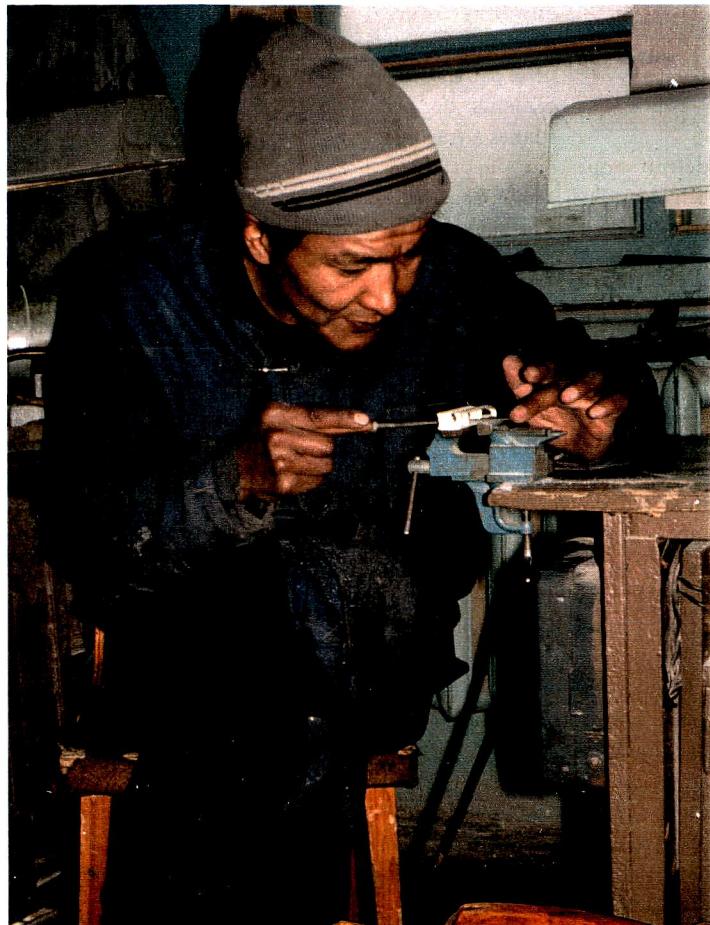
CHASSE À LA BALEINE, AU DÉBUT DE L'ÈRE CHRÉTIENNE

C'est à Ekven, au début de l'ère chrétienne, que les hommes ont découvert comment chasser, en canot léger et en pleine mer, les ba-

La première, partie de toute évidence du détroit de Béring, se produisit il y a quatre mille ans. La seconde, qu'on a longtemps crue purement "américaine" en la faisant partir de l'Alaska, commença autour de l'an 1000. Elle est à l'origine des Esquimaux modernes – les Inuits –, qui ont supplanté les habitants de la première vague.

GÉNÉRALISATION DES OUTILS EN ARDOISE POLIE

Archéologiquement parlant, cette migration se traduit par une intensification de la chasse aux gros mammifères marins et par une généralisation des outils en ardoise polie, pour remplacer les outils en pierre taillée. Ces Esquimaux modernes ont, en fait, adopté les techniques de chasse à la baleine inventées bien plus tôt sur la côte asiatique. Ils ont profité de l'adoucissement du climat survenu au cours de notre Moyen Age pour suivre les baleines plus au nord, dans la mer de Beaufort. Puis ils ont essaïmé vers l'est du continent nord-américain. Les fouilles d'Ekven laissent même penser que l'Asie n'est pas seulement à l'origine de la culture inuit : elle a continué à en



Y. CSONKA



"Objets ailés" en ivoire de morse

Longtemps mystérieux, les "objets ailés", sculptés dans de l'ivoire de morse, servaient d'empennage arrière aux harpons. Décorés de nombreux motifs entrelacés, ils ont été retrouvés dans d'anciennes sépultures esquimaudes d'Asie. Ils étaient employés dans la civilisation d'Ekven, mais leur usage ne s'est pas étendu en Alaska. Comme ses ancêtres, cet habitant d'Ekven travaille l'ivoire de morse. Il est en train d'achever le polissage d'un petit traîneau.

E. ZHETOV

être une source d'inspiration régulière, par les déplacements de personnes à travers le détroit, qui ont favorisé les échanges d'objets et la démonstration de nouvelles techniques.

UN MUR VIRTUEL AU MILIEU DU DÉTROIT DE BÉRING

Si l'histoire n'a pas encore donné sa vraie place à la civilisation d'Ekenen, c'est à cause de la guerre froide. En 1948, en effet, les Soviétiques élevèrent un mur virtuel au milieu du détroit de Béring, séparant la presqu'île de la Tchoukotka et l'Alaska, isolant du même coup des familles esquimaudes qui avaient toujours entretenu des échanges commerciaux et sociaux.

Pour la recherche, ce "rideau de glace" constituait également un obstacle infranchissable. Du côté nord-américain et groenlandais – où vivent aujourd'hui 120 000 Inuits –, on a mené de très nombreuses études ethnologiques et archéologiques. Alors que, du côté soviétique – où ne subsistent que 1 700 Esquimaux Yupik –, les archéologues se sont contentés de fouiller d'anciennes nécropoles situées à l'intérieur des terres, sur des collines dont le sol n'est pas gelé en permanence. Ces fouilles ont livré



Y. CSONKA

La maison née de la tempête

Cette ancienne maison esquimaude est apparue au fil des tempêtes qui agitent la mer du détroit de Béring et qui rongent la berge. L'archéologue suisse Reto Blumer observe l'entrée de la demeure, dont on peut voir les superstructures en os de baleine.

de très beaux objets en ivoire de morse, mais très peu de vestiges d'origine organique.

Rétablissement la vérité historique n'est pas aisés, car la presqu'île de la Tchoukotka est difficile d'accès : il faut de deux à trois semaines pour y parvenir. De plus, les descendants des Esquimaux d'Asie, dont beaucoup ont été déplacés contre leur gré par les Soviétiques, ont été offusqués

de la profanation de leurs cimetières anciens. Il a donc fallu regagner leur confiance.

« La moitié du financement de nos expéditions internationales est employée à l'aide des populations locales, qui sont très démunies », explique le Suisse Yvon Csonka, dont le pays finance l'essentiel de ces travaux par le biais du Fonds

national suisse de la recherche scientifique et de la Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger.

« Dans notre équipe, nous avons aussi intégré des Tchouktches et des Yupik, les habitants de la péninsule, car le travail et les voyages nécessitent une étroite collaboration avec eux. Autrefois malmenés par les Soviétiques, ils ont aujourd'hui compris que l'archéologie leur rend un passé et des raisons d'être fiers de leurs origines. »

Non identifié

Cet objet, dont l'utilisation est inconnue, a été taillé dans un bois de renne, il y a plus de mille ans. L'artiste s'est inspiré de la morphologie du chabot, un poisson à grosses lèvres.

TOTAL Activa 9000 5W30. **L'huile qui fait économiser** **jusqu'à un plein par an.**



Pour la plus grande sérénité de votre trappe à essence, TOTAL Activa 9000 5W30 Technologie Avancée fait rimer technologie avec économie. Non contente de protéger les moteurs et de leur garantir une longévité exceptionnelle, cette nouvelle huile très hautes performances, fruit d'une nouvelle technologie de synthèse, permet en effet d'économiser 5% de carburant (super, gazole ou GPLc) en moyenne et jusqu'à 8% dans la phase de démarrage - la plus gourmande en énergie. L'air de rien, cela représente jusqu'à un plein de carburant par an (sur la base de la consommation annuelle moyenne). Activa 9000 5W30 vous permet en outre de contribuer à la protection de l'environnement, en réduisant les émissions de CO2 d'environ 6% et celles de particules de 20 à 30% (moteurs diesel). Retrouvez-nous sur notre site Internet : www.lubrifiants.total.com

VOUS NE NOUS CHOISIREZ PAS PAR HASARD.



Les périls cachés de

Dn l'a surnommée la "démence des dialysés". Tout commence par des difficultés d'élocution, puis surviennent les mouvements incontrôlés et les crises d'épilepsie. Moins de dix-huit mois après les premiers symptômes, l'issue est fatale. Depuis l'épidémie d'encéphalopathies qui a frappé les insuffisants rénaux dans les années 70, on sait qu'à fortes doses, l'aluminium est neurotoxique. Lors des séances d'hémodialyse, qui permettent d'épurer artificiellement le sang pour pallier le dysfonctionnement des reins, l'aluminium contenu

Une question hante les scientifiques et les autorités sanitaires : l'aluminium peut-il avoir, à long terme, des effets neurotoxiques ? On soupçonne même ce métal de jouer un rôle dans l'apparition ou le développement de démences séniles de type Alzheimer. Une menace d'autant plus inquiétante que l'aluminium est partout...

dans l'eau de dialyse passait directement dans le plasma sanguin à des taux vingt fois supérieurs à la normale, soit 200 microgrammes par litre ($\mu\text{g/l}$). S'y ajoutait l'aluminium apporté par un traitement d'appoint destiné à combattre la surcharge de phosphore dans le

sang. Le tout provoquant, par accumulation dans le cerveau, des encéphalopathies aluminiques.

L'épidémie a cessé dès la mise en place d'un traitement de l'eau de dialyse qui permet d'abaisser les teneurs en aluminium à 30 puis à 10 $\mu\text{g/l}$. Questionnée sur le bilan officiel en France de cet empoisonnement à l'aluminium, la Direction générale de la Santé n'a pu fournir aucun chiffre. Au service de néphrologie de l'hôpital Nécker, on se souvient toutefois d'avoir accueilli jusqu'en 1986 une dizaine de victimes d'encéphalopathies aluminiques envoyées par les centres de dialyse.

MENACE OMNIPRÉSENTE

Aujourd'hui, une question hante les scientifiques et les autorités sanitaires : l'exposition à de faibles doses d'aluminium peut-elle induire à long terme des effets neurotoxiques ? Une menace d'autant plus inquiétante que l'aluminium est partout. Constituant de l'écorce terrestre, on le retrou-

L'aluminium dans notre assiette

Après avoir déterminé la teneur en aluminium de 200 aliments courants, l'équipe du département Environnement et Santé publique de la faculté de médecine de Nancy a calculé la quantité moyenne d'aluminium (en microgrammes par kilogramme) ingérée chaque jour par un Français.



L'aluminium

ve dans un certain nombre d'aliments, mais aussi dans les ustensiles de cuisine, les additifs alimentaires, de nombreux déodorants ou encore dans les produits de traitement de l'eau du robinet. Or, des études menées sur l'animal montrent que l'aluminium ingéré à petites doses de façon chronique, entraîne un ralentissement des performances cognitives.

La plus connue de ces études est celle menée en 1994 sur des rats (1) par l'équipe du Pr Philippe Van den Bosch de Aguilar, chercheur en neurobiologie à

l'université catholique de Louvain (Belgique) et spécialiste du vieillissement du système nerveux. « Pendant six mois, nous avons fait consommer de l'aluminium à des rats. Puis, en étudiant leur comportement dans un labyrinthe, nous avons constaté qu'ils met-

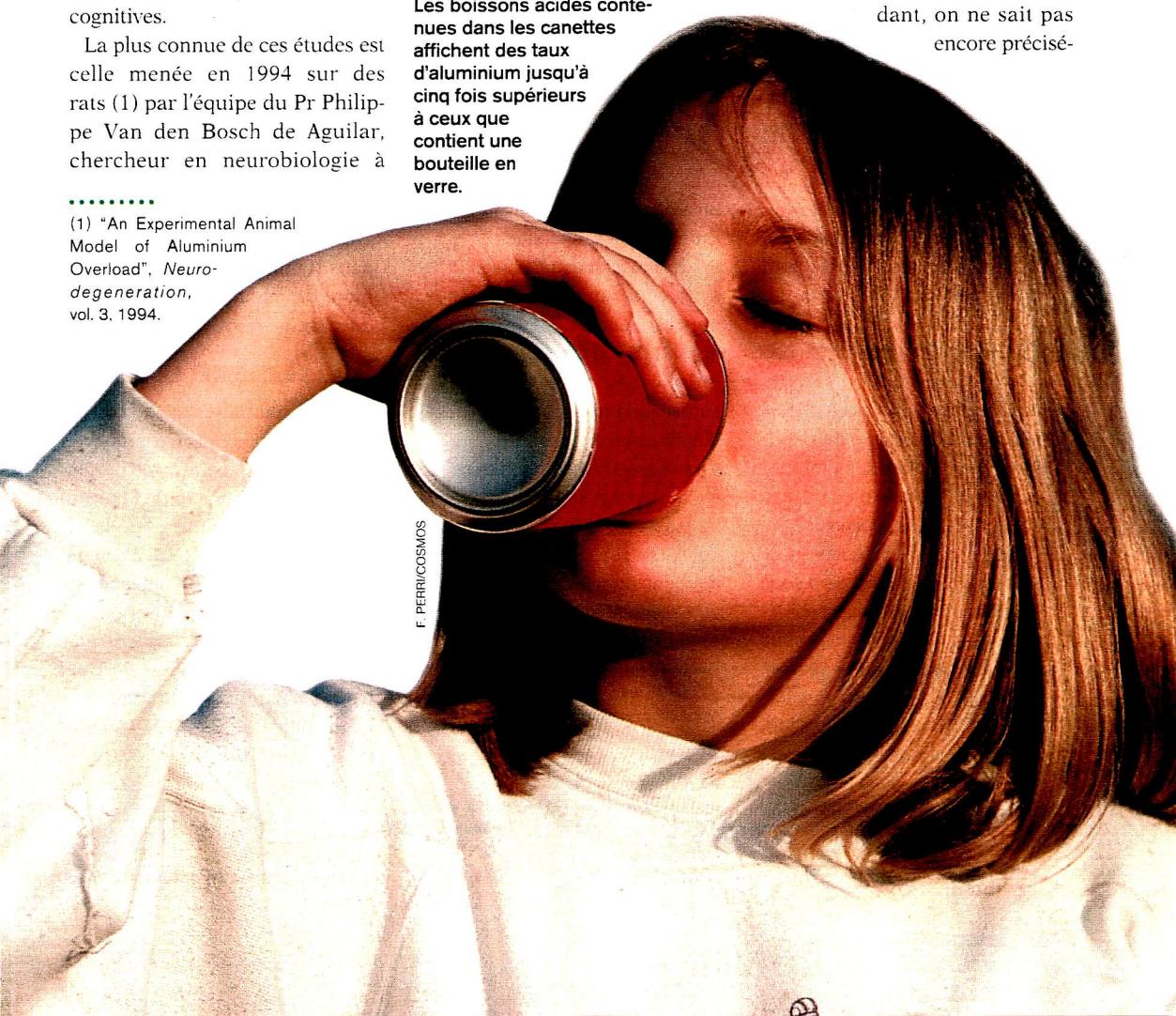
taient deux fois plus de temps pour retrouver leur chemin que leurs congénères non "chargés en aluminium". » L'autopsie des animaux a révélé que l'aluminium retrouvé dans le cerveau s'était fixé au niveau de l'hippocampe et du cortex, « zones cérébrales qui interviennent justement dans les processus de mémorisation et d'orientation ». Cependant, on ne sait pas encore précisément

Le verre est plus sûr

Les boissons acides contenues dans les canettes affichent des taux d'aluminium jusqu'à cinq fois supérieurs à ceux que contient une bouteille en verre.

.....
 (1) "An Experimental Animal Model of Aluminium Overload", *Neurodegeneration*, vol. 3, 1994.

F. PERRIER/COSMOS



ment comment l'aluminium parvient à franchir la membrane hémato-encéphalique qui protège le cerveau.

Suspect numéro 1 : la transferrine, une protéine qui circule dans le plasma sanguin pour distribuer le fer aux organes et notamment au cerveau. Tel un passager clandestin, l'aluminium s'y accrocherait. « Nous nous sommes aussi aperçus que la concentration d'aluminium dans le cerveau était plus importante chez les rats que nous avions volontairement "ca-

.....
(2) "Chronic Administration of Aluminium L-Glutamate in Young Mature Rats : Effects on Iron Levels and Lipidperoxidation in Selected Brain Areas", R. Deloncle et al., Centre d'étude et de recherche en xénobiologie de la faculté de Poitiers. *Toxicol Lett*, 1999.

rencés" en fer », souligne le Pr Van den Bosch. Certains acides aminés, comme le glutamate, sont également sur la sellette (2). Une chose est sûre : les difficultés cognitives observées chez les rats intoxiqués sont identiques à celles qui affectent les rats âgés. « Cela

niles de type Alzheimer (DSTA), il n'y a qu'un pas. D'autant que des autopsies cérébrales pratiquées sur des personnes atteintes de DSTA ont montré la présence d'aluminium sur les "plaques séniles", ces lésions qui caractérisent la maladie d'Alzheimer.

Certaines régions de France seraient plus exposées au risque de démence

pourrait signifier que l'accumulation d'aluminium dans le cerveau accélère le processus de vieillissement. »

De là à suspecter ce métal de jouer chez l'homme un rôle dans l'apparition de démences sé-

« Reste à savoir, reprend le Pr Van den Bosch, si l'aluminium est lui-même responsable de la formation de ces plaques ou s'il s'y dépose simplement parce que c'est un lieu d'accumulation propice, quitte à donner ensuite un coup de pouce au processus dégénératif. »

Quoi qu'il en soit, depuis la fin des années 80, un nombre croissant d'enquêtes épidémiologiques désignent

l'aluminium de l'eau du robinet comme facteur de risque dans l'apparition ou le développement de maladies dégénératives du système nerveux.

L'EAU DU ROBINET EN CAUSE

L'année dernière, lors de la sixième conférence internationale sur la maladie d'Alzheimer, deux chercheurs de l'unité 330 de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) ont dévoilé les résultats d'une enquête épidémiologique mettant en évidence une corrélation entre le risque de survenue d'une DSTA et le taux d'aluminium présent dans l'eau. Baptisée Paquid (3), l'étude, lancée huit ans plus tôt en partenariat avec le ministère de

urines, le sang et le cerveau. En 1990, déjà, une étude épidémiologique américaine (2) avait mis le feu aux poudres en détectant une corrélation positive entre le risque d'apparition de la maladie d'Alzheimer et l'utilisation prolongée d'antitranspirants.

« Il est essentiel de poursuivre les travaux sur le passage transcutané de l'aluminium et ses conséquences. Mais, faute d'argent, nos recherches sont actuellement au point mort », regrette le Pr Creppy.

.....
(1) "Bioaccumulation du chlorure d'aluminium soluble dans l'hippocampe après exposition cutanée chez la souris", R. Anane, M. Bonini, J.-M. Geraillie, E. Creppy, *Arch Toxicol*, 1995.
(2) "The Association between Aluminium-Containing Product and Alzheimer's Disease", Amy Borestein Graves et al., *J Clin Epidemiol*, vol. 43, 1990.

.....
(3) Équipe épidémiologique du vieillissement, Pr D. Commenges, Pr J.-F. Dartigues et al., université Bordeaux II-CHU de Bordeaux.

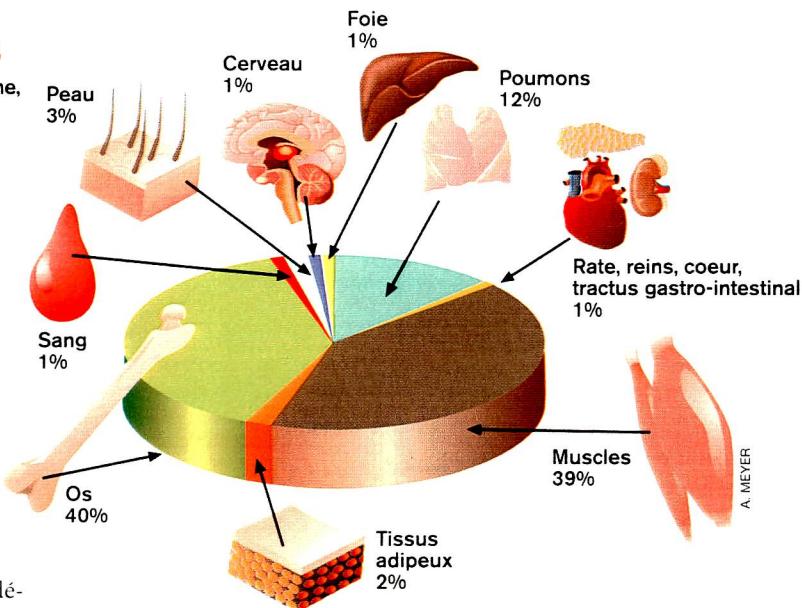


QUAND L'ALUMINIUM PASSE PAR LA PEAU

■ Les antitranspirants, ces déodorants qui limitent la sudation, renferment pour la plupart environ 20 % de chlorure d'aluminium. Récemment, l'équipe du Pr Edmond Creppy, chef du laboratoire de toxicologie et d'hygiène appliquée de la faculté de pharmacie de Bordeaux, a découvert, en testant ce type de produit sur des souris, que l'aluminium absorbé par la peau pénètre beaucoup plus facilement dans l'organisme que lorsqu'il est ingéré (1). Cette application de chlorure d'aluminium à de très faibles doses – c'est-à-dire de quarante à soixante-quinze fois inférieures aux teneurs trouvées habituellement dans l'eau de boisson en France – provoque une augmentation de la présence d'aluminium dans les

Les organes cibles

Une fois absorbé par l'organisme, l'aluminium va se fixer prioritairement dans les os et les muscles... Mais c'est surtout l'accumulation dans le cerveau, au niveau de l'hippocampe et du cortex (zones essentielles pour le processus de mémorisation et d'orientation), qui est aujourd'hui soupçonnée par les scientifiques de favoriser la survenue de maladies dégénératives du système nerveux.



l'Environnement, afin d'étudier les premiers signes de dépendance sénile de type Alzheimer, portait sur 3 411 individus de 65 ans et plus, domiciliés en Gironde et en Dordogne.

Il en ressortait que les habitants des communes où les teneurs de l'eau en aluminium sont supérieures à 100 µg/l courraient deux fois plus de risques de contracter une DSTA. « Sur 63 personnes exposées à plus de 100 µg/l dans quatre communes (situées principalement en Dordogne), 17 ont développé une dépendance, alors que, statistiquement, nous en attendions moins de 9 », commente

le Pr Jean-François Dartigues, qui a codirigé l'étude.

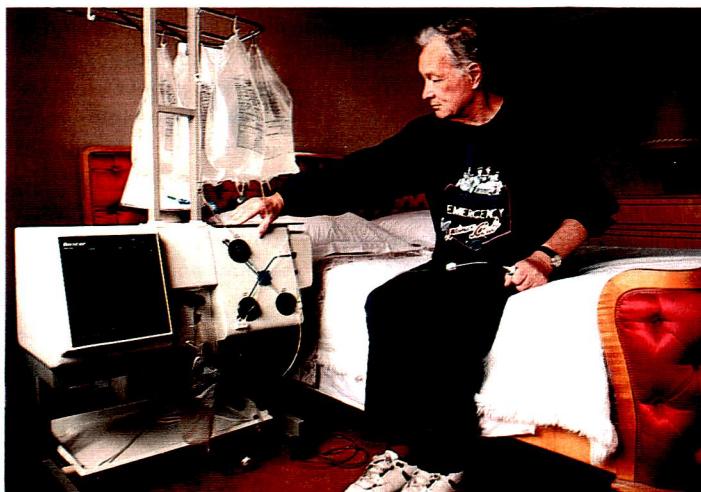
Au-delà de la teneur en aluminium, il apparaît également que le taux de silice (oxyde de silicium) contenu dans l'eau diminue notablement les risques de développer une dépendance. L'une des explications de ce constat, c'est que l'aluminium et le silice forment des complexes d'aluminosilicates dont la biodisponibilité, c'est-à-dire la capacité d'absorption par l'organisme, est plus faible.

A l'inverse, l'acidité (pH) de l'eau

semble être un facteur aggravant. Plus l'eau est acide, plus le risque de déficit cognitif augmente, du fait, cette fois, de la plus grande biodisponibilité de l'aluminium (voir schéma, p. 106). « L'acidité du milieu accroît la solubilité de l'aluminium, qui passe alors plus facilement la barrière intestinale pour se retrouver dans le plasma sanguin », explique le Dr Guy Berthon, directeur de recherches au laboratoire de chimie bio-inorganique médicale de Toulouse. Un sujet en tout cas sensible, puisque, en France, 300 000 personnes de plus de 65 ans sont atteintes de la maladie d'Alzheimer.

La "démence des dialysés"

Depuis l'épidémie d'encéphalopathies qui a frappé les hémodialysés dans les années 70, on sait que l'aluminium est neurotoxique à forte dose.



CONFIRMER LES SOUPÇONS

La divulgation de l'étude Paquid a d'ailleurs suscité un certain émoi au ministère de la Santé, qui s'est employé à en minimiser l'impact, insistant notamment sur le faible effectif de personnes suivies et sur un biais inhérent à toute enquête épidémiologique : "l'effet loupe", en l'occurrence la mise en évidence de dépendances sénielles qui, sans l'attention des chercheurs, seraient peut-être passées inaperçues. Pour en avoir le cœur net,

l'INSERM a commandé une nouvelle étude. « Nous allons suivre 500 personnes ayant passé au moins les dix dernières années dans quinze communes de Dordogne où la teneur de l'eau en aluminium dépasse 50 µg/l », indique le Pr Dartigues. Résultats prévus en l'an 2000.

Un délai qui s'explique en partie par les réticences de certains élus locaux, échaudés par la première étude, qui jetait la suspicion sur leur réseau d'eau potable. Et

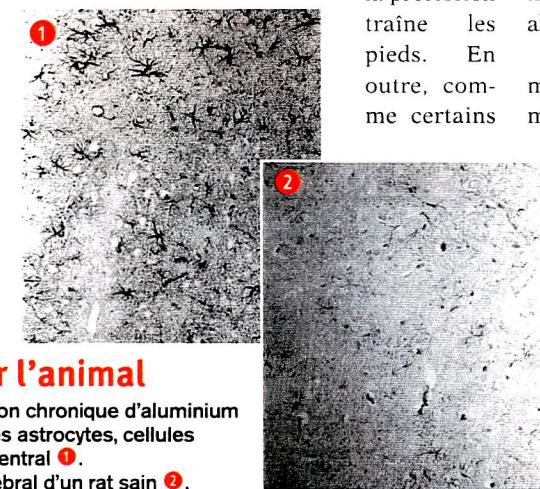
pour cause, une partie de l'aluminium qu'on trouve au sortir du robinet provient des sels d'aluminium ajoutés dans les stations d'assainissement de l'eau pour en éliminer les impuretés par flocculation.

PIQURES DE CORROSION

« Si les résultats de l'étude Paquid étaient confirmés, il faudrait impérativement revoir à la baisse la recommandation européenne, qui limite à 200 µg/l la teneur en aluminium de l'eau potable », prévient le toxicologue Michel Boisset, membre du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) et directeur du laboratoire de biolo-

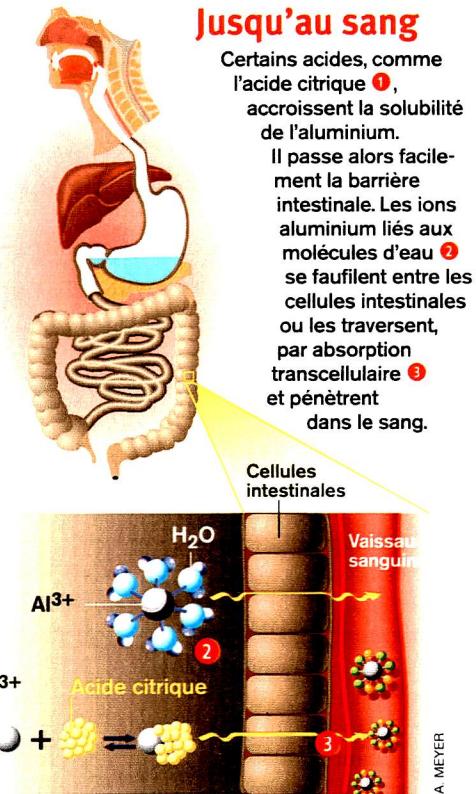
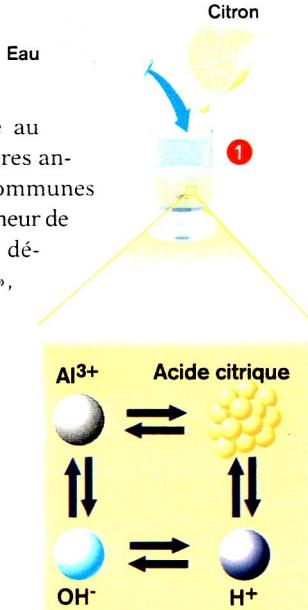
gie du Conservatoire national des arts et métiers. On peut même remplacer les sels d'aluminium par des sels de fer. C'est ce qu'a fait, dès 1978, la Ville de Paris pour permettre aux insuffisants rénaux d'effectuer sans risque des hémodialyses à domicile. Mais cette solution radicale augmente sensiblement le coût de traitement de l'eau. Ce qui explique sans doute pourquoi

la profession traîne les pieds. En outre, comme certains



La preuve par l'animal

Chez les rats, l'ingestion chronique d'aluminium entraîne la nécrose des astrocytes, cellules du système nerveux central ①. A droite, le cortex cérébral d'un rat sain ②.



A. MEYER

distributeurs aiment à le rappeler, l'aluminium confère à l'eau une coloration légèrement bleutée, très appréciée des consommateurs...

Mais, si l'aluminium dans l'eau du robinet est au banc des accusés, c'est surtout en raison de sa forte biodisponibilité, car l'eau potable ne représente paradoxalement qu'environ 5% de l'apport en aluminium que nous ingérons.

A l'état naturel, la plupart des aliments en contiennent généralement moins de 5 milligrammes par kilogramme (mg/kg). En tête, on trouve les coquillages et certains végétaux tels que le basilic, les épinards ou les lentilles. Le champion toutes catégories étant le thé, qui affiche des teneurs pouvant aller jusqu'à 2 g/kg.

En fait, l'essentiel de l'aluminium alimentaire est apporté par les colorants, raf-

fermissants et autres levants, à base de sel d'aluminium soluble, que contiennent par exemple les fruits confits et les préparations à base de blanc d'œuf. A partir d'analyses portant sur deux cents aliments, le département Environnement et Santé publique de la faculté de médecine de Nancy a calculé que l'apport moyen d'aluminium par semaine était de 30 mg/kg de poids corporel, soit environ 7% de la dose hebdomadaire tolérable fixée par l'OMS (4). Une estimation qui ne prend toutefois pas en compte les comportements à risques, tels que la surconsommation d'aliments enfermés dans des emballages en

(4) "Daily Intake of Essential Minerals and Metallic Micropollutants from Foods in France", *The Science of the Total Environment*, vol. 217, 1998.

aluminium. « Même si ces derniers sont recouverts d'un vernis de protection, des piqûres de corrosion peuvent apparaître au bout d'un certain temps et provoquer une migration des ions aluminium, surtout en présence d'un li-

teneurs augmentant en fonction de l'acidité du breuvage.

« Ce qui compte, ce n'est pas de dire : il y a tant de microgrammes d'aluminium par litre ou par kilogramme, mais de savoir si cet aluminium est susceptible d'être ab-

Paris a changé son eau pour permettre les hémodialyses à domicile

quide acide », précise le Dr Guy Berthon.

En 1992, une étude parue dans le *Medical Journal of Australia* révélait que certaines boissons en canette contenaient des valeurs moyennes en aluminium près de cinq fois supérieures à celles des mêmes boissons contenues dans des bouteilles en verre. Lesdites

sorbé par l'organisme. Or, la biodisponibilité de l'aluminium ingéré, qui varie habituellement de 0,01 à 1%, grimpe à 2% lorsqu'elle est activée par un petit pH comme l'acide citrique. » Un phénomène qui survient également lorsqu'on fait cuire des denrées acides dans des casseroles ou des barquettes en aluminium (voir encadré ci-contre).

ACIDITÉ, AUTOMÉDICATION ET TOXICITÉ

Mais, au palmarès de l'aluminium ingéré, la première place revient aux "antiacides". Ces médicaments employés pour soulager les brûlures d'estomac contiennent des sels d'aluminium qui neutralisent l'hyperacidité gastrique. « Les adeptes de ces médicaments absorbent quotidiennement des quantités d'aluminium de cinq à cent fois supérieures à celles que

contient leur alimentation », prévient Michel Boisset. Et cet usage se pratique sur de longues périodes, sans réel contrôle médical, puisque la majorité des pansements gastriques sont en vente libre. Fait aggravant : dans cette population, l'absorption dans l'organisme est favorisée par un pH gastrique acide et une muqueuse inflammée.

PAPILLOTES : PRUDENCE !

■ « La cuisson du poisson en papillote avec adjonction de citron libère, sous l'effet conjugué de la chaleur et de l'acide citrique, une grande quantité de citrate d'aluminium particulièrement soluble dans l'organisme », indique Daniel Burnel, qui dirige le laboratoire de chimie de la faculté de médecine de Nancy. De 2 à 4 % de l'aluminium que nous ingérons, provient d'une contamination des aliments par contact. Mais cet apport intempestif peut grimper en flèche si l'on n'y prend garde. C'est-à-dire si l'on cuît régulièrement des aliments fortement acides – tomate, rhubarbe, choux... – dans des casseroles ou des barquettes en aluminium. Une étude publiée en novembre 1993 par la revue américaine *New Scientist*, portant sur 416

personnes de plus de 65 ans, indiquait que celles qui cuisinaient quotidiennement dans des casseroles en aluminium courraient deux fois plus de risques de fractures de la hanche ou du col du fémur, du fait d'une déminéralisation des os. Un phénomène déjà observé, dans les années 70, chez les hémodialysés intoxiqués à l'aluminium.



En 1986, une étude clinique (5) consacrée aux antiacides a montré une corrélation entre l'usage de pansements gastriques et la présence d'aluminium à des niveaux élevés dans le cerveau. En mai 1998, une revue américaine de pédiatrie relatait le décès d'une fillette de 9 ans à la suite d'une dégénérescence cérébrale. Durant sa grossesse, sa mère avait consommé près de soixante-quinze comprimés d'antiacides par jour, soit environ 15 g d'hydroxyde d'aluminium!

A 9 ans, le cerveau de l'enfant pesait 650 g, deux fois moins que la normale. Un fait troublant à mettre en relation avec les récents travaux du laboratoire de toxicologie et d'hygiène appliquée de la faculté de pharmacie de Bordeaux, qui montrent que, chez des souris, l'aluminium passait la barrière placentaire et s'accumulait dans le fœtus.

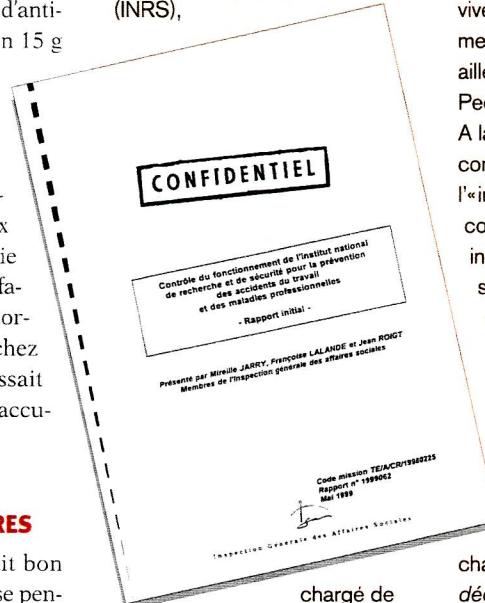
PRISE DE CONSCIENCE DES AUTORITÉS SANITAIRES

Quoique qu'il en soit, il serait bon que les autorités sanitaires se penchent sérieusement sur le dossier. Depuis octobre 1998, le ministère de la Santé est en possession d'une note consacrée aux risques liés à la présence d'aluminium dans les aliments et les boissons qui pointe ses éventuelles implications dans certaines maladies : « Tout un faisceau de données expérimentales plaide en faveur d'une intervention de l'aluminium dans le développement des lésions cérébrales caractéristiques des maladies dégénératives du système nerveux comme la démence sénile d'Alzheimer, même si l'on ne connaît pas l'importance spécifique de ce facteur par rapport aux facteurs génétiques, nutritionnels

(5) "Aluminum in Antacids Shown to Accumulate in Brain and Bone Tissue". H. C. Dollinger et al., *Gastroenterol Obs*, 1986.

EXPOSITION PROFESSIONNELLE : LE RAPPORT QUI DÉRANGE

■ «A contrôler. Attention compte tenu de l'enjeu : Alzheimer et aluminium.» L'annotation est celle du directeur adjoint des recherches de l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS),



chargé de prévenir et de détecter les maladies professionnelles pour le compte de la Sécurité sociale. Elle figure sur un pré-rapport, remis fin 1997, qui présente les résultats d'une étude

épidémiologique de mortalité menée sur 6 455 salariés d'une usine de fabrication et de transformation de l'aluminium appartenant au groupe Pechiney.

Il y est notamment signalé un « excès non significatif de décès par états psychotiques et

dégénérescences cérébrales ». Soit six cas dont trois Alzheimer. En avril 1998, alors qu'il présente ses conclusions à la commission scientifique et technique de l'INRS, l'auteur du rapport est vivement pris à partie par l'un des membres de la commission, par ailleurs médecin-conseil de Pechiney.

A la suite de cette intervention, la commission, arguant de l'« imprécision des données » concernant les cas de démence, indique qu'« il ne paraît pas souhaitable de poursuivre cette enquête ». Les passages en question seront supprimés du rapport final...

Cette « censure » a fait l'objet d'un rapport de l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS), qui épingle l'INRS dans un chapitre intitulé *« Une pratique peu déontologique dans l'affaire de l'aluminium »*. Interrogée, la direction de la communication du groupe Pechiney se refuse à tout commentaire, « tant que le rapport de l'IGAS n'est pas rendu public ». Pourtant, des études scientifiques menées aux Etats-Unis sur des sites de production d'aluminium ont déjà conclu que ce métal, inhalé sous forme de poussières, accroît le risque de dégénérescence cérébrale. La question mériterait au moins d'être étudiée sereinement.

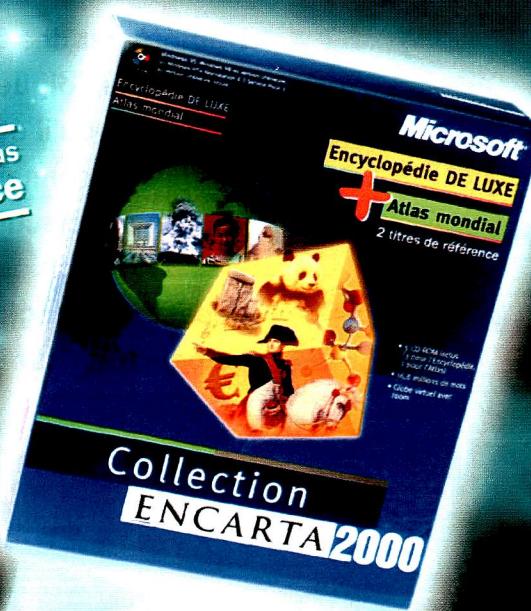
ou immunologiques ou son éventuelle action synergique. »

S'appuyant sur cette note, le CSHPF a demandé que soit menée une expertise collective prenant en compte les diverses sources de

contamination potentielle en aluminium. En attendant, sans tomber dans la psychose, il serait sans doute prudent d'user plus raisonnablement d'un métal qu'on a eu trop tendance à banaliser.

2000 ans de connaissance enfin en vente libre !

L'Encyclopédie et l'Atlas multimédias
les plus vendus* en France



* Source GFK. Cumul des ventes de toutes les éditions françaises de l'Encyclopédie et de l'Atlas mondial Encarta, d'octobre 96 à septembre 99.

COLLECTION ENCARTA 2000 : DISPONIBLE DÈS MAINTENANT !

Plongez-vous dans l'histoire du monde et dans l'actualité grâce à l'encyclopédie multimédia Encarta... Laissez-vous emporter dans un tour du monde virtuel avec l'Atlas mondial ! Réunis dans un coffret "Collection Encarta 2000", voici 2 titres de référence incontournables.

La nouvelle fonction de recherche vous fait découvrir facilement une richesse étonnante :

- des milliers d'articles encyclopédiques approfondis, écrits par plus de 700 auteurs français et européens.
- plus de 20 000 médias (photos, vidéos, animations interactives, vues panoramiques, visites des plus beaux sites du monde...) dont 2 600 extraits sonores.

- un globe virtuel avec zoom et un nombre de cartes quasi-infini.
- un guide scolaire inédit pour lier ces connaissances aux programmes des lycées et collèges.

Avec en plus des conseils pour les dossiers et exposés, des cartes personnalisables, des statistiques comparables par pays... la Collection Encarta répond à tous les besoins et à toutes les questions !

L'Encyclopédie et l'Atlas mondial sont également vendus séparément.

Vous possédez déjà une édition de l'un de ces produits ? Alors profitez dès maintenant des conditions exceptionnelles qui vous sont réservées à l'occasion de la sortie des éditions 2000 (détail des offres en magasin).



1 logiciel
de la gamme

Encarta acheté

= 1 logiciel offert*

2 produits Microsoft achetés = 3 logiciels offerts*

* frais de participation : 35 F pour 1 logiciel - 70 F pour 3 logiciels, détail des offres en magasin.

Microsoft



Le fleuve

Dompté par des barrages, corseté entre des digues, le fleuve Sénegal n'est plus ce qu'il était. Son cours capricieux ne connaît plus les crues et les décrues spectaculaires qui faisaient la richesse de son estuaire. Alarmés par ce désastre écologique, les experts internationaux se penchent sur le lit du fleuve moribond.



trop tranquille

C'est un paysage étrange, comme si le monde s'était divisé en deux parties. L'une salée, noire, morte; l'autre trop douce et trop verte pour être honnête. Le fleuve Sénégal serpente vers son embouchure, trente kilomètres plus bas, mais on ne le voit pas. Ses rives sont envahies de roseaux immenses, les typhas. Derrière la digue qui enser-

re le fleuve, rien ne pousse. Le sol est poussiéreux, dur comme du béton. Les seuls troncs d'arbres visibles sont comme calcinés. Ici s'étend le parc du Diawling. Et c'est un spectacle de catastrophe écologique qui s'offre au visiteur.

Les barrages ont dramatiquement altéré le Sud de la Mauritanie. Un cas d'école; le Sénégal devrait être l'un des premiers fleuves étudiés par la nouvelle Commissi-

sion mondiale des barrages (voir l'encadré page suivante).

Olivier Hamerlinck hoche la tête. Lui qui se définit comme un «pessimiste actif» prend un coup au moral quand il contemple les conséquences du barrage de Dia- ma, qui jouxte le parc du Diaw- ling. A la fin des années 80, en à



Une région sinistrée

Le long des rives du fleuve Sénégal, le parc national du Diawling se dessèche, brûlé par les remontées de sel. En mettant fin aux grandes crues de la saison des pluies, les barrages ont sinistré la région. La réhabilitation du milieu naturel sera très longue.

LES GRANDS BARRAGES PASSERONT-ILS?

■ C'est une commission discrète qui s'est réunie l'hiver dernier au Cap, en Afrique du Sud. Mais aménageurs, associations de lutte pour les droits de l'homme et organisations de défense de l'environnement du monde entier en espèrent beaucoup. La Commission mondiale pour les barrages (CMB) œuvre pour l'un des enjeux les plus importants du xx^e siècle : la gestion partagée de l'eau. Il existe plus de 40 000 barrages dont la hauteur dépasse 15 m. Depuis celui de Hoover – 221 m de haut –, inauguré en 1935 aux Etats-Unis, plus de 300 ont atteint cette hauteur. Record du monde : les 300 m du barrage de Nurek, au Tadjikistan. 35 000 barrages ont été construits depuis 1950, et la Commission internationale des grands barrages, qui regroupe les industriels du secteur, a répertorié 30 000 sites qui pourraient être aménagés – presque tous situés dans les pays en voie de développement, confrontés à l'accroissement de leur population et à la diminution des ressources en eau. Sur le seul sous-continent indien, on recense près de 300 projets pour l'irrigation. Les bénéfices attendus ont toujours occulté les possibles inconvénients. Barrage était synonyme de développement. Mais, depuis une vingtaine d'années, cet axiome est remis en question. De nombreux ouvrages n'ont pas apporté les avantages espérés, et leurs conséquences sociales et environnementales ont parfois pris des allures de catastrophe. Les projets rencontrent l'opposition croissante de puissantes organisations non

gouvernementales (ONG) internationales et des riverains sommés d'abandonner leurs terres et leurs villages. Le principal bailleur de fonds des pays en voie de développement, la Banque mondiale, a, dans un premier temps, minimisé ces oppositions. Elle a viré de bord au début des années 90, devant l'échec patent de certains aménagements, qui n'atteignaient pas les objectifs de production électrique ou d'irrigation. Le conflit autour des barrages de la Narmada constitue un tournant dans la politique de la Banque mondiale. Le Sardar Sarovar devait barrer cette rivière indienne de l'Etat du Maharashtra, au prix du déplacement de centaines de milliers de personnes. Les protestations des riverains ont été si violentes que la Banque mondiale a mandaté, en 1992, une commission indépendante pour évaluer ce projet, auquel elle avait accordé 450 millions de dollars. Conclusion des inspecteurs : « Il serait plus sage que la Banque mondiale prenne du recul vis-à-vis du projet et le considère à nouveau. Nous pensons en effet que le projet Sardar Sarovar comporte des vices de forme. La réinstallation et la réinsertion des personnes déplacées sont impossibles dans les circonstances actuelles. Les impacts sur l'environnement n'ont pas fait l'objet d'études approfondies et appropriées. » Pour la première fois, la Banque mondiale a alors suspendu un prêt pour un ouvrage hydraulique (1). En 1995, sous l'impulsion de son nouveau président, James Wolfensohn, la Banque s'est

dotée d'un département environnement. Les anciennes études d'impact ne considéraient comme inacceptables que 10 % des projets. Avec les nouvelles exigences environnementales, 26 % des projets sont jugés inacceptables, 26 %, acceptables en l'état, et 48 % doivent faire l'objet d'études approfondies. Pour renouer le dialogue entre les intervenants, un séminaire de deux jours a eu lieu en avril 1997, au siège de l'Union nationale de conservation de la nature (UICN), à Gland (Suisse). S'y sont retrouvés pour la première fois des industriels, comme le français EDF, le pétrolier Total Energy ou le suédois ABB, le Mouvement des victimes des barrages du Brésil, l'ONG américaine International Rivers Network, des aménageurs comme le Volta River Authority ou la Nam Theun 2 Electricity Consortium du Laos, le ministère chinois des Ressources aquatiques, etc. C'est de cette réunion qu'est née la Commission mondiale pour les barrages. Sa présidence a été confiée à Kader Asmal, ministre de l'Eau et des Forêts d'Afrique du Sud. La Commission étudie actuellement les impacts environnementaux de sept barrages en Thaïlande, au Brésil, en Norvège, au Pakistan, en Turquie et aux Etats-Unis. Chaque étude est subordonnée à l'aval du gouvernement local. Voilà pourquoi, malgré l'ampleur des dégâts, le fleuve Sénégal n'a pas droit à l'œil inquisiteur de la Commission...

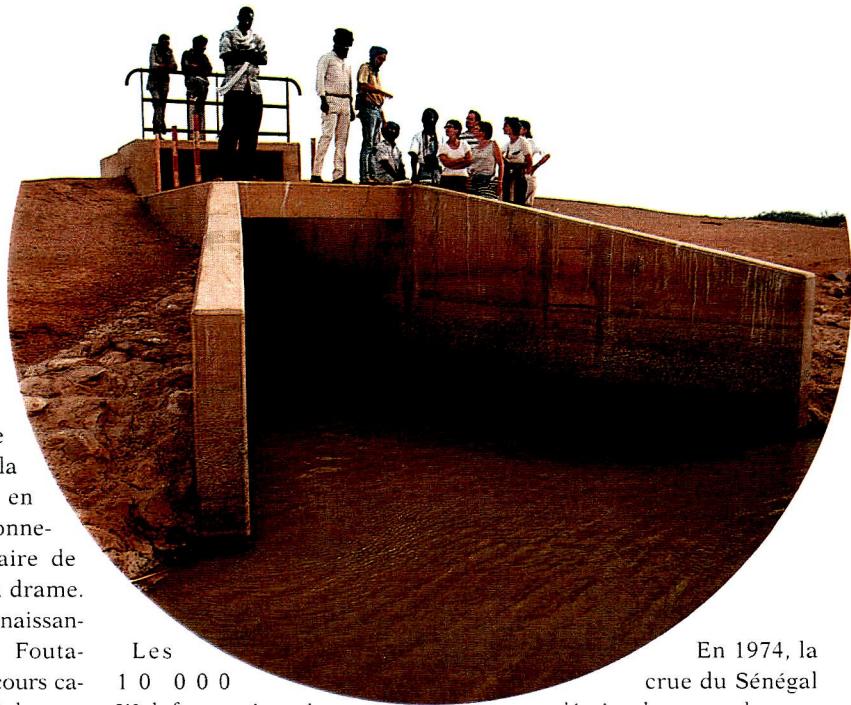
(1) Ce barrage est encore en cours de construction et provoque toujours autant d'opposition.

peine deux saisons des pluies, les pâturages ont grillé, les forêts de gonakiés (*Acacia nilotica*) ont disparu, les animaux sont morts, les hommes se sont exilés en ville.

RÉSUMÉ D'UN DRAME

L'expert en hydrologie de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) résume en quelques mots le fonctionnement de l'unique estuaire de l'Ouest africain – et son drame. Le fleuve Sénégal prend naissance dans le bassin du Fouta-Djalon, en Guinée. Son cours capricieux tourne le dos à la mer pour arroser le Sud du Mali et servir de frontière entre la Mauritanie et le Sénégal. Avant les barrages, le fleuve était tempétueux à la saison des pluies mais ne s'écoulait plus à la saison sèche, stagnant en d'immenses mares. De juillet à octobre, la crue était spectaculaire. Ainsi, en 1967, trente-cinq milliards de mètres cubes d'eau ont envahi le cours inférieur du fleuve. Des dizaines de milliers d'hectares étaient noyés sous deux mètres d'eau. A la fin de la crue, un immense lac s'étendait sur le delta. Intervenait alors une lente décrue qui se terminait en février-mars.

Le bas-delta était d'une richesse extrême. Les poissons d'eau douce venaient s'y reproduire. Puis, au fur et à mesure de la décrue, le sel des nappes souterraines marines de l'Atlantique remontait. Les eaux devenaient saumâtres, et c'était au tour des poissons de mer – mullets, eutmaloses, bars – de fréquenter l'endroit. Le frai était évidemment suivi par les oiseaux. Hérons, spatules, pélicans, cormorans, canards, cigognes, flamants se succédaient selon le degré de salinité.



Les 10 000 Wolofs qui vivaient alors sur l'estuaire suivaient le niveau des flots, se faisant alternativement éleveurs et agriculteurs. La pêche se pratiquait dès le début de la crue. Les troupeaux suivaient ensuite le recul des eaux, qui laissait l'herbe pousser en abondance. Les terres étaient cultivées en bordure des zones encore inondées. A la saison sèche, les hommes récoltaient le sporobolus, une herbe résistante qui sert aux femmes pour tresser des tapis en nattes.

En 1974, la crue du Sénégal n'était plus que de sept milliards de mètres cubes.

UN PROGRAMME AMBITIEUX

Les pays riverains ont décidé de réagir. Il fallait préserver cette eau qui devenait de plus en plus rare. A la fin des années 70, l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS) est créée. L'OMVS regroupe le Mali, le Sénégal et la Mauritanie. Elle est soutenue par les bailleurs de fonds internationaux dont la Banque mondiale. Un programme ambi-

IEn quelques années, les précipitations ont diminué d'un quart

Cette société n'a pas résisté au changement climatique majeur qui dure depuis le début des années 70. En quelques années, a calculé l'Institut de recherche pour le développement (IRD), les précipitations en Afrique de l'Ouest ont diminué d'un quart. Quelques bassins connaissent même certaines années un déficit de 50 %. Le cours des fleuves en a été gravement affecté.

tieux est mis en place, qui combine la production d'énergie, le maintien des cours pour la navigation sur le fleuve et l'irrigation.

Au cours des années 80, deux barrages sont construits. A Manantali, au Mali, l'ouvrage est destiné à l'écrêtage des crues et à la production d'électricité. Pour le Mali, il s'agit de renforcer les moyens de communication de Kayes, sa capitale économique, et

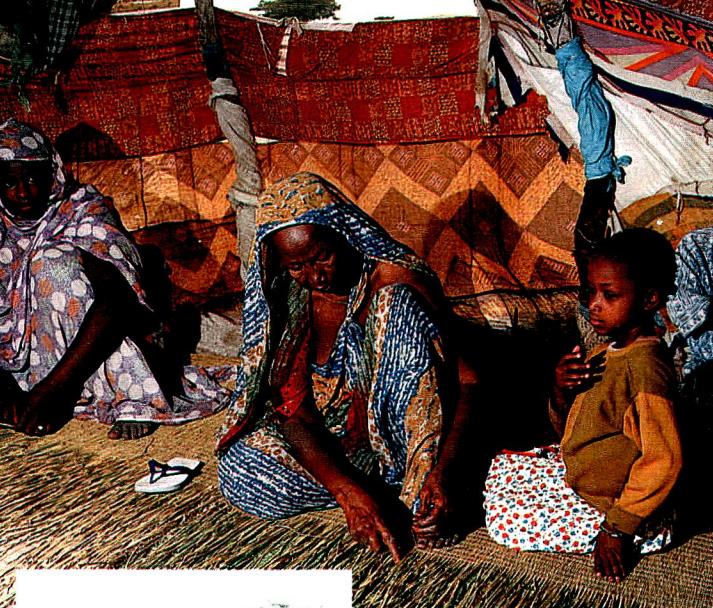
de posséder enfin une ressource énergétique. Le barrage a été terminé au début des années 90, mais la production d'électricité n'a pas encore commencé.

A Diamma, près du Diawling, c'est un barrage anti-sel qui a été mis en service en 1986. Il s'agissait en effet d'empêcher les remontées des flots salés maritimes, provoquées par la baisse du débit d'eau douce du fleuve. Le cours du Sénégal est enserré par des digues pour libérer des terrains destinés à la riziculture, car Mauritanie et Sénégal veulent promouvoir une production locale. Les pays riverains se retrouvent ainsi avec un immense réservoir bien étanche.

CONSÉQUENCES IMPRÉVUES

Mais l'endiguement de l'eau douce a eu des conséquences imprévues. D'abord, les typhas ont proliférés, et, dans les eaux stagnantes, les insectes vecteurs de maladies se sont multipliés.

Le riz importé d'Asie du Sud-Est reste moins cher que celui



Regain de vie

Avec le retour des crues, le sporobolus pousse à nouveau (ci-contre) dans le parc du Diawling, et les femmes peuvent recommencer à tresser des nattes de sol.

qu'il inonde suivant la masse d'eau disponible. A chaque fois, le volume restitué au milieu fait l'objet d'après négociations avec l'OMVS. Deux logiques – l'une environnementale, l'autre économique – s'affrontent.

FRAGILE RETOUR

Les études se succèdent. La dernière en date, réalisée par l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM), plaide pour une remise en cause des aménagements du fleuve, douloureuse pour les gouvernements des trois pays de l'OMVS.

Olivier Hamerlinck a aujourd'hui l'immense joie de constater que le milieu se restaure très vite. Les bassins inondés retrouvent les oiseaux et les poissons, le sporobolus revient en force, les gonakiés recolonisent le delta. La nature revient lentement, mais tout reste fragile, suspendu à la bonne volonté des gestionnaires des barrages.

Tout reste suspendu à la bonne volonté des gestionnaires des barrages

produit dans le pays. Pour les riziculteurs locaux, il est donc devenu très difficile de rembourser les emprunts nécessaires à une culture intensive. Des terres cultivables sont aujourd'hui abandonnées. Enfin, la masse d'eau fluviale pèse de tout son poids sur un sol où se trouve, à quelques mètres de profondeur, une nappe

pouvait l'être, l'Etat mauritanien a appelé l'UICN à l'aide. Olivier Hamerlinck a demandé et obtenu qu'on rétablisse le régime des crues. Depuis 1994, en juillet, on procède à des lâchers d'eau grâce à des écluses creusées dans la digue du fleuve. Parce que l'eau lui est comptée, Olivier Hamerlinck a découpé le parc en trois bassins

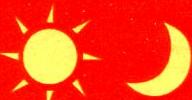
Vous trouvez normal de perdre le jour les économies que vous faites le soir ?

Nous, non.

Exceptionnel

1 heure
de communication
offerte*

Jusqu'au 15 décembre



7j/7 - 24 H/24 H

Tarif réduit

38 cts/mn TTC

partout en France

Vous proposer un tarif réduit à certaines heures pour vous facturer plus cher le reste du temps, ça ne ressemble pas à des économies. C'est pourquoi Tele2 a créé son tarif unique. Grâce à lui, vous téléphonez moins cher et en toute liberté, 24 heures sur 24, 7 jours sur 7. Pour bénéficier de ce tarif réduit sur vos appels nationaux, rien de plus simple : vous n'avez pas d'abonnement, pas de frais de dossier, pas de frais fixe, pas d'engagement. Vous ne changez ni de téléphone ni de fax, vous remplacez juste le 0 par le 4 et vous êtes facturés à la seconde près au delà de la durée initiale. Alors maintenant, pour téléphoner moins cher et faire de réelles économies, commencez donc par un appel gratuit.

Inscrivez-vous gratuitement au **0800 44 04 04**

3615 TELE2FRANCE (2,23 F/mn) - Internet www.tele2.fr

.TELE2.

Pourquoi continuer à payer trop cher

Pour tout appel en dehors de votre département, hors mobiles et numéros spéciaux ou courts et hors DOM-TOM.

Les départements 75 - 92 - 93 - 94 sont considérés comme un seul département de même pour la Corse (2A-2B). Se référer aux conditions de l'offre. Offre soumise à conditions.

Au delà de la durée initiale. Un minimum de 60 centimes TTC est perçu sur chaque appel, correspondant à une durée initiale de 60 secondes de communication.

* 1 heure gratuite équivalant à la valeur d'une heure de communication ininterrompue en national. Offre non remboursable et non cumulable.



L'énigme du

Le célèbre masque d'Agamemnon, mis au jour à Mycènes par Schliemann, est le grand

absent de l'exposition "L'Europe au temps d'Ulysse", au Grand Palais, à Paris : les autorités grecques refusent de le prêter.

Il est vrai que de lourds soupçons pèsent sur son authenticité...

Coup de tonnerre dans le milieu de l'archéologie ! Trois spécialistes américains de renom, William Calder, David Traill et Kenneth Lapatin, viennent de remettre en question l'authenticité du masque dit d'Agamemnon. Une bombe qui a mis le monde des savants en émoi, car ce masque n'est pas le premier objet de collection venu. Il est au musée national d'archéologie d'Athènes ce qu'est la Joconde au musée du Louvre, à Paris : un joyau auxquels les Grecs tiennent comme à la prunelle de leurs yeux.

«UN OBJET EMBLÉMATIQUE»

A preuve, ils ont refusé de le prêter pour l'exposition "L'Europe au temps d'Ulysse : dieux et héros de l'âge du bronze", qui se tient jusqu'au 10 janvier prochain au Grand Palais, à Paris. Raison in-

voquée par le ministère de la Culture grec : «Il s'agit d'un objet emblématique de l'art mycénien. Il n'est pas question de s'en dessaisir, ne serait-ce que le temps d'une exposition.» Mais que les visiteurs se rassurent, ils pour-



PHOTOS AKG PARIS

masque d'or

Il garde le silence

Ce masque en or, dit d'Agamemnon, découvert en 1876

à Mycènes par Heinrich

Schliemann (en médaillon),

serait un faux, selon des spécialistes américains.

Une simple expertise permettrait de vérifier l'authenticité de l'objet, daté du xvi^e av. J.-C., mais les autorités grecques s'y refusent.

Ici, l'un des neuf tombeaux collectifs à coupole situés à l'extérieur de l'enceinte, baptisé "trésor d'Atreïe".

ront satisfaire leur curiosité avec 234 autres objets, des plus curieux aux plus précieux; par exemple, une splendide statuette en argile d'un homme armé, mise au jour en Crète et datant du XIX^e-XVIII^e siècle avant notre ère.

C'est dans le numéro de juillet-août 1999 d'*Archaeology*, prestigieuse revue éditée par l'institut archéologique d'Amérique, que le "scoop" a été publié.

ROI DE DEUX VILLES

Pour comprendre l'importance du masque dit d'Agamemnon, une plongée dans le passé s'impose. La précieuse documentation que le Musée d'archéologie méditerranéenne (Marseille) a bien voulu nous fournir permet de s'en faire une idée. On sait par les historiens qu'Agamemnon est un personnage légendaire de la Grèce antique, qui était roi de deux villes du Péloponnèse : Mycènes et Argos. On sait également qu'il épousa Clytemnestre, sœur d'Hélène. On apprend enfin – et c'est ce qui nous intéresse vraiment – qu'il était le chef suprême de la coalition grecque contre Troie. Les Grecs en sortirent vainqueurs grâce à une ruse restée fameuse dans les annales de la guerre, celle du cheval de Troie.

Avec Agamemnon, on se trouve

J. HOSAIG PARIS



Dans le cercle de tombes

C'est dans les ruines de Mycènes, à l'intérieur du fameux cercle de tombes, formé par une double rangée de dalles dressées, que Schliemann a découvert la sépulture qui aurait contenu le masque dit d'Agamemnon.

liennes et crétoises qui constituent presque entièrement le panthéon grec que nous connaissons.

Entrons dans le vif du sujet. Au XIX^e siècle, l'homme d'affaires allemand Heinrich Schliemann (1822-1890), reconvertis en archéologue amateur (1), s'avise que tous les événements racontés

description faite par l'illustre poète. Il ne s'était pas trompé.

Les fouilles, qui s'étaleront de 1871 à 1873, aboutiront à la découverte des ruines de Troie. D'abord datées du XII^e siècle, puis du XIII^e siècle avant notre ère, elles remonteraient en fait au XIV^e siècle, d'après des fouilles récentes, effectuées par des archéologues grecs et allemands. Dans les ruines, Schliemann croit reconnaître le palais de Priam décrit par Homère et y découvre un fabuleux lot de bijoux en or : un trésor qu'il attribue, sans preuves, à Priam.

Puis Schliemann s'attache à fouiller les ruines de Mycènes. Usant de la méthode qui lui a réussi pour la découverte des ruines de Troie, il se plonge, à nouveau, dans les classiques. Cette fois, ce n'est plus Homère qui lui sert de fil conducteur. C'est le géographe grec Pausanias, qui, au

L'homme d'affaires croit reconnaître le palais de Priam décrit par Homère

au cœur de la civilisation mycénienne, laquelle couvre toute la période du bronze récent (de - 1600 à - 1100 av. J.-C.). Une civilisation qui a surtout affirmé son originalité aux XIV^e et XIII^e siècles avant notre ère, grâce à l'introduction, dans le domaine religieux, des divinités indo-européennes et par la fusion d'autres divinités avec des divinités anato-

dans les livres classiques sont non pas des légendes, mais des histoires vraies. Persuadé que la guerre de Troie a vraiment eu lieu, il se plonge dans Homère. *Euréka !* Lors d'un voyage en Turquie, il constate que la colline d'Hissarlik répond tout à fait à la

.....

(1) Pour en savoir plus sur Heinrich Schliemann, voir *Science & Vie* n° 943, p. 106.



s'intéresser surtout aux monuments funéraires royaux. Mais où chercher ? Le site, tel qu'il se présente aux archéologues, est une colline d'une cinquantaine de mètres, ceinturée d'une formidable enceinte de forme triangulaire s'élevant jusqu'à 17 m de hauteur et d'une épaisseur moyenne de 6 m. Entre deux bastions de cette enceinte s'ouvre la célèbre porte des Lions, ainsi baptisée parce que deux fauves surmontent son linteau.

A l'époque, tous les archéologues estiment qu'il faut chercher les sépultures à l'extérieur de l'enceinte de la citadelle, et non à l'intérieur, car c'est là qu'elles se situent d'habitude. Or, Schliemann comprend très vite que les tombes, que Pausanias avait vues à l'extérieur du mur d'enceinte circulaire, se sont retrouvées à l'intérieur à la suite de l'extension de cette muraille.

En 1876, Schliemann entreprend donc les fouilles à l'intérieur de la citadelle, près de la porte des Lions. Il ne tarde pas à mettre au jour, au sein d'un cercle délimité par une double rangée de dalles dressées, six tombes disséminées irrégulièrement

(numérotées de I à VI par les archéologues). Les stèles sont, pour la



Les bricolages d'un amateur

Réputé pour ses méthodes peu rigoureuses, Schliemann "bricolait" pour sa femme Sophie des bijoux composés d'éléments de diverses époques, au grand dam des archéologues...

AKG PARIS

plupart, ornées de motifs d'animaux, de scènes militaires ou de chasse. Cependant, sur aucune d'elles n'est gravé un nom ou un portrait permettant d'individualiser un personnage. Quant au mobilier funéraire, il se compose de diadèmes, de pendants d'oreille, de bracelets, de vases, d'épées, mais surtout de masques en or qui recouvrent le visage des hommes. Dans la tombe V, Schliemann trouve le plus beau d'entre eux et l'attribue arbitrairement à Agamemnon.

FAUX OU PASTICHE ?

Pourquoi lui ? Parce que Schliemann croit dur comme fer avoir mis la main sur la tombe de ce roi légendaire. Prenant ses désirs pour des réalités, il télégraphie aussitôt au roi de Grèce, Georges I^e : « C'est avec une grande joie que j'annonce à Votre Majesté que j'ai découvert les tombes d'Agamemnon, de Cassandre, d'Eurymédia et de leurs camarades, tous tués pendant le repas par Clytemnestre et son amant Egisthe. »

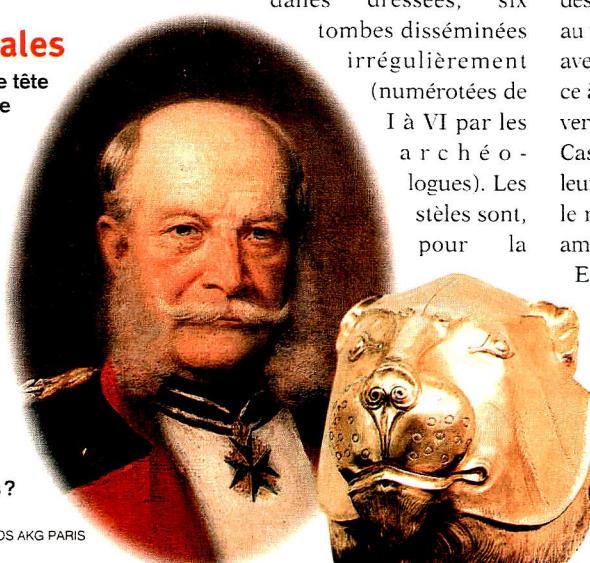
En fait, Schliemann s'était trompé. Les méthodes de datation les plus précises ont démontré que les tombes datent du XV^e siècle avant notre ère. Or, la guerre de Troie, à laquelle participa Agamemnon, a eu lieu au

II^e siècle de notre ère, visita la Grèce, l'Italie et une partie de l'Orient. Heureusement pour Schliemann, seuls les textes traitant de la Grèce ont survécu au temps. Soit dix livres, ayant pour titre général *Description de la Grèce*, qui fournissent une mine de renseignements sur la topographie, les monuments, les croyances et les mythes du pays.

Le vers d'Homère « Mycènes riche en or » pousse Schliemann à

Barbes royales

La crinière de cette tête de lion mycénienne rappelle la barbe et la moustache du masque dit d'Agamemnon. Ces attributs, symboles du chef, portés par l'empereur d'Allemagne, Guillaume I^e, ont-ils été ajoutés au masque par Schliemann pour faire croire que c'était celui du roi de Mycènes ?



PHOTOS AKG PARIS

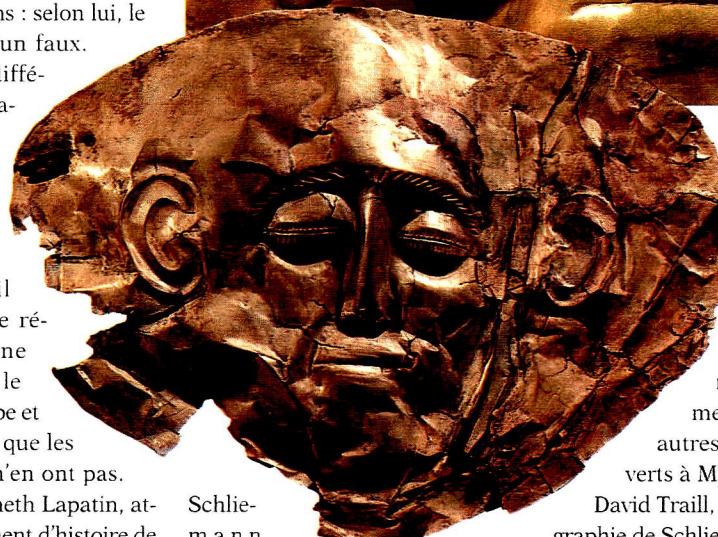
XIV^e siècle avant notre ère, soit deux siècles plus tard. Aujourd'hui, il n'est pas un archéologue pour contester ce fait. Autrement dit, le masque ne peut être celui d'Agamemnon. Cependant, il a continué de porter le nom que Schliemann lui a attribué. Et il est précieusement conservé au musée national d'archéologie d'Athènes.

Dans *Archaeology*, les chercheurs américains contestent sans ambiguïté son authenticité. Le premier, William Calder, qui enseigne le grec et le latin à l'université de l'Illinois (Etats-Unis), n'y va pas par quatre chemins : selon lui, le masque n'est qu'un faux.

Frappé par les différences de façonnage entre le masque dit d'Agamemnon et les quatre autres masques, il en conclut qu'il s'agit d'une copie récente. Il s'étonne également que le masque porte barbe et moustache, alors que les autres masques n'en ont pas.

De son côté, Kenneth Lapatin, attaché au département d'histoire de l'art de l'université de Boston, est moins catégorique. Il n'exclut pas que Schliemann ait pu retravailler le masque après sa découverte. Il s'agirait donc non pas d'un faux intégral mais d'un pastiche.

Calder s'étonne aussi que, après avoir découvert le trésor de Priam et le masque dit d'Agamemnon, l'archéologue ait aussitôt fermé le chantier de fouilles : « Schliemann estimait-il qu'il n'y avait plus rien à trouver, ou bien avait-il trouvé ce qu'il y avait lui-même déposé ? » Calder est également intrigué par le fait que le chantier de Mycènes fut fermé, en pleines fouilles, du 26 au 27 novembre 1876 et que, pendant la fermeture,



Schliemann a disparu mystérieusement. Où était-il passé ? Selon un parent de sa femme, un témoin digne de foi, il se serait rendu à Athènes pour y rencontrer un orfèvre. D'où la question de Calder : « Est-il revenu à Mycènes avec un masque neuf qu'il aurait enterré et découvert le 30 novembre ? »

TROP BEAU POUR ÊTRE VRAI

Calder s'étonne encore que le masque dit d'Agamemnon soit le plus beau de tout l'âge du bronze anatolien. Il est aussi intrigué par le fait que les autres tombes de Mycènes ne contenaient même pas le dixième des objets trouvés dans la tombe V. C'est trop beau

PHOTOS G. DAGLI ORTI

pour être vrai, conclut Calder.

En comparant les traits et les caractéristiques du masque dit d'Agamemnon avec les autres masques découverts à Mycènes, l'écrivain

David Traill, auteur d'une biographie de Schliemann, estime, lui aussi, qu'il s'agit d'un faux. Pour en avoir le cœur net, il suggère de procéder à une simple analyse. Dans tout or se trouvent toujours des composés sulfurés, voire arséniques, et d'éventuelles inclusions de quartz. Les procédés de fusion et d'affinage de l'Antiquité ne permettaient pas d'éliminer ces corps étrangers. Ils pourraient donc être facilement détectés à la loupe binoculaire. De plus, le masque n'est pas en or pur. Il s'agit d'un alliage avec un métal qu'on ignore. Or, les alliages de l'Antiquité contiennent toujours des inclusions minérales, mais également des éléments oxydables – qui se sont forcément oxydés sous l'effet de l'humidité de la

Visages imberbes

Au contraire du masque dit d'Agamemnon, ces trois masques, trouvés dans les tombes voisines, sont très frustes et ne portent ni barbe ni moustache. Ce qui jette le doute sur l'authenticité du premier.



tombe. Là encore, un simple examen à la loupe binoculaire de la structure cristalline du masque permettrait de déceler ces impuretés.

En revanche, les alliages du XIX^e siècle n'avaient pas tous ces défauts, du fait des progrès considérables de la technologie. L'expertise ne prendrait que quelques minutes et serait sans danger pour le masque. L'examen permettrait également de vérifier l'hypothèse de Kenneth Lapatin. « Si le masque est un pastiche, on pourrait s'en apercevoir à l'aide d'une simple loupe binoculaire, car la technique utilisée, dite de ciselure repoussée, laisse des marques qui attestent les diverses étapes du travail. On pourrait, par exemple, savoir si la moustache a été faite avant la barbe ou vice versa », explique Christiane Eluère, conservateur en chef du

patrimoine objets au centre de recherche et restauration des musées de France.

Par deux fois, précise David Traill, en 1982 et en 1983, on a demandé aux autorités grecques de prêter le masque. Chaque fois, elles ont refusé. Pourront-elles tergiverser encore longtemps? L'occasion aurait pu se présenter si le masque avait été exposé au Grand Palais, à Paris. En refusant de le

un seul objet, afin qu'il soit entier. C'était également un fieffé mythomane. Lors d'une réception à la Maison-Blanche, il s'était vanté d'avoir découvert à Alexandrie (Egypte) le buste de Cléopâtre, ce qui était manifestement faux. On sait également que Schliemann était prêt à faire des copies des objets qu'il trouvait. On détient une lettre de lui, datée du 28 juin 1873 à Athènes, et adressée à un mystérieux "P. Beaurain", demeurant à

« Est-il revenu avec un masque neuf qu'il aurait enterré? »

prêter, les autorités grecques craignaient-elles qu'on procède à l'expertise en cachette? On peut se poser la question... Les critiques à l'encontre de

Schliemann ne datent pas d'hier. Déjà, de son vivant, et après sa mort, ses découvertes furent âprement contestées. Bien qu'il entrât une grande part de jalouse dans ces critiques – car l'archéologue allemand n'était pas un professionnel –, il faut reconnaître que nombre d'entre elles étaient justifiées.

Il est avéré que Schliemann fouillait sans méthode, uniquement préoccupé par la recherche du trésor caché dans les ruines. Il n'hésitait pas non plus à "bricoler" ses découvertes en dépit du bon sens : de plusieurs fragments d'objets trouvés à divers niveaux, il faisait

De vrais trésors

A défaut du masque d'Agamemnon, le Grand Palais présente de nombreux objets de l'âge du bronze, dont cette splendide statuette crétoise en argile du XIX^e-XVIII^e s.

Paris, dans laquelle il demande à son correspondant de trouver « un orfèvre d'une confiance illimitée et à toute épreuve, susceptible de fabriquer des reproductions d'objets précieux ».

Le 8 juillet suivant, P. Beaurain répond qu'il a trouvé son homme, M. Froment-Meurice, orfèvre joaillier, et conseille à Schliemann de venir à Paris pour le rencontrer.

LE DOUTE EST PERMIS

Bien que, selon le Pr Olivier Masson, directeur d'études à l'Ecole pratique des hautes études (Paris),

ces copies fussent destinées aux autorités turques, qui réclamaient leur part du trésor de Priam, le doute est permis.

En réponse à l'article de William Calder, Mme Katie Demakopoulou, ex-directrice du musée national d'archéologie d'Athènes, estime, dans *Archaeology*, que les faits évoqués par l'helléniste américain ne sont que des allégations. Quant au prêt du masque dit d'Agamemnon, elle le juge inutile. Ce serait pourtant la meilleure façon de clore la polémique. ■



Les gl

D'un siècle à l'autre

Le glacier d'Aletsch, le plus grand des Alpes, (23,2 km de long), vu du même endroit durant les étés 1856 et 1996. Depuis 1850, le réchauffement climatique l'a fait reculer de 3,3 km, lui faisant perdre 13 % de sa longueur.

PHOTO 1856 : F. MARTENS

1856

aciérs sont bien malades

Tous les deux ans, le World Glacier Monitoring Service, à Zurich, publie le "bilan de santé" d'un ensemble témoin de glaciers répartis sur toute la planète. Son dernier rapport révèle qu'en raison du réchauffement climatique la taille des glaciers diminue. Pire : la fonte s'accélère...

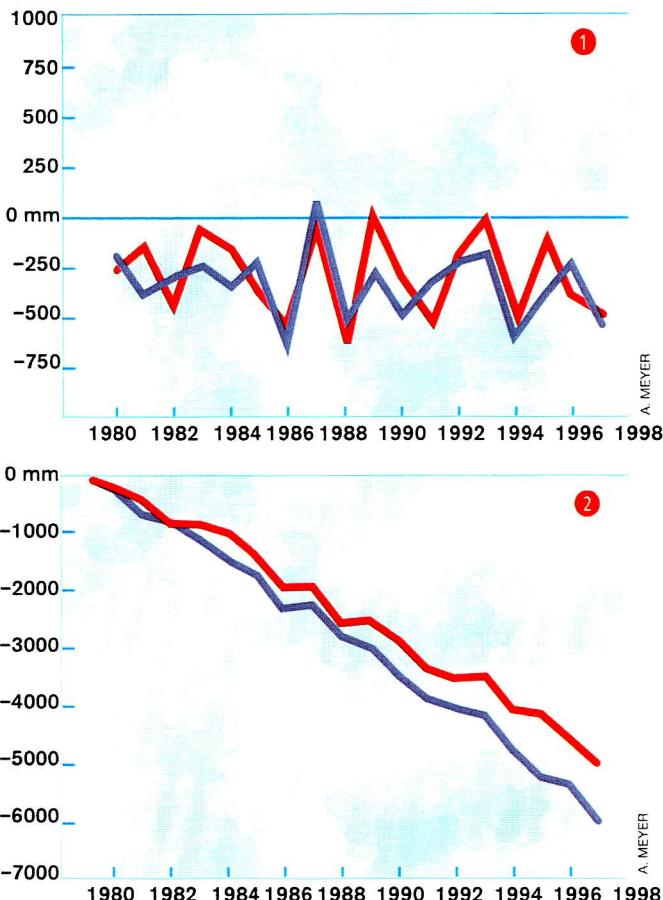
Sources d'eau précieuse, les glaciers ne sont pas éternels. En Suisse, par exemple, 249 des 2244 glaciers recensés en 1850 ont aujourd'hui complètement disparu, victimes du réchauffement climatique planétaire en cours.

Les glaciers se forment sur les sommets montagneux à partir de la neige, puis, telles des rivières de glace, ils s'écoulent lentement pour fondre plus bas dans la vallée, donnant naissance à des torrents.

1996

Fonte annoncée

Le graphique 1 montre la masse perdue (ou gagnée) depuis 1980 par les trente-trois glaciers étalons du WGMS (courbe rouge). Le graphique 2 montre l'effet cumulatif de cette perte. Dans les deux cas, pour atténuer l'effet de "surreprésentation" de certaines régions du monde (il y a, par exemple, neuf glaciers étalons en Norvège), la courbe mauve représente la moyenne des dix régions montagneuses où sont situés ces glaciers : la tendance à la fonte est encore plus marquée...



Si la température moyenne s'abaisse, un glacier s'étend vers l'aval. Si cette température augmente, il se retire vers les sommets.

Bien sûr, l'abondance des précipitations joue un rôle important dans cette avance ou ce retrait. Cependant, dans l'ensemble, l'évolution de la masse et de la taille des glaciers suit assez fidèlement la courbe des températures moyennes.

Ainsi, il y a 20000 ans, à la fin de la dernière période glaciaire – appelée Würm –, le glacier du Rhône s'avança tout près de Lyon. Durant les dix millénaires qui suivirent (période dite "tardiglaciaire"), la température moyenne de l'air monta de près de 15 °C en Europe centrale (de 4 à 5 °C à l'échelle de la planète), et, en même temps, les glaciers se retiraient vers les sommets.

Depuis 10000 ans (période "postglaciaire" ou Holocène), il ne s'est plus produit d'écart de température aussi importants, mais seulement de nombreuses petites

fluctuations de 1 ou 2 °C. Fidèles indicateurs des variations du climat, les glaciers n'ont cessé de maigrir ou d'enfler, au rythme des épisodes de réchauffement ou de refroidissement.

LE "PETIT ÂGE GLACIAIRE"

Entre 1350 et 1850 en Europe – et ce fut sans doute le cas pour la planète dans son ensemble –, il y eut une période plus froide : le "petit âge glaciaire". Les glaciers sont alors redescendus occuper des portions de vallée qu'ils avaient abandonnées durant l'"optimum du Moven Age", période de douceur climatique qui a duré de l'an 800, environ, jusqu'à 1350.

Les scientifiques ont relevé d'autres épisodes de réchauffement du climat au cours de l'Holocène, mais il semble qu'aucune des cinq dernières périodes de réchauffement n'ait été aussi chaude que celle d'aujourd'hui. Depuis un siècle, on



A. MEYER

vit même une telle accélération du réchauffement qu'elle paraît liée à l'apparition des activités industrielles et à l'augmentation exponentielle du nombre d'humains, qui déforment, cultivent et brûlent des combustibles fossiles. Il s'ensuit une accroissement dans l'atmosphère des gaz dits "à effet de serre", dont le gaz carbonique (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O).

Les glaciers reflétant bien les variations climatiques, des scientifiques du monde entier se sont organisés pour dresser régulièrement le "bilan de santé" d'un groupe représentatif de glaciers situés sur toute la planète. Cette tâche est dévolue au World Glacier Monitoring Service (WGMS), dont le siège se trouve à Zurich (Suisse), partagé entre l'université et l'Ecole polytechnique fédérale.

À LA POINTE DE LA GLACIOLOGIE

Le WGMS est un service de la Commission internationale de la neige et de la glace, fondée en Suisse en 1894. Comme plus des trois quarts de son territoire sont constitués de montagnes, il n'est pas étonnant que la Suisse soit pionnière en matière de glaciologie. C'est d'ailleurs le géologue paléontologue helvétique Louis Agassiz (1807-1873) qui a convaincu ses

pairs de l'existence des glaciations.

« Pour établir le bilan d'un glacier, on compare, durant deux automnes successifs, la masse de glace disparue au pied du glacier avec la masse de neige qui a pu s'accumuler plus haut, explique le professeur de glaciologie Wilfried Haeberli, directeur du WGMS. Parce que la neige et la glace ont des densités différentes, on traduit toutes les données en épaisseurs d'eau équivalentes. Ainsi, le bilan d'un glacier correspond à la hauteur d'une couche d'eau hypothétique uniformément répar-

La carte du WGMS

Indiqués en jaune, les trente-deux glaciers étalons (depuis 1997, le glacier africain ne figure plus sur la liste, faute d'informations) impliqués depuis 1979 dans le bilan global du World Glacier Monitoring Service.

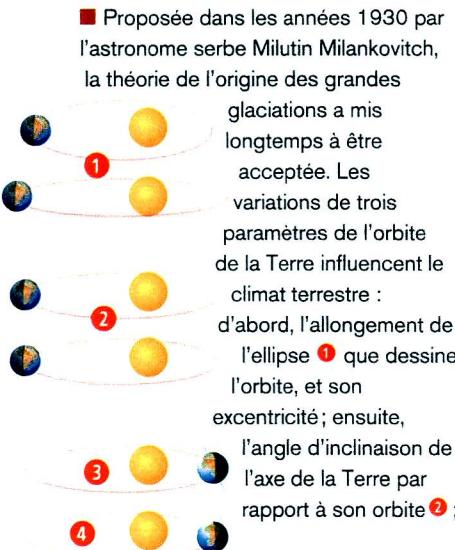
BILANS

LES GLACIERS ÉTALONS FRANÇAIS

■ En France, deux glaciers étalons contribuent à établir le bilan global du WGMS : celui de Sarennes ($0,8 \text{ km}^2$) et celui de Saint-Sorlin (3 km^2), dont les bilans sont mesurés depuis 1956. Situés dans le massif des Grandes-Rousses, non loin de Grenoble, ils ne sont distants que d'environ 5 km, mais s'écoulent dans

deux directions opposées. Malgré leurs différences de taille et d'orientation, leurs bilans annuels ont révélé une évolution très similaire de 1956 à 1994. Les pertes sont en revanche différentes durant cette période : le glacier de Sarennes, le plus petit, a perdu 24 m d'épaisseur en moyenne et celui de Saint-Sorlin, 10 m.

UNE AFFAIRE DE ROTATION



■ Proposée dans les années 1930 par l'astronome serbe Milutin Milankovitch, la théorie de l'origine des grandes glaciations a mis longtemps à être acceptée. Les variations de trois paramètres de l'orbite de la Terre influencent le climat terrestre : d'abord, l'allongement de l'ellipse ① que dessine l'orbite, et son excentricité ; ensuite, l'angle d'inclinaison de l'axe de la Terre par rapport à son orbite ② ;

enfin, la direction dans laquelle pointe l'axe de la Terre lorsqu'elle passe au plus près du Soleil (actuellement au solstice d'hiver ③). Il y a 11 000 ans ④, contrairement à aujourd'hui, la Terre se trouvait loin du Soleil pendant l'hiver et près de l'astre pendant l'été. Selon ces paramètres orbitaux, le climat de notre planète devrait tendre vers un refroidissement, si la civilisation n'influencait pas l'atmosphère en rejetant autant de gaz à effet de serre. Les spécialistes du climat s'accordent pour dire qu'il ne faut pas compter sur la prochaine glaciation pour tempérer le réchauffement catastrophique que les hommes sont en train de provoquer.

© CEDOS

tie à sa surface : le bilan est dit négatif lorsqu'un glacier a perdu de la masse, c'est-à-dire quand la fonte de la glace dépasse la quantité d'eau accumulée sous forme de neige. Le bilan est dit positif dans le cas contraire.»

Depuis 1979, le WGMS publie tous les deux ans son bilan réalisé sur trente-trois glaciers "étalons". Les derniers résultats annoncés portent sur les mesures effec-

tuées entre octobre 1995 et septembre 1997. On y découvre que l'épaisseur moyenne de glace qui a fondu à la surface des glaciers étalons représente une couche d'eau de 478 mm par an.

Entre 1990 et 1995, les mêmes glaciers n'avaient perdu que 437 mm d'eau par an. Et, de 1980 à 1990, 368 mm par an. La tendance est donc claire : la fonte des glaciers s'est accélérée. Depuis 1980, les glaciers étalons ont perdu, en moyenne, environ 6 m d'eau – soit près de 7 m d'épaisseur de glace...

DÉFICIT

LA FONTE D'UN GLACIER AFRICAIN

■ Situé à moins de 20 km de l'équateur, au pied du mont Kenya, le glacier de Lewis (Kenya) est le plus grand d'Afrique. Sa superficie est aujourd'hui de 0,25 km². À une exception près, en 1989, il n'a cessé de perdre de sa masse depuis le début des mesures de bilan, en 1980. La fonte a parfois été dramatique : en 1988, l'épaisseur moyenne de glace qui a fondu à sa surface équivalait à 2 020 mm d'eau. Depuis 1997, une situation politique tendue empêche malheureusement les glaciologues de poursuivre cette longue série de mesures, unique sur le continent africain.

ÉNERGIE DE FUSION EN HAUSSE

Pour faire fondre de la glace et la transformer en eau, il faut lui fournir de l'énergie. C'est notamment pour quantifier cette énergie qu'on convertit l'épaisseur de glace disparue en hauteur d'eau équivalente. Grâce au principe de conservation de l'énergie, on sait qu'il faut environ 1 watt par mètre carré (W/m²) durant une année pour que fonde 10 cm d'épaisseur de glace. Wilfried Haeberli commente : «Si l'on considère le bilan moyen des deux dernières années, on constate que les glaciers ont reçu une énergie de plus de 4 W/m² par an. Fait troublant : ce chiffre



Mesures sur place

Un chercheur prend
les mensurations
du glacier de Gruben,
dans le Valais Suisse)

est du même ordre que la contribution de la civilisation humaine à l'effet de serre. Plus troublant encore : la vitesse à laquelle cette énergie de fusion augmente d'année en année – son accélération en d'autres termes – est aussi d'un ordre comparable à l'augmentation de la contribution humaine.»

Le Pr Haeberli se garde toutefois de conclure trop hâtivement. Les interactions entre les activités de la civilisation et l'environnement sont trop nombreuses – et encore trop mal connues. Il s'alarme cependant. « Ce que nous vivons actuellement s'est déjà produit au III^e millénaire avant notre ère, comme le prouve Oetzi, le fameux chasseur préhistorique découvert dans les Alpes autrichiennes en 1991, vers 3 200 m d'altitude. Quand la mort l'a surpris, Oetzi reposait sur un sol rocheux. La glace

l'a ensuite complètement recouvert, préservant sa dépouille et son équipement de chasseur durant environ 5 300 ans, jusqu'à ce que la glace se retire et libère le rocher. Mais, désormais, les glaciers ne semblent pas vouloir s'arrêter à ce stade : leur rythme de fonte s'accélère. Il va bien au-delà d'une situation qu'on pourrait qualifier de naturelle. Depuis 5 000 ans, jamais les Alpes n'ont connu un climat aussi chaud! »

ONZE RÉGIONS CLEFS

Pour que le WGMS retienne un glacier comme étalon, il faut que son bilan de masse soit mesuré avec précision depuis au moins vingt ans. À ce titre, le Storglaciären (Suède) est le glacier dont on possède la plus longue série de mesures : elles ont commencé en 1946. Les autres étalons sont dispersés dans onze régions montagneuses du globe, comprenant la Suisse, l'Autriche, la France, l'Italie, la Norvège, la Suède, les Etats-Unis, le Canada, la Chine, la Russie, le Kazakhstan, le Kirghizistan



La cabane Konkordia
en 1869.

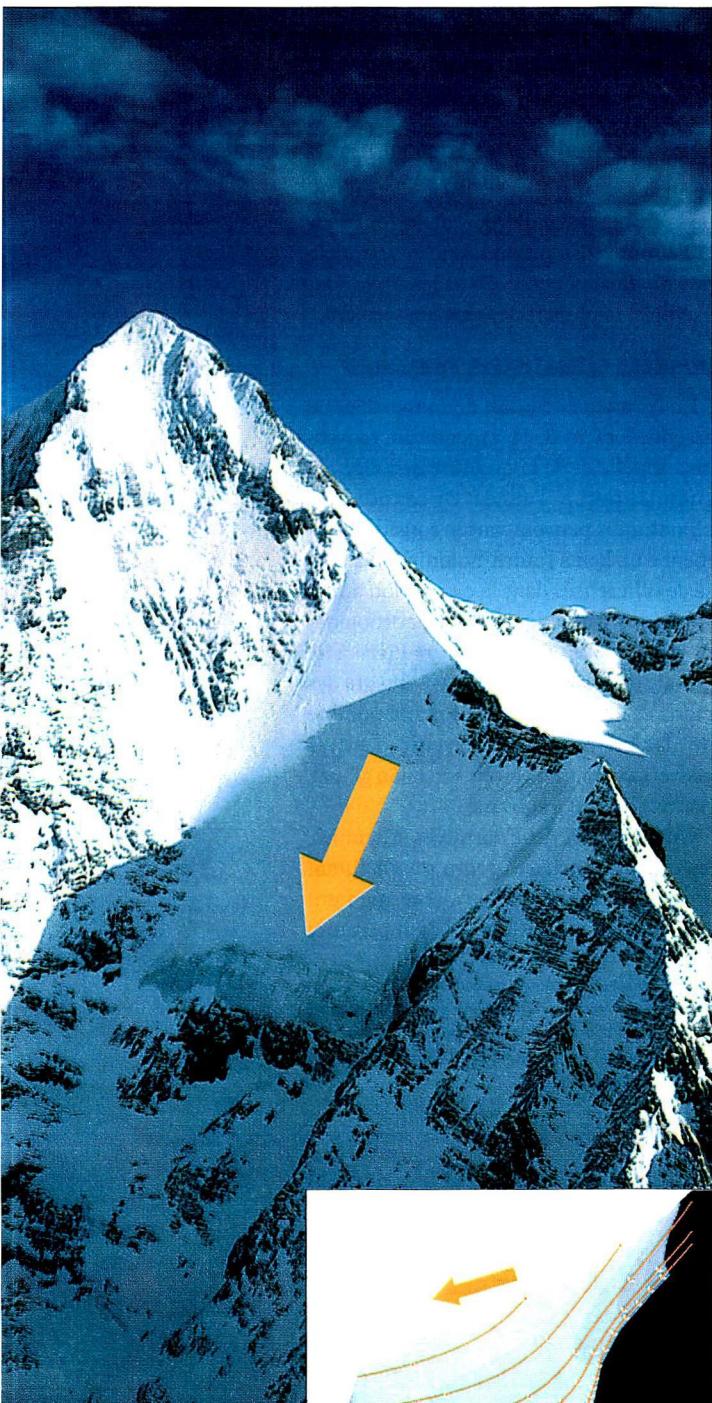
REFUGE

UNE PLACE DE LA CONCORDE AU CŒUR DES ALPES

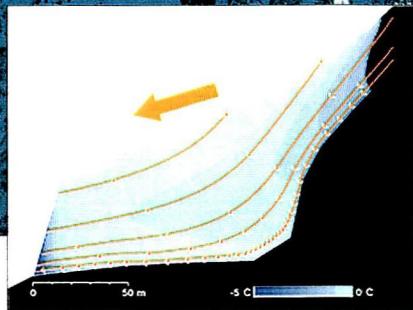
■ "Place de la Concorde" ou "Konkordiaplatz" en allemand. Située au cœur des montagnes suisses, à 2 750 m d'altitude, c'est le lieu où se réunissent quatre glaciers qui vont former le glacier d'Aletsch, le plus long des Alpes : 23,2 km. À cet endroit, l'épaisseur de glace peut dépasser 900 m ! En 1877, le Club alpin suisse a édifié un refuge sur

l'éperon rocheux qui borde la rive gauche du glacier. À l'époque, l'immense fleuve de glace s'écoulait à une vingtaine de mètres en contrebas de la cabane. Aujourd'hui, comme le niveau du glacier a baissé, les alpinistes qui quittent ce refuge pour atteindre le glacier doivent emprunter une série de passerelles et d'échelles pour descendre 150 m plus bas...

ATTENTION, GLACIERS SUSPENDUS!



© A. KÄAB

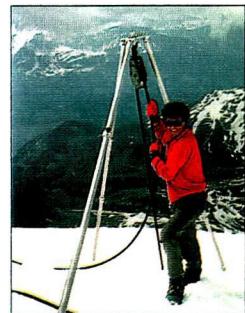


© A. KÄAB

■ En Suisse, plusieurs glaciers dits "suspendus" – car ils sont accrochés dans la pente – se trouvent sous haute surveillance à cause du réchauffement climatique.

Au pied de l'Eiger, montagne mythique pour la difficulté de sa face nord, une caméra vidéo enregistre les moindres mouvements du glacier juché sur la face ouest (flèche jaune). Car il menace le train le plus haut d'Europe, qui monte au Jungfraujoch (3 454 m).

Une équipe de glaciologues de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, dirigée par Martin Funk, a pris pied sur le glacier pour y effectuer des forages et l'ausculter en détail. Les chercheurs ont découvert que la température



© VAW-EHZ

à la base du glacier est proche de 0 °C – ce qui favorise son glissement. Heureusement, le front du glacier est constitué de glace d'une température plus basse : c'est elle qui retient l'ensemble. Ce front de glace est refroidi par le rocher sous-jacent. Les simulations sur ordinateur indiquent que le glacier pourrait s'écrouler si la température globale s'élevait de 3 °C, ce qui est prévu pour la fin du siècle prochain...

Coupe en travers du glacier suspendu de l'Eiger, qui montre la température de sa glace et sa vitesse d'écoulement. La distance entre deux petites flèches indique l'écoulement durant cinq années. Le front du glacier, plus froid, agit comme une barrière qui empêche le glissement de l'ensemble.

et le Kenya. Dans chacun de ces pays, un correspondant national collecte les mensurations et les caractéristiques des glaciers retenus pour les transmettre à Zurich.

Bien qu'elles concentrent 99 % du volume total de glace réparti à la surface de la planète, les calottes glaciaires du Groenland (1 700 000 km²) et de l'Antarctique (12 579 000 km²) n'entrent pas en ligne de compte dans le bilan global. En effet, leur comportement est très différent de celui des glaciers dits "locaux". Notamment parce que, sur les calottes, la neige met plusieurs décennies, voire des siècles, à se transformer en glace. Alors qu'elle le fait en quelques années dans les montagnes. Quant au pôle Nord, chacun sait qu'il est couvert par la banquise : une couche d'eau de mer gelée, épaisse de 2 à 3 m seulement.

Sensibles et fiables, les glaciers figurent

Recul simulé

Max Maisch, de l'université de Zurich, a reconstitué l'évolution du glacier de Tschierva (canton des Grisons). Ses deux projections pour l'avenir concernent des hausses de la température globale de 0,7 °C et de 2,1 °C. Si le réchauffement se poursuit au même rythme qu'aujourd'hui, le glacier aura disparu dès 2100.

en bonne place dans la liste publiée en 1997 par le Global Climate Observing System – émanation de l'OMM (1), de l'UNESCO (2) et de l'UNEP (3) –, dont le but est de détecter et de prévoir les modifications du climat pour évaluer leur impact. On sait cependant depuis longtemps que tous les glaciers d'un même massif montagneux ne réagissent pas exactement de la même manière. L'avancement et le recul de la "langue" d'un glacier dépendent de la forme de ce dernier, de sa longueur et de son épaisseur, ainsi que de son inclinaison dans la pente. Dans les Alpes, par exemple, la plupart des glaciers reculent.

DONNÉES CLIMATIQUES VARIABLES

En revanche, le bilan de masse dépend essentiellement de la température moyenne annuelle et de la quantité de neige accumulée durant l'année. Or ces données climatiques peuvent varier considérablement d'un lieu à l'autre, notamment à cause de différences dans la circulation atmosphérique, qui influence la répartition des précipitations. C'est pour pallier cette grande diversité que le WGMS intègre des mesures provenant du plus grand nombre de glaciers possible. À l'avenir, d'autres glaciers étalons étayeront son bilan global, portant le total à soixante.

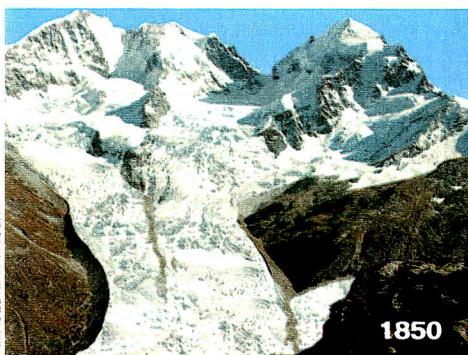
« Au cours des deux dernières décennies, les massifs glaciaires soumis à un climat continental tempéré ont généralement subi une augmentation de la température

.....

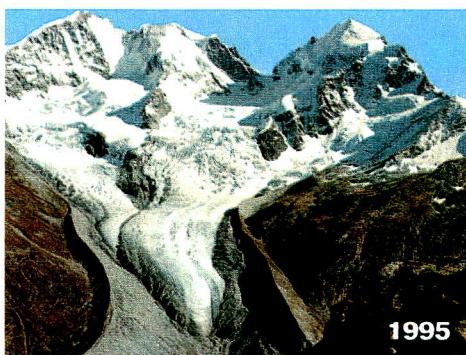
(1) Organisation météorologique mondiale.

(2) Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (sigle anglais).

(3) Programme des Nations unies pour l'environnement (sigle anglais).



1850



1995





Bilan négatif

Le glacier Lovénbreen, au Spitzberg (Norvège), termine sa course dans la mer. Le bilan du Lovénbreen est négatif : il a perdu de la masse (c'est le cas lorsque la fonte de la glace est supérieure à la quantité d'eau accumulée sous forme de neige).

© W. HAEBERLI

moyenne annuelle et une diminution des précipitations, explique Wilfried Haeberli. Additionnés, ces deux effets ont entraîné une forte perte de glace. Les Cascade Mountains, dans le nord-ouest des Etats-Unis, présentent le bilan le plus négatif. Depuis 1980, ses glaciers ont perdu 945 mm d'eau en moyenne, soit plus de 1 m d'épaisseur par an. Les glaciers tropicaux de l'Est africain suivent de près : au pied du mont Kenya, le glacier de Lewis a perdu en moyenne 939 mm d'eau par an (dans la période 1980-1995). Les glaciers alpins ne

s'en tirent guère mieux : leur fonte annuelle moyenne est de 558 mm d'eau. Même les régions subpolaires, comme l'Alaska et le Spitzberg, ont un bilan négatif.»

Certes, les glaciers de Scandinavie font "bande à part" : ils grossissent. Depuis 1980, ils ont accumulé chaque année, en moyenne, l'équivalent de 220 mm d'eau. 1989 a même été pour eux une année record : 1911 mm d'eau accumulés à leur surface sous forme de glace. Dans cette région sous forte influence marine, le climat est devenu plus humide. Mais c'est encore à la suite du réchauffement climatique : l'augmentation considérable des précipitations le long du littoral a rendu leur bilan positif, bien que la température moyenne annuelle se soit élevée.

Les glaciers de Nouvelle-Zélande connaissent le même genre de situation : ils présentent, eux aussi, une tendance à l'épaississement.



Adresse internet du WGMS :
<http://www.geo.unizh.ch/wgms>



La Terre à trois millimètres près

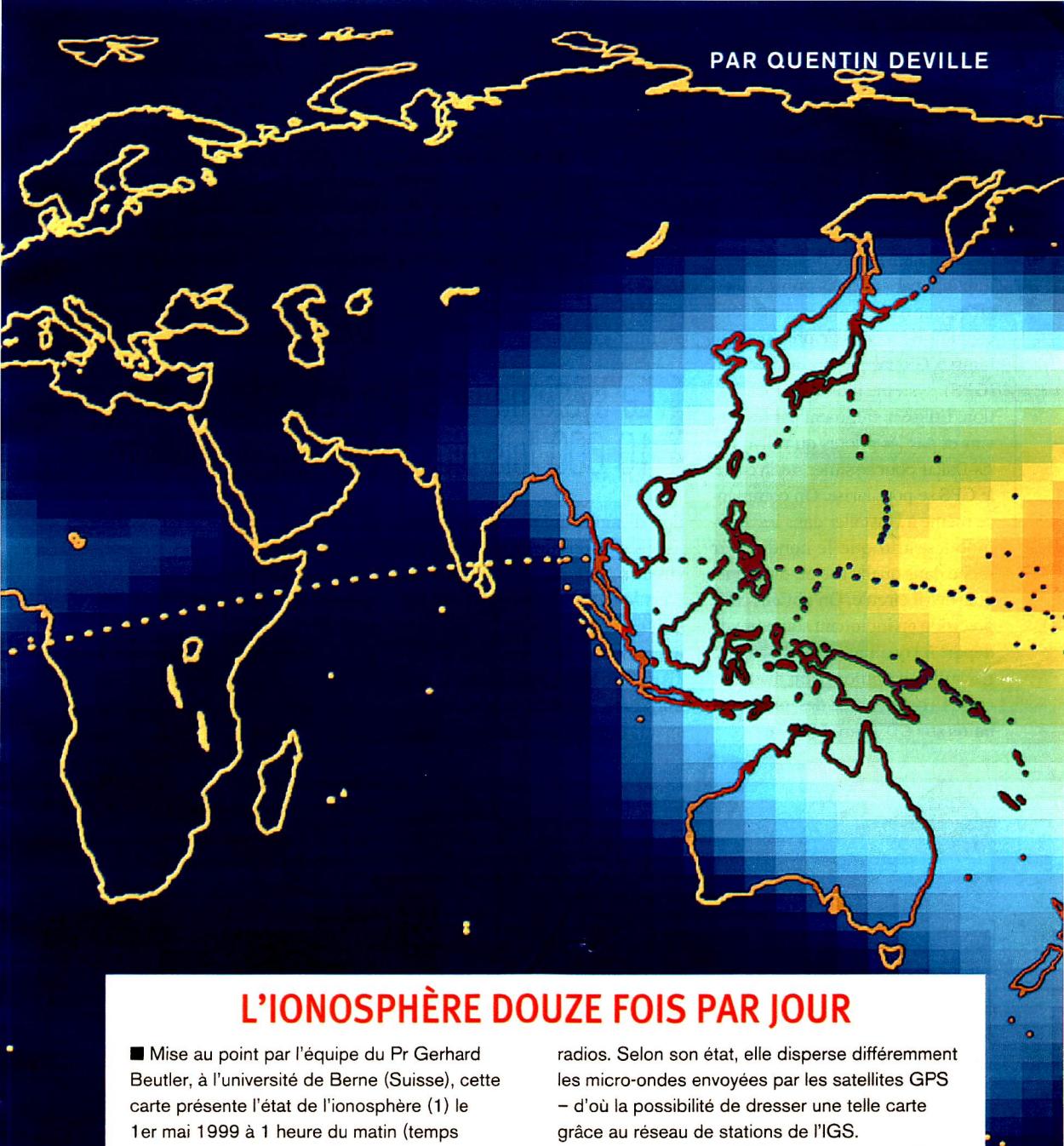
A l'initiative des Suisses, les scientifiques ont fait du GPS militaire américain un instrument de précision inattendu. Grâce à deux cents stations couvrant l'ensemble du globe, ils déterminent "l'anatomie" de la Terre et les paramètres de sa rotation. Bientôt ce réseau devrait aussi synchroniser la distribution du temps sur toute la planète.

A 3 mm près, Markus Rothacher, astronome de l'université de Berne (Suisse), peut vous dire où se situent le pôle Nord et le pôle Sud à la surface de notre planète. Et aussi de quelle distance les pôles se sont déplacés depuis la veille ou depuis n'importe quelle date des six dernières années. Car l'axe de rotation

de la Terre bouge continuellement, de même que ne cesse de varier la vitesse à laquelle tourne le globe.

« Cette précision peut paraître sans grand intérêt si l'on n'a pas l'intention de planter un drapeau exactement à cet endroit », explique ce scientifique, membre d'une équipe sans égale pour calculer quotidiennement l'emplacement des pôles. « Mais elle est, par exemple, essen-

tielle lorsqu'on veut garder le contact avec une sonde spatiale qui voyage aux confins du système solaire. Pour réorienter constamment vers la sonde les antennes de communication terrestres, qui tournent évidemment avec notre planète, il faut savoir le plus précisément possible à quelle vitesse la Terre nous entraîne, et sur quel axe. Or, quelques millimètres de



L'IONOSPHERE DOUZE FOIS PAR JOUR

■ Mise au point par l'équipe du Pr Gerhard Beutler, à l'université de Berne (Suisse), cette carte présente l'état de l'ionosphère (1) le 1er mai 1999 à 1 heure du matin (temps universel). En bleu foncé figurent les zones de l'atmosphère de la planète où le nombre d'électrons libres est faible; en rouge, les zones où leur densité est cent fois plus grande. Arrachés à des molécules de l'atmosphère par le rayonnement solaire, ces électrons se situent pour la plupart entre 60 km et 1 000 km d'altitude. On constate d'ailleurs que l'Europe, qui est dans la nuit à ce moment-là, présente un ciel cent fois moins ionisé qu'au centre du Pacifique.

L'ionosphère influence la propagation des ondes

radios. Selon son état, elle disperse différemment les micro-ondes envoyées par les satellites GPS — d'où la possibilité de dresser une telle carte grâce au réseau de stations de l'IGS.

Depuis le 1^{er} janvier 1995, les chercheurs suisses livrent cette carte toutes les deux heures. Ils suivront donc attentivement le prochain maximum solaire en 2001, année où le Soleil entrera, comme tous les onze ans, dans une période de grande activité éruptive. L'ionosphère sera alors fortement perturbée, et il faudra en tenir compte pour garantir la précision des mesures GPS.

.....
 (1) Couche supérieure de l'atmosphère, entre 100 et 1 000 km d'altitude, où les gaz sont fortement ionisés par le rayonnement cosmique et solaire.



variation des pôles engendrent des kilomètres de décalage.»

A 3 mm près : cette prouesse est accomplie à l'aide d'un système de navigation militaire par satellites prévu à l'origine pour n'offrir aux civils qu'une centaine de mètres de précision : le fameux Global Positioning System (GPS), système global de localisation. Utilisé notamment par les marins et par les pilotes du rallye Paris-Dakar pour se situer sur la carte, le GPS se popularise. On commence même à l'installer dans les automobiles, afin que le conducteur sache dans quelle rue ou dans quel quartier il circule. On obtient cette précision en indiquant son point de départ à l'ordinateur de bord, qui travaille en conjonction avec des cartes routières et des plans urbains sur CD-Rom. Mais re-

venons quelques années en arrière, pour retracer l'histoire d'une formidable aventure scientifique internationale, née hors des structures gouvernementales et étroitement liée à l'université de Berne. En février 1978, le ministère de la Défense des États-Unis lance dans l'espace, à l'aide d'une fusée *Atlas*, le premier satellite d'une constella-

leurs coordonnées en tout point du globe, à quelques mètres près.

Les vingt-quatre satellites prévus tourneront sur six orbites, d'où ils émettront des signaux codés en modulation de phase, sur deux fréquences micro-ondes. Satellites émetteurs et récepteurs au sol auront des horloges synchronisées à la milliseconde. Le récepteur pren-

Le système GPS des scientifiques est 10 000 fois plus précis que le militaire

tion d'engins qui serviront à localiser ses avions de combat, ses navires, ses chars et ses missiles. C'est le début du programme initialement nommé Navigation satellite timing and ranging (NAVSTAR), qui permettra à terme aux militaires, équipés d'un récepteur spécial, de connaître sans délai

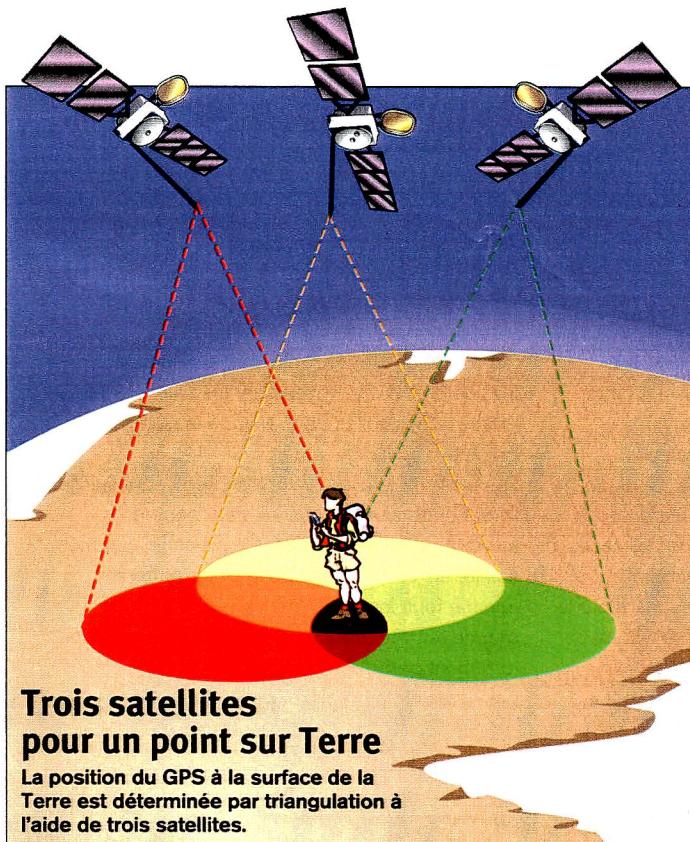
dra en compte les émissions d'au moins quatre satellites présents dans son ciel : connaissant l'instant auquel les signaux des satellites sont partis, il en déduira sa position par triangulation, en calculant la distance qui le sépare des satellites d'après le temps mis par les signaux pour lui parvenir.

Pour l'usage civil, les militaires offrent la possibilité de recevoir certaines informations non codées, émises sur une seule des deux bandes micro-ondes. Mais les indications sont "floues" en ce qui concerne la position du satellite émetteur : la précision sera, au mieux, dix fois plus faible que celle de l'armée...

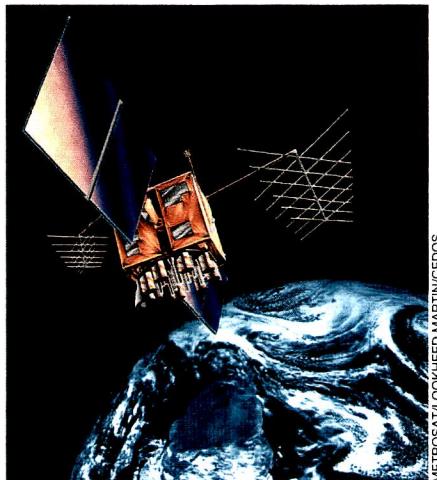
ALLIANCE INTERNATIONALE

Nous sommes à Berne en 1983, à l'Institut d'astronomie, et le GPS ne fonctionne pour l'instant qu'avec huit satellites. Ivo Bauersima, un réfugié tchèque, calcule théoriquement comment se servir de ce système pour affiner l'anatomie de la Terre et les paramètres de sa rotation. Ses équations indiquent qu'on peut atteindre une précision dix mille fois supérieure à celle qu'offrent les militaires, à condition de reconstituer l'orbite des satellites GPS à quelques centimètres près.

Cette reconstitution exige notamment de comparer les informations



de plusieurs stations réceptrices GPS situées en divers points du globe. A la vue de ces équations, l'idée d'un vaste réseau international germe dans l'esprit de certains scientifiques, parmi lesquels l'astronome suisse Gerhard Beutler. L'université de Berne fait d'ailleurs déjà partie de l'Association internationale de géodésie, où figurent tous les groupes scientifiques qui précisent la forme et les déformations de la Terre grâce à diverses techniques, allant des mesures de gravitation au sol à l'utilisation de radiotélescopes qui écoutent de lointains quasars. Dans leur observatoire de Zimmerwald (banlieue de Berne),



les chercheurs helvétiques sont notamment champions dans l'art de suivre, par laser, les trajectoires de tout petits satellites munis de réflecteurs, dont les orbites épousent toutes les déformations de notre planète. Beutler commence alors à travailler à un logiciel qui calcule le ralentissement que provoque l'atmosphère sur la propagation des émissions des satellites GPS, tout en prenant en compte de nombreux paramètres de leurs orbites et de la rotation de la Terre. Passant une année au Canada et voyageant souvent pour des congrès, il en profite pour promouvoir auprès de ses collègues étrangers une collaboration

ORBITES INCONSTANTES

■ Les vingt-sept satellites du GAPS (vingt et un engins actifs, trois de réserve et trois d'essai) tournent autour de la Terre, en moyenne à 26 500 km d'altitude, sur six orbites presque circulaires et inclinées de 55°. Pessant environ 900 kg, ces engins se déplacent à plus de 13 000 km/h, bouclant deux révolutions par jour. Contrairement à ce qu'on imagine, leur trajectoire est loin d'être parfaite : le moindre changement de la force de gravité fait dévier leur course. En vingt-quatre heures, l'aplatissement de la Terre aux pôles peut provoquer une dérive de 10 km ; l'attraction lunaire, un déplacement de 3 km ; et celle du Soleil, une variation de 800 m. Les marées océaniques perturbent également leur trajectoire, de même que les "marées terrestres", ces gonflements de la croûte terrestre provoqués par les attractions lunaire et solaire. Enfin, les 10 m² de panneaux solaires déployés par chaque satellite offrent une grande prise au vent solaire, qui peut entraîner une dérive de 200 m par jour. Dernière précision : quand un satellite s'éloigne trop de son orbite idéale, les militaires allument ses moteurs fusées pour le replacer sur une orbite plus haute d'environ 3 km. Cette manœuvre, qui s'effectue environ une fois par an, surprend chaque fois les scientifiques, qui doivent naturellement en tenir compte.

internationale, aidé en cela par sa maîtrise de l'allemand, de l'anglais et du français.

Tandis que les militaires américains poursuivent les lancements de leurs satellites de localisation, les scientifiques s'organisent. Si bien qu'en août 1989, à Édimbourg (Écosse), lors d'une réunion de l'Association internationale de géodésie, des chercheurs de diverses universités, mais aussi de la NASA et de l'Agence spatiale européenne, fondent l'International GPS Service (IGS). Ils décident de s'équiper de stations réceptrices de précision – des instruments valant 10 000 dollars (60 000 F), capables d'écouter les deux bandes micro-ondes des satellites – et prévoient d'échanger leurs données en synchronisant leurs mesures.

« Le 21 juin 1992, au jour symbolique du solstice d'été, l'IGS entamait une période d'essai de deux

ans à l'aide d'une vingtaine de stations réceptrices », raconte aujourd'hui le Pr Beutler, qui dirige le comité scientifique de l'organisation depuis le début de l'aventure et en a assuré la présidence de 1996 à 1999. « Ce fut un très grand succès : nous parvenions à reconstruire la trajectoire des satellites au demi-mètre près. Autrement dit, nous pouvions préciser la position de chaque station réceptrice de notre réseau à 5 cm près et à un temps donné. De quoi étudier la dérive des continents et les déformations de l'écorce terrestre. Et de quoi calculer précisément les variations de la rotation de la planète et la position de ses pôles. Bien sûr, en raison des quantités de calculs nécessaires, il nous fallait plusieurs jours pour collecter les données et fournir ces résultats. Mais, pour l'usage scientifique que nous voulions en faire, la mesure instantanée n'avait pas tellement d'importance. »

La démonstration est si probante que, le 1er janvier 1994, l'IGS, forte d'une cinquantaine de stations dans une vingtaine de pays, est devenue un service officiel de l'Association internationale de géodésie. Elle établit son siège en Californie, au fameux Jet Propulsion Laboratory, un institut de la NASA. Depuis lors, le réseau n'a cessé de se développer, jusqu'à atteindre aujourd'hui deux cents stations réparties sur tous les continents, y compris cinq

stations en Antarctique. Grâce à la densité du réseau, les orbites des vingt-sept satellites GPS actuellement en vol sont calculées à seulement 3 cm près. Quant à la localisation des stations au sol, elle est précise à quelques millimètres près, ce qui permet de mesurer comment les mouvements des continents les déplacent les unes par rapport aux autres au fil des ans. La mesure de la longueur du jour, autrement dit le temps que met notre planète pour effectuer sa rotation, se calcule, elle, à 20 microsecondes près ! Ce qui a permis,

par exemple, de prédire exactement le tracé de l'ombre de la Lune sur la Terre, lors de l'éclipse totale de Soleil du 11 août dernier.

Le traitement des données des deux cents stations de l'IGS est un modèle d'organisation qui autorise à la fois un usage local des informations et un usage international. Seize centres opérationnels les récoltent, les uniformisent, puis les transmettent à sept centres d'analyse : trois aux États-Unis, un au Canada et trois en Europe (deux en Allemagne et un en Suisse). Ces sept centres digèrent les données de façon autonome, à l'aide de leurs propres logiciels. Puis chacun donne sa reconstitution des orbites des satellites.

REVANCHE DE L'ASTRONOMIE

Pour avoir une idée de ce travail, il faut savoir que chaque orbite se traduit par une trentaine d'équations à autant d'inconnues. L'Institut d'astronomie de l'université de Berne, l'un des sept centres, est, depuis cette année, le lieu où sont envoyées en dernier ces solutions. Les chercheurs y comparant plusieurs fois par jour les propositions des autres centres et délivrent les solutions officielles de l'IGS : orbites des satellites GPS, paramètres de rotation de la Terre, coordonnées et vitesse de déplacement des deux cents stations, etc. Le logiciel qu'ils ont élaboré au cours de ces années (Bernese GPS Software 4.0) est l'un des meilleurs qui soient. Vendu à 140 exemplaires aux universités et aux offices topographiques nationaux, il permet aux chercheurs helvétiques d'autofinancer une bonne partie de leurs activités.

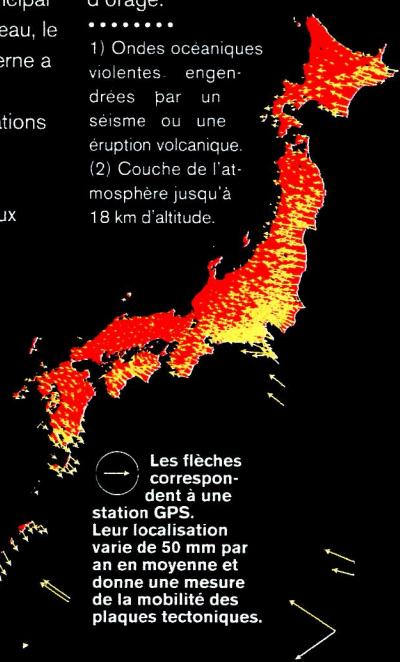
Les chercheurs de l'IGS ne comparent pas en rester là. Ils utilisent désormais les informations de récepteurs GPS placés sur des satellites qui voguent en orbite basse, et peuvent ainsi déterminer leurs orbites au centimètre près. Les premières

UN RÉSEAU GPS UNIQUE : MILLE STATIONS AU JAPON

■ En 1996, des astronomes suisses (université de Berne) et américains (université de Boulder, Colorado) ont aidé le Japon à installer un réseau de stations GPS d'une précision unique au monde : ce pays compte aujourd'hui plus de mille stations, soit une tous les 30 km. Principal outil informatique de ce réseau, le logiciel de l'université de Berne a été conçu pour calculer en parallèle la masse d'informations collectées par les stations. Régulièrement soumis aux tremblements de Terre et aux tsunamis (1), les Japonais comptent sur ce nouveau système pour repérer des déplacements millimétriques du sol. Une station GPS est également capable de mesurer la quantité de vapeur d'eau contenue au-dessus d'elle dans la troposphère (2) : les molécules

d'eau entrent en résonance avec les micro-ondes et freinent les signaux des satellites. Grâce à sa densité, le réseau japonais vient aussi de servir à des études météorologiques. Les scientifiques nippons ont ainsi suivi la progression d'un front d'orage.

- Ondes océaniques violentes engendrées par un séisme ou une éruption volcanique.
- Couche de l'atmosphère jusqu'à 18 km d'altitude.



GEONET/CEOS

LA BALADE DES PÔLES



A.CADABRA

■ En observant une toupie, le mathématicien suisse Leonhard Euler (1707-1783) fut le premier à prédire que les pôles ont une position variable sur la surface de la Terre. 250 ans plus tard, il aurait été fier d'apprendre

que des astronomes de son pays parviennent à déterminer quotidiennement les déplacements des pôles à 3 mm près (avec quatre jours de décalage).

Les chercheurs de l'Institut d'astronomie de l'université de Berne ont commencé à dresser cette carte le 19 juillet 1993, alors que le réseau de stations GPS ne comprenait qu'une quarantaine de stations – ce qui limitait la précision à l'ordre du centimètre.

Celle qu'on obtient actuellement, à l'aide de deux cents stations, est aussi bonne que celle que

fournit le Very Long Baseline Interferometry (VLBI), de grands radiotélescopes qui mesurent leurs déphasages dans la réception d'ondes radio émises par les quasars. Mais cette méthode ne donne pas d'information quotidienne. La variation de la position des pôles est principalement due à un décalage de quelques mètres entre l'axe de rotation de la Terre et son axe d'inertie, ce qui induit une oscillation de l'axe de rotation autour de l'axe d'inertie (période de Chandler). Les déplacements des masses atmosphériques et des masses d'eau dans les océans influencent aussi cette position. La vitesse de rotation de la Terre, elle, dépend surtout des marées terrestres, des courants océaniques et des vents. Les jet-streams, ces forts courants d'altitude, jouent notamment sur la rotation en frottant les montagnes.

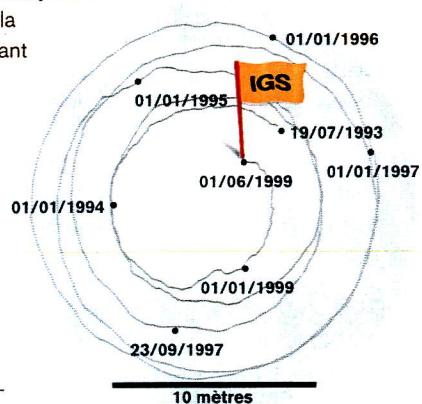
mesures ont commencé en 1994 par la mission Topex Poseidon. Dans leurs calculs, les chercheurs intègrent de plus en plus les orbites d'une autre constellation de satellites de localisation pour les armées : les satellites russes Cosmos du système Global Navigation Satellite System (GLONASS), lancés depuis 1983. Cet accroissement de précision ouvre de nouvelles perspectives, comme l'explique Markus Rothacher. « D'ici à deux ou trois

Pôles à la trace

L'International GPS Service (IGS) précise les positions des pôles au jour le jour.

Ces positions varient parfois de 10 mètres. Actuellement, le pôle est déterminé à 3 millimètres près.

voyant leurs émissions à haute fréquence sur les bandes micro-ondes, les satellites GPS serviront de chefs d'orchestre. Parce que nous savons maintenant presque exactement où ils se trouvent à tout instant, et que



l'art de la mesure. En effet, depuis le début de la science et jusque dans les années 50, ce sont les observations astronomiques qui ont fourni les meilleures données pour déterminer précisément le temps. Puis la maîtrise du temps passa aux mains des physiciens, avec leurs horloges atomiques et leurs "masers", qui décomptent les vibrations des particules.

Les astronomes peuvent donc remercier les militaires de leur avoir donné l'occasion de retrouver la première place... ■

Site de l'IGS :

<http://igscb.jpl.nasa.gov>

Site de l'Institut d'astronomie de Berne :

<http://www.cx.unibe.ch/aiub/>

Satellites et horloge atomique donneront l'heure au milliardième de seconde

ans, le réseau IGS servira à distribuer l'heure en divers points du globe de manière synchronisée. La longueur des câbles ou les changements de température entraînent des décalages gênants. Une dizaine de stations GPS sont déjà reliées à une horloge atomique pour démontrer la faisabilité du concept. En en-

nous pouvons déduire les imperfections de transmission provoquées par l'atmosphère, nous parviendrons bientôt à nous synchroniser à moins d'un milliardième de seconde près ! » Le Bureau international des poids et mesures, à Paris, croit beaucoup à ce projet, qui replace les astronomes au cœur de

UNIBERNE/CEDOS



Ils ont trouvé comment réparer

Elles coûtent trois fois plus cher que leur poids en or, et il en faut 132 par réacteur. A 28 000 F la pièce, cela représente un total de 11 millions de francs pour un seul avion de ligne comme l'Airbus A-310. Les "bijoux" dont il s'agit sont des aubes de turbine particulières (on dit aussi "ailettes"), dont l'alliage spécial est coulé sous contrôle pour ne former qu'un seul cristal, d'où leur nom d'aubes monocristallines.

SURCHAUFFÉES À PLUS DE 1 200 °C

Grâce à l'homogénéité de cette structure, ces petites pales profilées peuvent résister à l'élongation quand elles tournent à grande vitesse, surchauffées par les

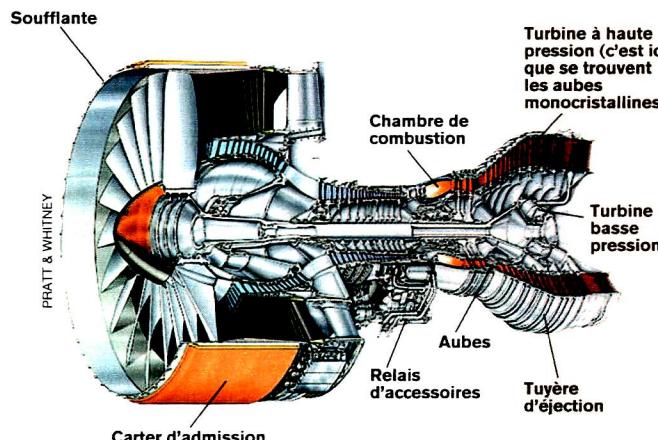
On jugeait l'opération impossible, mais des ingénieurs de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne ont démontré qu'on peut réparer certaines ailettes de réacteur d'avion qui valent trois fois plus cher que l'or...

gaz de combustion à plus de 1 200 °C. De surcroît, elles résistent bien mieux que les aubes ordinaires aux très éprouvants cycles d'échauffement et de refroidissement auxquels sont soumis les réacteurs des avions qui effectuent plusieurs vols par jour.

Les aubes monocristallines sont les éléments clefs des réacteurs performants d'aujourd'hui, mais elles sont loin d'être éternelles : comme les aubes ordinaires, elles s'usent en effleurant le cylindre

du réacteur et se fissurent avec l'âge. Les mécaniciens doivent donc les changer régulièrement. La compagnie aérienne Swissair, dont le parc d'aubes monocristallines a une valeur de plus de 130 millions de francs, a constaté que ces ailettes doivent être changées après seulement 7 000 heures de vol, au lieu des 15 000 heures qu'elle espérait.

Serait-il possible de les réparer ? Beaucoup de métallurgistes jugeaient l'opération technique-



DES CENTAINES

■ Au cœur d'un réacteur d'avion tourne un ensemble muni de centaines de petites aubes (appelées aussi ailettes) qui tournent plus vite que la grande hélice ("soufflante"), à l'entrée du réacteur, qui assure la majeure partie de la propulsion.

Sur un réacteur tel que le Pratt & Whitney 4000, très commun dans

les ailettes

Inévitables usure

En tournant, les ailettes (ci-dessous) effleurent le cylindre (carter) de la turbine.



SWISSAIR

Travail d'orfèvre

Pour réparer les aubes (ou ailettes), on coule sous contrôle un alliage spécial pour ne former qu'un seul cristal. On voit ci-dessus la tête du dispositif qui focalise le laser et la poudre d'alliage sur la pièce à réparer. Dans la petite zone lumineuse, la poudre se cristallise. Son faisceau, qui arrive en biais, est légèrement visible, mais pas le laser vertical, qui est infrarouge.

EPFL/CEDOS

Elles assurent ainsi son étanchéité. Mais, ces frottements sont l'une des causes de leur usure.

D'AUBES EN ROTATION

l'aviation civile, ces aubes sont étagées sur vingt et un rangs (étages). Quinze rangs sont situés avant la chambre de combustion et compriment l'air, faisant peu à peu monter la pression jusqu'à vingt fois celle de l'atmosphère. L'air comprimé arrive alors dans la chambre de combustion où il est mélangé au kérósène. Les gaz

brûlants qui s'échappent à l'arrière, en se détendant, assureront le reste de la propulsion. Et aussi la rotation de six rangées d'autres ailettes, chargées de faire tourner les aubes du compresseur et de la soufflante. Les deux premiers étages de ces aubes d'entraînement sont ceux qui ont la vie la plus rude : ils doivent résister

à des gaz de plus de 1 200 °C et à la force centrifuge, qui étièrent leurs aubes (15 kg/mm²). Les performances des turbines sont limitées par la qualité des aubes de ces deux étages : plus la température peut être élevée dans la chambre de combustion, meilleure sera la puissance et le rendement de la turbine.



COULAGE SIMULÉ

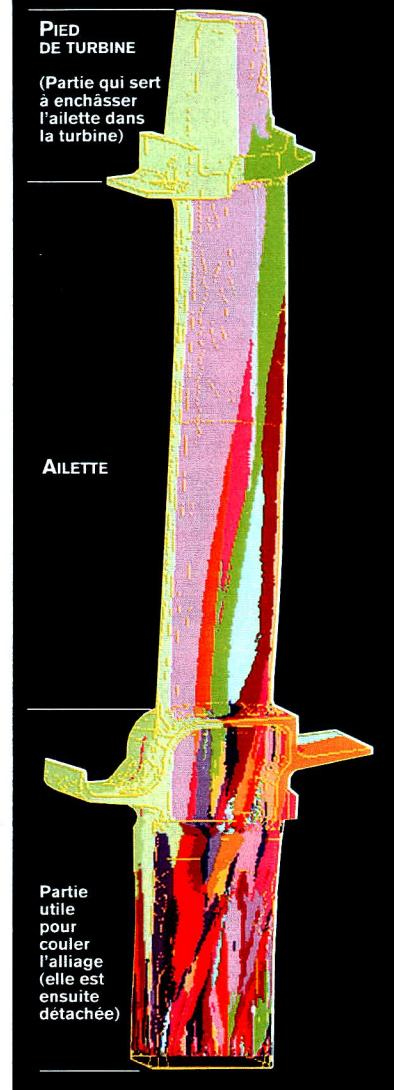
■ Le logiciel CAFE,

élaboré par l'équipe du Pr Michel Rappaz (Ecole polytechnique fédérale de Lausanne) en collaboration avec la jeune société Calcom, est le seul qui soit capable de simuler en trois dimensions la structure des grains cristallins dans des pièces de fonderie. L'image ci-contre présente la structure calculée d'une aube de turbine de réacteur d'avion, telle qu'elle sort du moule. Chaque grain est représenté par une couleur, en fonction de son orientation cristallographique. La partie basse de la pièce sert d'amorce à la coulée de l'alliage et sera par la suite coupée, tandis que la partie haute permettra d'enchâsser l'aube dans la turbine. Il s'agit d'une aube solidifiée sous vide, dans un gradient thermique : les grains sont allongés et peu nombreux dans la partie

"ailette" de l'aube.

Pour obtenir des aubes monocrystallines (formées d'un cristal d'un seul tenant), on emploie le même procédé, mais la forme de l'amorce est bien plus complexe. Dans ce cas, l'aube simulée par CAFE n'aurait qu'une seule couleur.

A noter que ces aubes sont faites d'alliages à base de nickel additionnés de plus d'une dizaine d'éléments judicieusement dosés : chrome, cobalt, aluminium, titane, etc. Après la solidification, les aubes sont revêtues de couches de céramique qui les protégeront de la chaleur intense des gaz de combustion du réacteur. Pour la même raison, elles sont souvent creuses et percées de trous minuscules qui facilitent la circulation d'air de refroidissement.



CALCOM

ment impossible, car il faut parvenir à déposer le même alliage – il se compose d'une dizaine d'éléments chimiques – en prolongement du cristal existant, et sans discontinuité atomique.

C'est pourtant ce qu'a réussi à faire l'équipe du Pr Wilfried Kurz, à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, dans le cadre du programme prioritaire de recherche en matériaux lancé par la Suisse, en partenariat avec Swissair et des industriels. Les ingénieurs ont d'abord étudié la théorie de la croissance du cristal pour cerner les conditions phy-

siques nécessaires à l'opération. Puis Matthias Gäumann a travaillé avec de l'alliage en poudre, fin comme le sable d'un sablier, et un laser infrarouge (longueur d'onde : 10,6 micromètres).

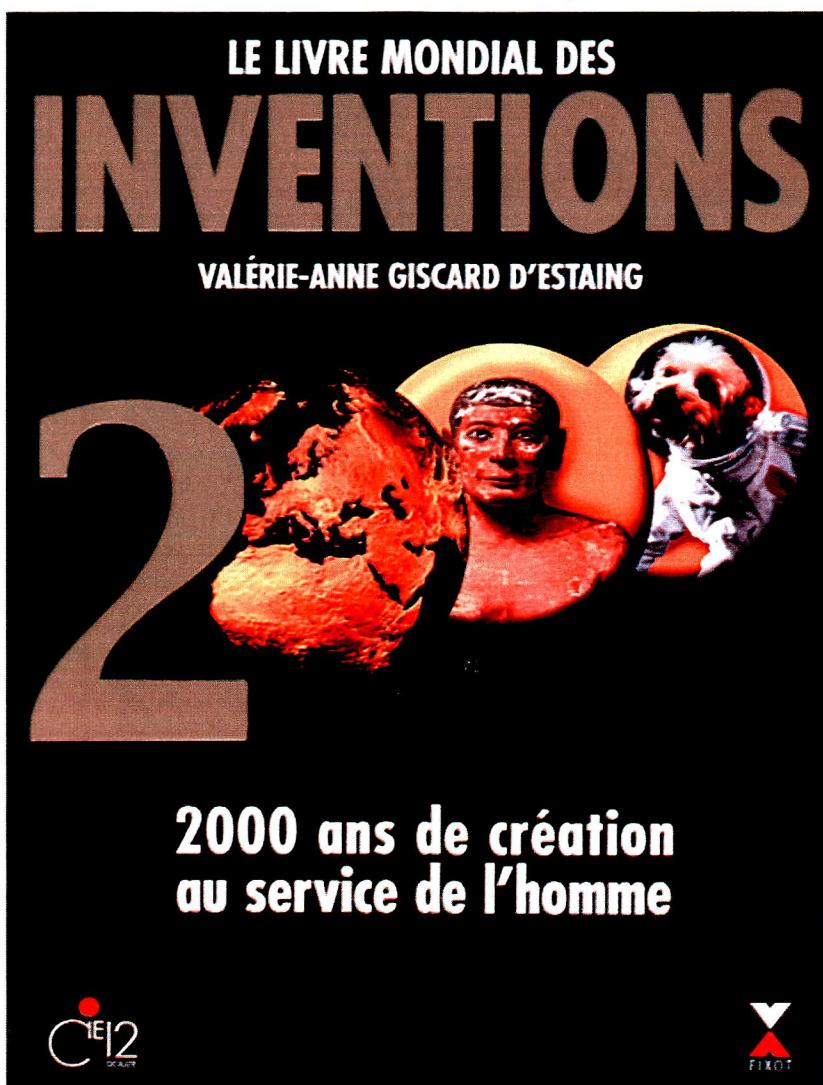
DU LABORATOIRE À L'ATELIER DE MÉCANIQUE

Pour établir une comparaison grossière, sa technique ressemble à de la soudure : le laser joue le rôle du chalumeau et la poudre, celui de la tige d'étain : elle est projetée par de l'argon, un gaz inerte, à la vitesse de 2 m/s. Le jet de poudre et le faisceau focalisé du laser se re-

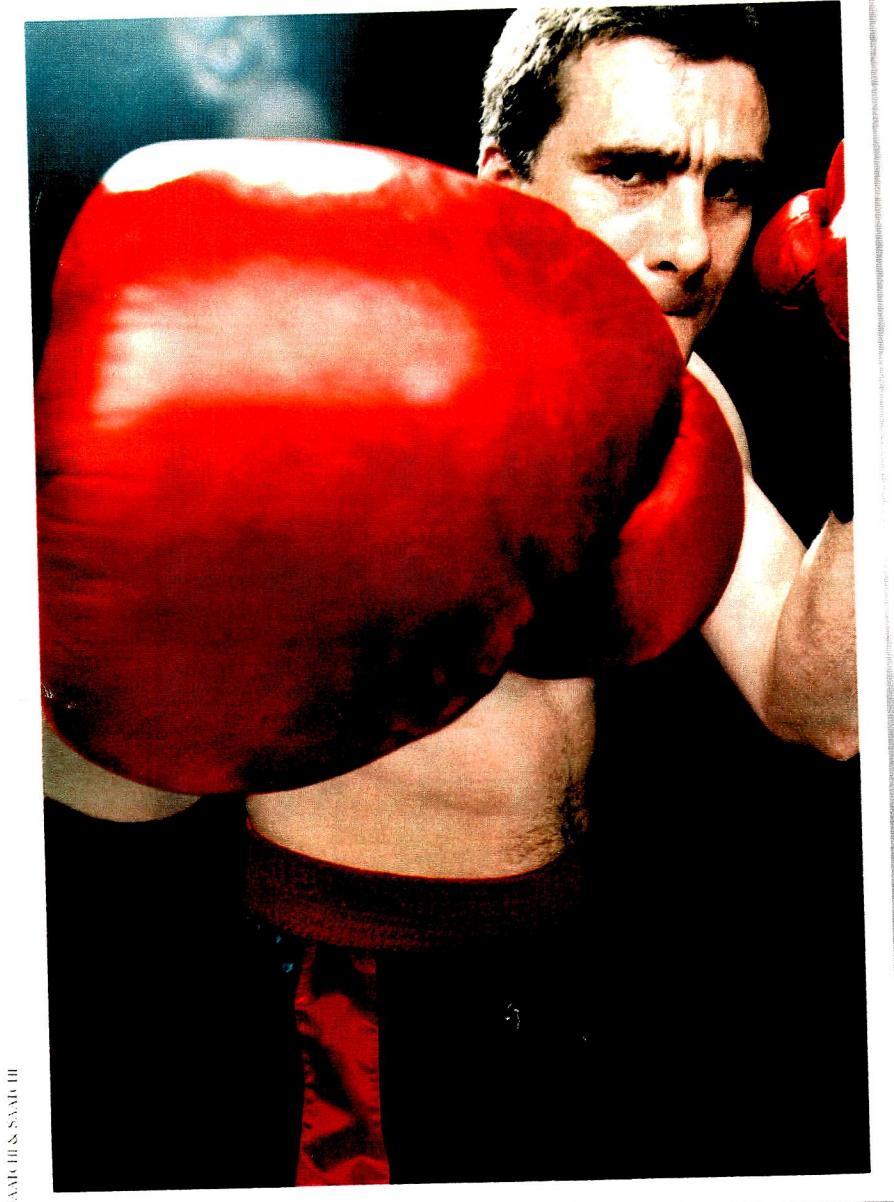
joignent sur l'objet à réparer avec une grande précision : la réaction se produit dans à peine quelques millimètres cubes, à une température d'environ 2 000 °C.

L'entreprise de technologie helvétique Sulzer, partenaire du projet, a pris les brevets du nouveau procédé, qu'il faut maintenant mettre au point pour passer du laboratoire à l'atelier de mécanique. Il intéresse non seulement Swissair, mais aussi Asea Brown Boveri, qui fabrique des turbines à gaz stationnaires, génératrices d'électricité, dont la technologie s'inspire des réacteurs d'avion. ■

L'édition du millénaire



Tout en couleur
Grand format relié
288 pages 157 F



www.france.hp.com



SAMPH & SAMPH

SEULE LA RÉALITÉ DÉPASSE L'IMPRESSION.



IMPRIMANTES
HP DESKJET
avec HP PhotoREt

Si votre premier réflexe est d'esquiver ce coup, c'est parce que ce boxeur a été imprimé grâce au plus avancé des procédés d'impression jet d'encre disponibles actuellement : la technologie de précision PhotoREt de Hewlett-Packard. Un procédé révolutionnaire qui permet aux imprimantes jet d'encre HP de placer jusqu'à 29 gouttes d'encre à l'intérieur de chaque point microscopique. Résultat : vous obtenez une photo d'une qualité extraordinaire, imprimée en un temps record. Non seulement vous ne perdrez plus de temps, mais vous aurez toujours des images d'une qualité exceptionnelle, aussi vivantes que la réalité elle-même.

 **HEWLETT
PACKARD**
Expanding Possibilities*

*HP. Et tout devient possible

DIRIGÉ PAR ROMAN IKONICOFF

Science
@
Télé



A. SYRED/SPL/OSMOS

La puce et la fourmi



S'il est peu probable de trouver dans la nature une petite fourmi (6 mm de long) s'appropriant un microprocesseur (1 mm² de surface), cette image a le mérite d'illustrer l'énorme travail de miniaturisation ac-

compli par l'industrie électronique depuis trois décennies. Il y a fort à parier que, dans quelques années, quand les puces auront atteint une taille inférieure au dix-millionième de mètre, une descendante de cette fourmi ne pourra même plus percevoir l'objet... R. I.

ACTUALITÉ p.142

Les dernières nouvelles des réseaux

MULTIMÉDIA p.148

Sport en direct du Web

INTERNET p.154

Les virus attaquent

Le diamètre de la Toile



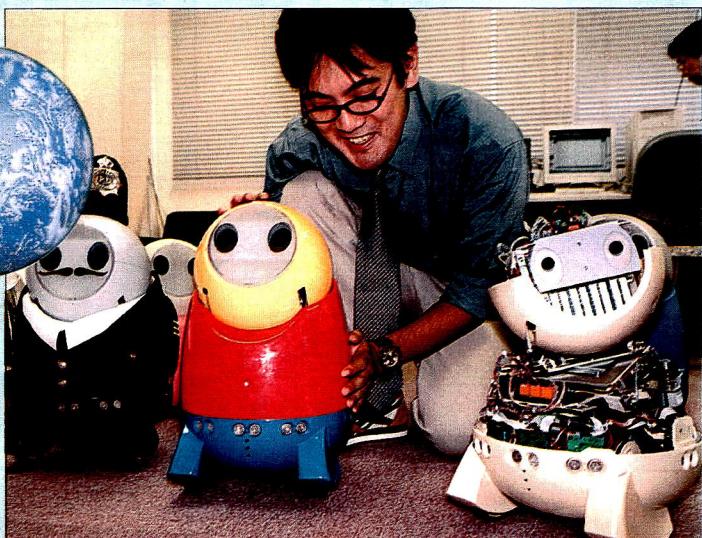
L'internet n'est pas seulement un outil d'information. Il se transforme parfois en sujet d'étude pour les scientifiques. La preuve : une équipe de chercheurs américains du département de physique de l'université de Notre Dame (Indiana) s'est adonnée à l'analyse de la structure profonde du réseau mondial. Elle s'est demandé combien de "clics" séparent deux pages quelconques de la Toile.

Un robot numérique – entité virtuelle qui circule dans le réseau et recense tous les liens hypertexte (liens qui renvoient d'un site à un autre) des pages visitées – leur a fourni la réponse : sachant que la Toile contient quelque 800 millions de pages, il ne faut en moyenne que dix-neuf clics pour passer d'une page Web à une autre. En d'autres termes, si un internaute se trouve, par exemple, sur la page du film *Star Wars : la Menace fantôme* et désire se rendre à la page de Météo France en se servant des liens hypertexte, il devra parcourir au mieux dix-huit pages intermédiaires, ce qui situe les deux pages à une "distance" de dix-neuf clics.

De plus, si le réseau croissait de 1 000% (9 milliards de pages), la distance moyenne (appelée aussi "diamètre" du réseau) passerait de dix-neuf à vingt et une pages (ou clics).

Que révèle ce résultat ? Que la Toile obéit aux lois des "systèmes auto-organisés à forte interactivité". Bref, l'expansion du réseau, loin d'être aléatoire, est un phénomène collectif décrit par certaines lois statistiques.

R. I.



Tête d'œuf mécanique

Ce robot prototype de l'entreprise japonaise NEC s'appelle R-100. Haut de 44 cm, il se déplace, parle et comprend ce qu'on lui dit... Mais il n'est pas encore commercialisé.

Guerre des tarifs



Depuis quelque temps, l'internet gratuit se développe en France. Pour garder son leadership, France Télécom Wanadoo (www.wanadoo.fr) fait le pari d'une nouvelle formule, baptisée Libre @ccès, qui permet à l'internaute de surfer vingt heures par mois pour 100 F, soit 5 F de l'heure (au lieu de 16,70 F aux heures pleines et 8,70 F aux heures creuses au tarif classique).

Pour ne pas se laisser distancer, la concurrence a réagi. Club-Internet (www.club-internet.fr) a lancé, en octobre dernier, son service Transparency : 4,85 F l'heure de connexion (97 F par mois pour vingt heures). De son côté, Freesbee (www.freesbee.fr) propose Freesbee Plus : le fournisseur d'accès a acheté à France Télécom des "minutes" de communication et les refacture à ses abonnés, ce qui permet une réduction de 25% de la tarification téléphonique locale. En outre, il applique un forfait de 90 F par mois pour vingt heures (4,50 F de l'heure) s'il est plus avantageux pour l'internaute.

La dynamique de baisse des coûts de connexion devrait se poursuivre. P. G.

La concurrence fait rage sur le réseau.



Réservez dès à présent le coffret souvenir de l'éclipse

Les plus belles photos, en série limitée, sélectionnées par SCIENCE & VIE.

SCIENCE & VIE L'éclipse 11 août 1999



Le coffret souvenir du soleil noir

Tana
éditions

SÉRIE LIMITÉE

Le coffret commémoratif de la plus belle éclipse du XX ème siècle vient de paraître.

Il contient 20 superbes photos commentées par les meilleurs spécialistes de Science & Vie.

Attention : seulement 2 000 coffrets numérotés ont été édités en souvenir de cet événement. Pour être certain de recevoir le vôtre

Réservez-le dès à présent !

A partir de
129
francs



BON DE COMMANDE PERSONNEL

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à SCIENCE & VIE
1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15 - France

Oui je commande coffret(s) Souvenir du Soleil Noir*
pour 129 F seulement, plus 20 F de frais de port
pour la France Métropolitaine soit 149 F**

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville

Pays

● Je règle la somme de F

Je choisis de régler par :

chèque bancaire ou postal à l'ordre Science & Vie

carte bancaire

N°

expire à fin mois année

Date et signature obligatoires

* format du coffret : 305 x 365 mm. format intérieur : 295 x 365 mm.
Délai de livraison 4 à 5 semaines à partir de la réception du bon de commande.

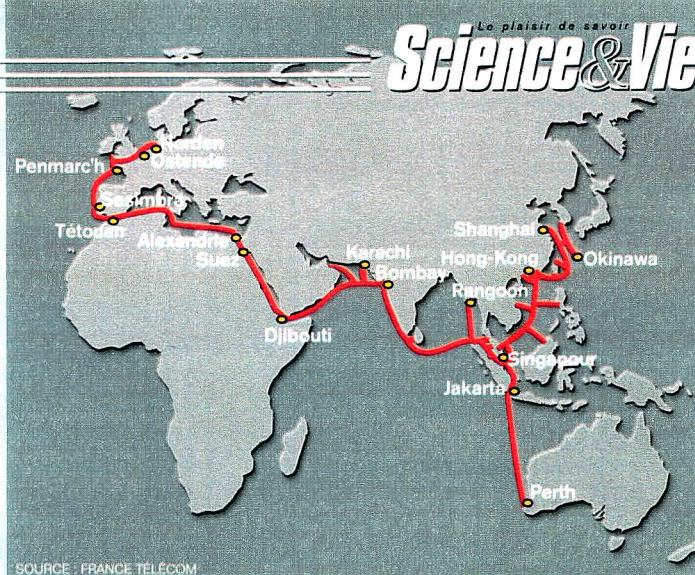
OFFRE VALABLE DANS LA LIMITÉ DES STOCKS DISPONIBLES JUSQU'À FIN JANVIER 2000.
Conformément à la loi informatique et liberté du 06/01/78, vous disposez d'un droit d'accès et de modification aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il suffit de nous écrire.

** 50 F de frais de port pour les autres destinations soit 179 F.



Planète câblée

France Télécom a mis en service Sea-Me-We 3, le plus grand câble en fibre optique du monde. Long de 40 000 km, il relie trente-trois pays et véhicule un débit de 40 gigabits/s, ce qui devrait permettre à 4 milliards de personnes de communiquer.



SOURCE : FRANCE TÉLÉCOM

Signature électronique : enfin !



Parcourir des milliers de kilomètres pour signer un contrat ou parapher un acte de vente sera bientôt une contrainte inutile. La loi qui devrait être vo-

tée en décembre ou en janvier va donner à la signature électronique la même valeur légale que la signature écrite, alors que, pour l'instant, seule la preuve littérale – c'est-à-dire par écrit – fait foi.

La signature électronique sert à certifier qu'un acte électronique est authentique et provient bien du "signataire". On utilise à cet effet une "biclef" : ce système permet à une personne de coder un document signé à l'aide d'une clef numérique qui lui est personnelle et secrète. Son correspondant jugera de l'authenticité de la signature à l'aide d'une autre clef, publique, qui pourra figurer, par exemple, dans des annuaires. P. G. Pour en savoir plus, http://digitalid.verisign.com/client/help/id_intro.htm

Visage de passe



La multiplication de sites internet qui sollicitent un mot de passe pour ouvrir leur porte oblige l'internaute à de gros efforts de mémoire. Aussi, le site Passcentre (www.passcentre.com) propose une solution de rechange amusante : regrouper tous les mots de passe de l'internaute dans un seul fichier "en ligne" secret.

Quand il veut accéder à l'un de ses sites, l'internaute se branche sur le Passcentre, qui fera, à sa place, le travail de connexion au site souhaité. Cependant, pour accéder au Passcentre, il faut un code secret... C'est là que l'astuce intervient : au lieu de choisir un mot de passe, on choisit une série de cinq visages parmi des dizaines, selon ses préférences esthétiques. Comme la mémoire des visages est plus efficace que la mémoire des mots, on risque moins de les oublier. H. P.

Ce mot de passe se compose de cinq visages.



Bébé à vendre

Le 3 septembre dernier, un enfant dont la naissance avait été prévue pour la fin du mois a été mis en vente sur le site internet d'eBay pour 100 000 dollars. Selon les responsables du site, l'annonce – rapidement retirée – avait échappé à leur surveillance.



recherche

Cassiopée

voila



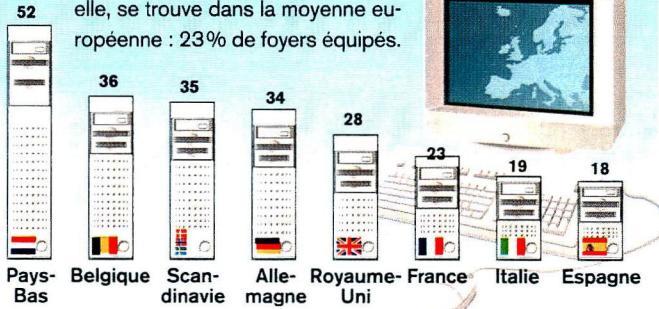
voila, c'est votre point de départ sur internet.
Pour s'orienter, s'informer, communiquer, jouer, sortir
et se divertir, il suffit de taper www.voila.fr. Moteur de
recherche accessible à tous les internautes.
voila est recommandé par Wanadoo.



Tout ce que vous cherchez est là.

L'Europe en retard

Un foyer européen sur quatre est équipé d'un micro-ordinateur, alors qu'aux Etats-Unis une famille sur deux en possède un. En Europe, les disparités sont grandes entre le nord (les Pays-Bas, par exemple) et le sud (l'Espagne ou l'Italie, notamment). La France, elle, se trouve dans la moyenne européenne : 23% de foyers équipés.



SOURCES : DATAQUEST, INTECO, GFK, PACKARD BELL

Un code secret dévoilé

@ Alors que plusieurs grandes sociétés (dont America Online, IBM et Microsoft) se regroupent pour réfléchir à la sécurité du commerce électronique, une coalition d'équipes internationales menée par le laboratoire CWI d'Amsterdam (Pays-Bas) vient de casser le code RSA-155, qui protège près de 95% des échanges électroniques...

Pour mettre au point ce système de cryptage, la société RSA avait utilisé, dans le plus grand secret évidemment, deux grands nombres premiers dont la multiplication

donnait un nombre monstrueux de 155 chiffres, qu'elle avait rendu public. Si, pour crypter un message, il suffit d'employer ce nombre, connu de tous, pour le déchiffrer, il faut connaître les deux facteurs premiers tenus secrets.

Jusqu'à présent, les ordinateurs étaient incapables de les calculer en un temps "raisonnable". Trois cents ordinateurs, tournant en parallèle pendant sept mois, viennent pourtant de réussir cette "impossible" factorisation. La société RSA conseille dorénavant d'utiliser des clefs à 232 chiffres, voire à 309.

H. P.

Bornes d'accès gratuites



A la fin de l'année, Pacific Digital Telecom aura installé en France mille bornes publiques d'accès à l'internet ("cyberdeck") entièrement gratuites.

La loi des réseaux



Les moteurs de recherche, ces robots numériques qui permettent de trouver des sites Web à partir de mots clés contenus dans leurs pages, dénombrent fort mal les sites présents sur la Toile (voir *Science & Vie* n° 984, p. 128).

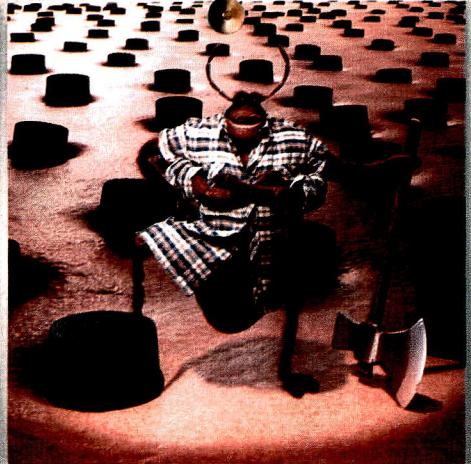
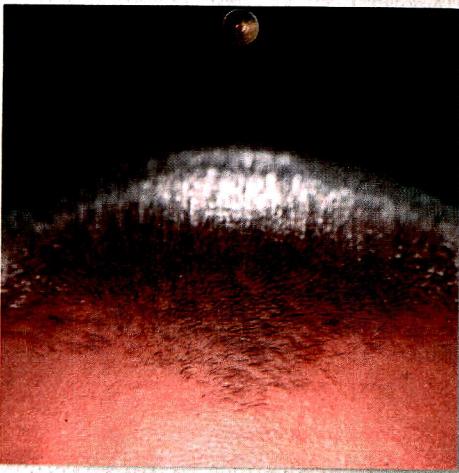
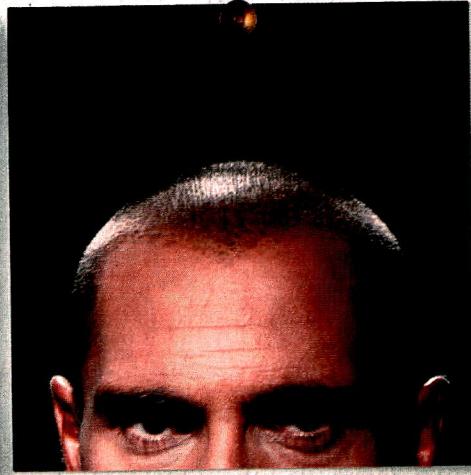
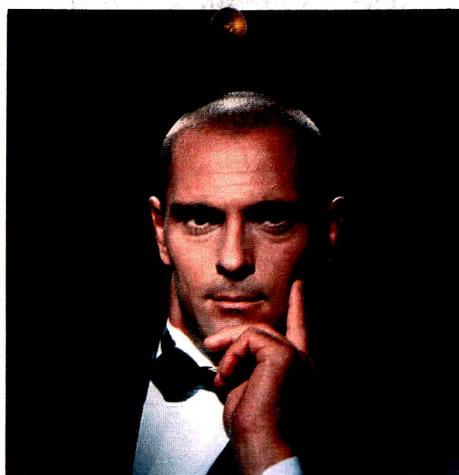
Une équipe du Palo Alto Research Center (PARC) de Xerox a cependant réussi à "extraire" une loi mathématique liant le nombre de pages n d'un site à la probabilité $P(n)$ de "tomber dessus" lorsqu'on se sert d'un moteur de recherche donné.

Les scientifiques ont testé les moteurs Infoseek (www.infoseek.com), qui recense 525 882 sites, et Alexa (www.alexa.com), qui en dénombre 259 794. Dans les deux cas, la probabilité de trouver un site contenant n pages est proportionnel à n^{-b} . Pour l'Infoseek, b est compris entre 1,65 et 1,85; pour Alexa, entre 1,77 et 1,91.

La loi veut, par exemple, que la probabilité de trouver un site contenant dix pages parmi les plus de 500 000 sites recensés par le moteur Infoseek soit proche de 10^{-2} (une chance sur cent). Outre qu'elle décrit une caractéristique structurelle du Web (les résultats pour les deux moteurs étant assez proches), cette loi permet de calculer le nombre de sites internet contenant un nombre de pages donné sans qu'il soit nécessaire de les dénombrer un par un. Ce qui pourrait se révéler fort utile dans la conception de nouveaux moteurs plus efficaces. R. I.

Ont collaboré à cette rubrique :

Paul Gerhard, Hervé Poirier.



Scanner EPSON *Perfection 1200*. Aucun détail ne peut lui échapper.



Après avoir mis à la portée de chacun les imprimantes haute résolution, **EPSON** bouleverse le marché des scanners et lance les **Perfection 1200**, équipés d'une tête de 1200 dpi optique. En offrant une résolution double, les scanners **EPSON Perfection 1200** vous permettent d'agrandir et d'agrandir encore sans perdre le moindre détail ! Véritable 2 en 1, le modèle **Perfection 1200 PHOTO** traite vos négatifs, diapositives et ektas, en plus des documents papier textes ou photo. Enfin, parce que l'**EPSON Perfection 1200** est vraiment un scanner tout public, non seulement son prix est très accessible mais en plus il possède la touche **Autoscan** pour automatiser l'utilisation au quotidien. Et puis comme nous ne coupions pas les poils en 4, une offre logicielle des plus complètes est fournie en standard pour votre PC, Mac ou iMac.

Pour en savoir plus, contactez-nous au 01 40 87 37 77
ou visitez notre site internet : www.epson.fr

1200 dpi optique
à partir de 1590 F TTC

QUI VOUS COMPREND MIEUX QU'EPSON ?

EPSON

Imprimantes-Scanners-Projecteurs-Appareils photo numériques

WIND
23.5

02'38"

Sport en direct du

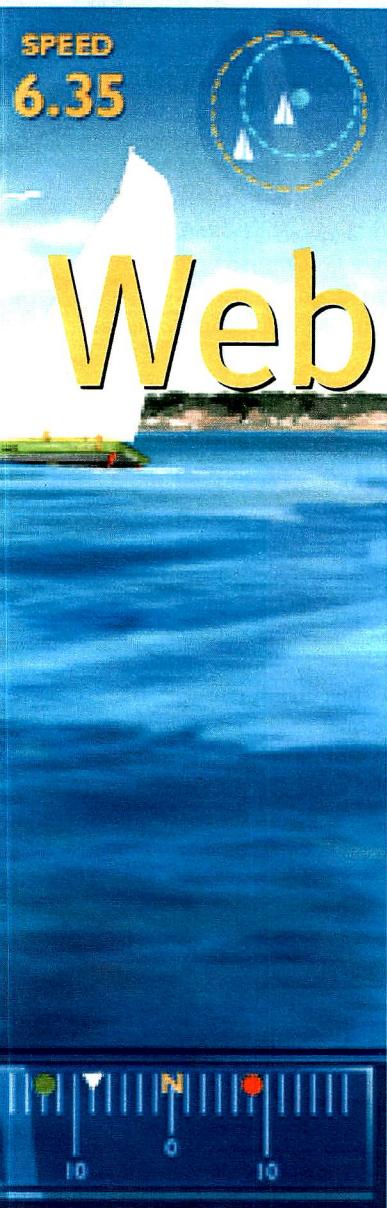


S'embarquer" à bord d'un voilier pour suivre une véritable régate, se mettre dans la "peau" d'un joueur de football durant un match de l'Euro 2000, se "glisser" dans l'habitacle d'une Formule 1 au moment du départ, se placer à quelques centimètres du trou lors d'un tournoi de golf... Bref, suivre une compétition sportive en direct

Diffuser en direct sur le Web des événements sportifs, tout en offrant une liberté totale du choix de l'angle de vue, telle est la vocation de Mendel 3D. Une technologie nouvelle qui allie images de synthèse et mouvements en temps réel.

en choisissant soi-même le "point de vue" (fixe ou mouvant), c'est aujourd'hui possible grâce à une nouvelle technique informatique appelé Mendel 3D.

Conçue par la société française Duran, spécialisée dans la réalisation d'images de synthèses et d'effets spéciaux pour le cinéma, le système Mendel 3D propose à



d'images de synthèse. Pour prouver la puissance de ce procédé, Duran l'a récemment appliquée à la retransmission en direct sur le Web d'une régate : le Grand Prix de France à Lorient. L'événement sportif a surtout été l'occasion de tester comment Mendel 3D gère simultanément des milliers de consultations interactives d'une même scène mais sous des angles différents. Bien entendu, il est totalement impossible d'attribuer une caméra à chaque "joueur". De plus, transmettre en même temps sur le Web une multitude de séquences vidéo demanderait une capacité de transmission bien supérieure à celle qu'offre un modem. Comment satisfaire alors les requêtes des innombrables utilisateurs ? Simplement en ne faisant transiter aucune image par le réseau. C'est en fait dans l'ordinateur de l'internaute que siégeront les images et que la plupart des "calculs" se feront. Avant que ne

teau, par exemple, sa silhouette globale parvient à la machine sous forme de coordonnées. Ces points sont issus de volumes de base simples. Il peut s'agir, entre autres, des sommets d'un polygone, du centre d'une sphère, de l'axe et du diamètre d'un cylindre, etc. A partir de ces premières informations, la machine crée une représentation tridimensionnelle du bateau en construction dite "fil de fer" (voir p. 163).

CONSTRUCTION D'IMAGES VIRTUELLES À DOMICILE

Chaque "objet 3D" contient aussi des informations de couleur et de texture. L'ordinateur les applique sur le volume que détermine la construction fil de fer et retrouve les couleurs et l'aspect du voilier. Enfin des informations complémentaires concernent les caractéristiques physiques de chaque élément telles que souplesse ou rigidité, type de déformation, etc.

On évolue dans la réplique d'un événement réel en cours

débute l'événement, l'ordinateur des spectateurs reçoit du centre serveur - qui se charge de la transmission des informations - une "extension" et des "objets 3D", deux termes qui demandent quelques explications.

L'extension, également appelée *plug-in*, est un petit logiciel qui indique à l'ordinateur comment exploiter les informations de mouvements. Après analyse de ces informations, il affiche et anime une image sur l'écran. Les "objets 3D" sont les éléments qui composeront l'image. Dans le cas de la régate, par exemple, il s'agissait de la forme des bateaux, de celle des bouées, du décor, des couleurs, etc. Pour restituer un ba-

Dans le cas des voiliers, par exemple, elles permettront aux voiles de flotter dans le vent, alors que la coque y est insensible. On obtient ainsi des images de synthèse extrêmement réalistes. Une fois en possession de l'ensemble de ces éléments, l'ordinateur "construit" l'image virtuelle. Il ne reste plus qu'à l'animer.

C'est là que le "temps réel" intervient. La machine doit connaître en permanence les positions et les mouvements des objets 3D qui composent les voiliers virtuels. Lors de la régate, un récepteur GPS (1)

(1) Global positioning system : système qui permet de localiser sa position en un lieu quelconque du globe.

l'utilisateur d'évoluer librement dans un monde, certes virtuel, mais qui est la réplique conforme d'un événement réel en cours. L'interactivité est totale et, tel un pur esprit, le spectateur peut choisir un lieu quelconque de cet univers comme point d'observation.

Le système exploite conjointement des dispositifs de localisation et de détection des mouvements, l'Internet et la gestion



équipait chaque bateau (bardé de détecteurs) et les bouées. Mais si cet appareil indique la position du navire, il ne recueille, en revanche, aucune information sur son cap, l'état de ses voiles ou sa gîte. Il a donc fallu avoir recours à des équipements complémentaires. La mesure de la direction a été confiée à un compas électronique (une boussole). Un détecteur, comparable à un horizon artificiel d'avion, avait pour mission d'évaluer le roulis et le tangage. D'autres détecteurs veillaient sur la



Le récepteur GPS 1 qui équipe chaque voilier détermine avec précision sa position. Une centrale inertentielle détecte la gîte et le tangage. Une boussole électronique détermine son cap. Des dispositifs logés sur la bôme 2, le foc 3 et le gouvernail évaluent l'état de la voilure 4 et de la barre. Les mesures ainsi recueillies sont transmises par radio 5 à un ordinateur à terre. Celui-ci extrait les informations nécessaires à la "reconstruction" 6 en temps réel de l'image animée et les transmet sur l'Internet 7.

position de la bôme (mât horizontal maintenant la grand-voile), du foc et de la barre.

Qu'advient-il de ces informations ? Une liaison les rapatrie depuis chaque bateau vers un ordinateur à terre. Celui-ci a pour mission de les interpréter et de ne transmettre sur l'Internet, que les données indispensables à l'animation des images (voir dessin). L'in-

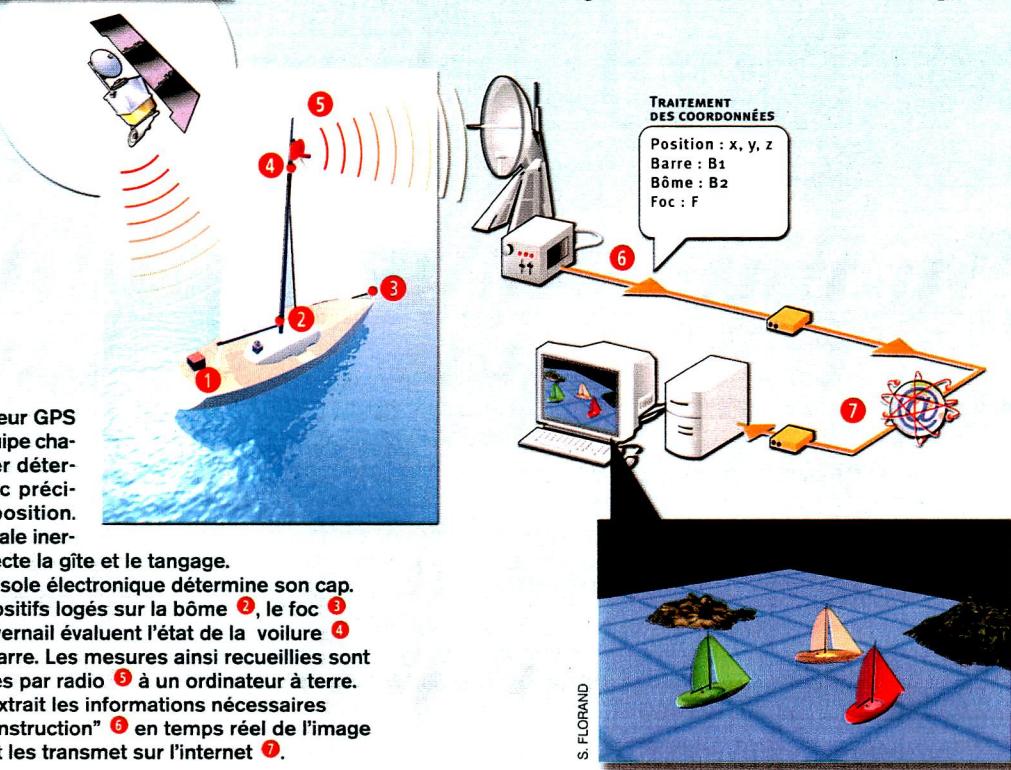
qu'affiche l'ordinateur est intégralement reconstituée à partir d'éléments modélisés dans sa mémoire et non pas transmis par une caméra. Le cadrage obtenu sur l'écran n'est en réalité que le résultat d'un calcul effectué par l'ordinateur du joueur. Lorsque celui-ci observe la scène, son point d'observation, qui n'a rien à voir avec le champ de vision d'une caméra,

La technologie de ce logiciel s'adapte à presque tous les sports

térêt majeur du procédé réside dans le fait que le nombre de données issues de ces mesures est extrêmement réduit, leur transmission via l'Internet ne requiert donc qu'un faible débit : pour animer l'image avec réalisme, il suffit de transmettre environ 300 octets par seconde, soit seulement le vingtième des capacités de transmission d'un modem actuel. Ainsi, l'image

se résume à trois coordonnées (X, Y et Z) dans l'"espace" de l'image synthétisée.

Cette caractéristique offre des possibilités illimitées : l'action peut ainsi être suivie sous n'importe quel angle, même sous un angle mobile de l'image (à la place du skipper, par exemple). Outre ces choix de positionnement de la caméra, la technique



permet de jouer sur la focale : on jongle entre champs grands angulaires et zooms. Il ne s'agit que de calculs complémentaires appliqués aux perspectives de l'image de synthèse. Ici encore, c'est le *plug-in* qui a pour mission d'interpréter les ordres que fait parvenir l'utilisateur, à l'aide de la souris de la machine...

RECONNAÎTRE LES FORMES

Cette façon de regarder une compétition n'est cependant pas transposable à tous les sports. Certains ne s'y prêtent pas. Comment, par exemple, transmettre un match de football ou un tournoi de tennis sans barder les pauvres joueurs de capteurs ? Car il faut pouvoir déterminer la position des bras ou des jambes ainsi que sa posture générale. De plus, la précision de localisation du système GPS (au mieux une dizaine de mètres) est parfaitement insuffisante pour mesurer précisément les déplacements sur un terrain de football.

Et la balle, faut-il aussi lui "greffer" un capteur ? Est-ce possible de le faire malgré les contraintes phénoménales qui s'exercent sur les ballons de football et les balles



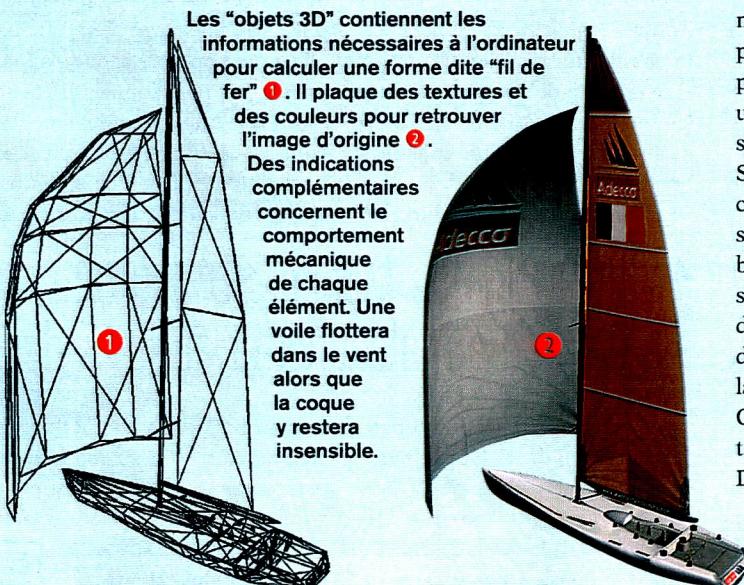
L'utilisateur a le libre choix de son point d'observation. L'image est calculée par l'ordinateur et présentée avec un réalisme étonnant.

de tennis et qui risqueraient de détruire irrémédiablement le matériel électronique ?... Pour résoudre ces problèmes, Duran a mis en œuvre un procédé d'analyse totalement différent du précédent : la détection des mouvements est confiée à des caméras vidéo qui filment l'ensemble des déplacements. Un ordinateur récupère les images et, grâce aux logiciels de reconnaissance de forme qui l'équipent,

il isole le parcours de chaque joueur ainsi que celui de la balle. Une technique proche avait d'ailleurs été utilisée pour étudier les matchs d'entraînement de l'équipe de France lors du Mondial 1998 (voir *Science & Vie* n° 969, p. 118).

DISTRIBUER LE LOGICIEL AU PLUS GRAND NOMBRE

A l'issue de ce traitement, les données collectées sont tout à fait comparables à celles que transmettaient précédemment les équipements des voiliers. On comprendra aisément que le *plug-in* utilisé pour la régate soit en mesure de gérer ces informations. Seuls les décors et les "objets 3D" changeront : un stade et des personnages au lieu d'une mer et des bateaux. Le même logiciel est ainsi prêt à gérer n'importe quel type de situation. C'est uniquement dans la "capture" informatique de la scène que la technique diffère. Cette similitude entre les deux techniques est essentielle car Duran ne cherche pas à vendre directement son produit aux particuliers mais à offrir un présentation à des clubs sportifs, à





F3
FUN
MODE

des associations ou à des professionnels de la diffusion (libre à eux, par la suite, de facturer ou non la retransmission). Il est donc capital que les internautes (clients potentiels) disposent d'un *plug-in* aussi universel que possible. Ce qui évite d'avoir à adapter la technique à chaque transmission.

MARIONNETTES VIRTUELLES

Il n'y a pas de raison *a priori* pour que Mendel 3D reste cantonné au sport. Son utilisation dans le téléchargement paraît possible. Actuellement, sur l'Internet, lorsqu'un utilisateur se connecte sur un centre de vente par correspondance, les "pages" restent très proches de celles d'un catalogue imprimé. L'interactivité se limite souvent à une image plus ou moins rapprochée des marchandises. Tout le potentiel qu'offre le Web n'est donc pas exploité. Avec

La technique Mendel 3D ne s'applique pas seulement aux retransmissions en direct sur le Net. Sa puissance de gestion lui confère une extrême fluidité d'animation. Intel a utilisé ce logiciel pour les démonstrations de son nouveau Pentium III.

Mendel 3D, l'acheteur pourrait manipuler virtuellement l'objet depuis son ordinateur. Certes d'autres logiciels offrent déjà cette possibilité, mais leur lourdeur et le nombre de données à traiter les rendent difficilement exploitables pour une simple consultation de site.

Enfin, dans le domaine des jeux

partie la plus lourde du calcul) est particulièrement légère dans le cas de Mendel 3D. Aussi, à puissance égale, l'ordinateur peut en gérer un plus grand nombre sans qu'apparaissent les traditionnels effets de saccade des mouvements. D'ailleurs, Intel a choisi ce procédé pour présenter au public les performances de son nouveau processeur

L'utilisation de Mendel 3D pourrait s'étendre au téléchargement et au jeu vidéo

vidéo, Mendel 3D semble constituer un "outil de développement" particulièrement puissant. Sa légèreté peut abréger la durée de téléchargement de logiciels de jeux. De plus, l'animation des images (la

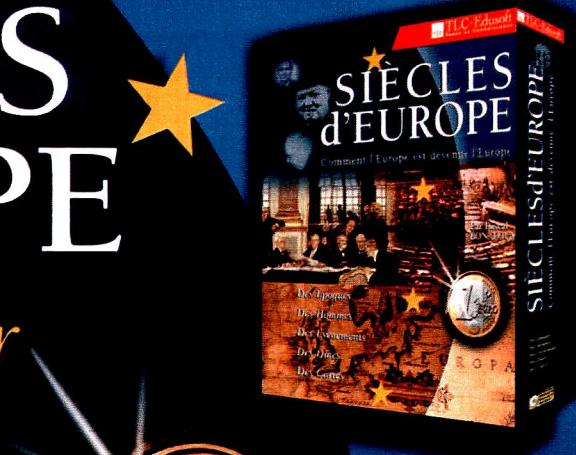
Pentium III dans les meilleures conditions possibles : une série de personnages en 3D créés pour s'animer en un véritable spectacle de marionnettes virtuelles lors de démonstrations.



SIÈCLES d'EUROPE

*Plongez au cœur
de votre culture*

Du mythe d'Europe aux traités de Maastricht et d'Amsterdam, découvrez comment l'Europe s'est construite au fil des siècles en dépit des rivalités et des conflits : Religions, Politique, Economie, Arts ...



Des Époques

Des tableaux époque par époque et une chronologie de 732 à 1999

Des Événements

De l'Empire de Charlemagne ou des révolutions nationales à la création de l'euro : revivez les grands événements qui ont marqué l'Europe !



Des Hommes

Consultez 1500 biographies d'artistes, découvreurs, hommes d'État...



Des Cartes

Des cartes historiques pour illustrer les partages politiques



Des Valeurs

Découvrez les mythes, les modèles et les valeurs sur lesquels l'Europe s'est fondée

L'outil complet

SUR CD-ROM

pour analyser,

comprendre et anticiper l'Europe de demain



Par Pascal BONAFOUX

Romancier et historien de l'art, enseignant à l'université de Paris VIII.



Venez découvrir le monde en ligne de TLC-EduSoft sur www.tlc-edusoft.fr

Pour recevoir notre catalogue, écrivez-nous à l'adresse suivante :

TLC-EduSoft : 53, avenue de l'Europe - 80080 Amiens

Pour tout information : N° Indigo 0 800 020 010

TLC TLC-Edusoft Toute La Connaissance

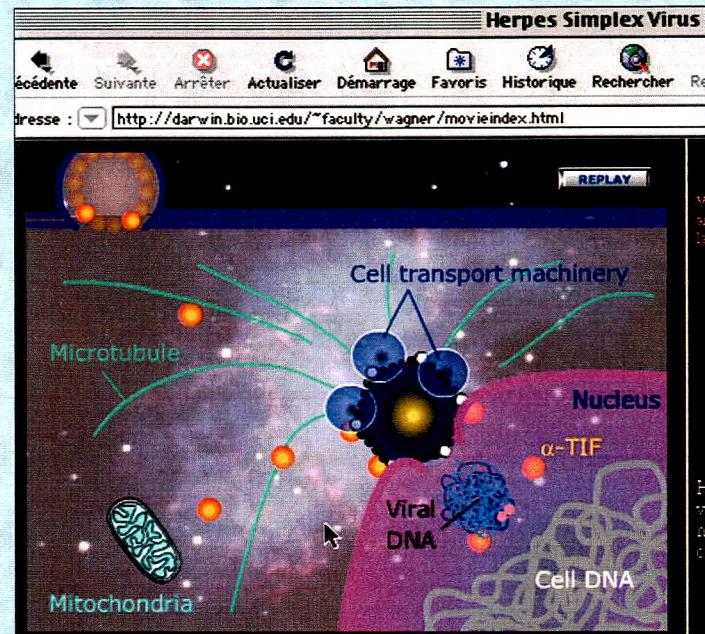
Les virus attaquent

Les épidémies virales ont joué un rôle capital dans l'histoire. Ce qui explique le nombre élevé de sites internet consacrés aux virus, ces ennemis naturels de l'homme.



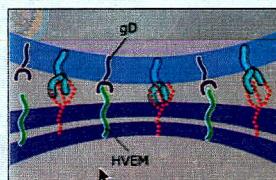
Pour survivre et se développer, les espèces s'affrontent parfois dans des combats inégaux. Mais, dans la vie, ce n'est pas toujours le plus grand qui l'emporte. Par exemple, les virus (terme qui signifie "poison" en latin) livrent aux êtres vivants une lutte acharnée depuis la nuit des temps. Bien que leur taille dépasse rarement quelques centaines de milliardièmes de mètre (nanomètres), l'évolution les a dotés d'une fantastique capacité d'adaptation par mutations qui les rend aussi versatiles qu'invincibles.

Si l'actualité a mis sur le devant de la scène les rétrovirus du type



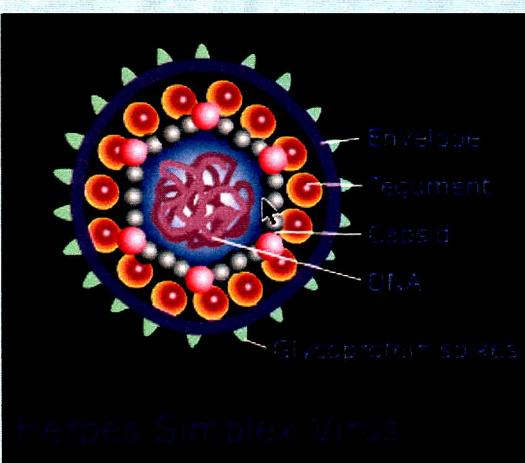
VIH (responsables du sida), il en existe des milliers qui s'attaquent aussi bien aux hommes qu'aux animaux, aux végétaux et même aux êtres unicellulaires. Particule inerte (appelée virion) tant qu'il n'a pas infecté son "hôte", le virus a besoin des êtres vivants pour accomplir son propre cycle de vie. Une fois dans l'organisme, le virion fusionne avec une cellule eucaryote (possédant un noyau) de l'hôte, et l'infection se déclenche...

Un virus est un véritable parasite qui, lorsqu'il pénètre à l'intérieur d'une cellu-

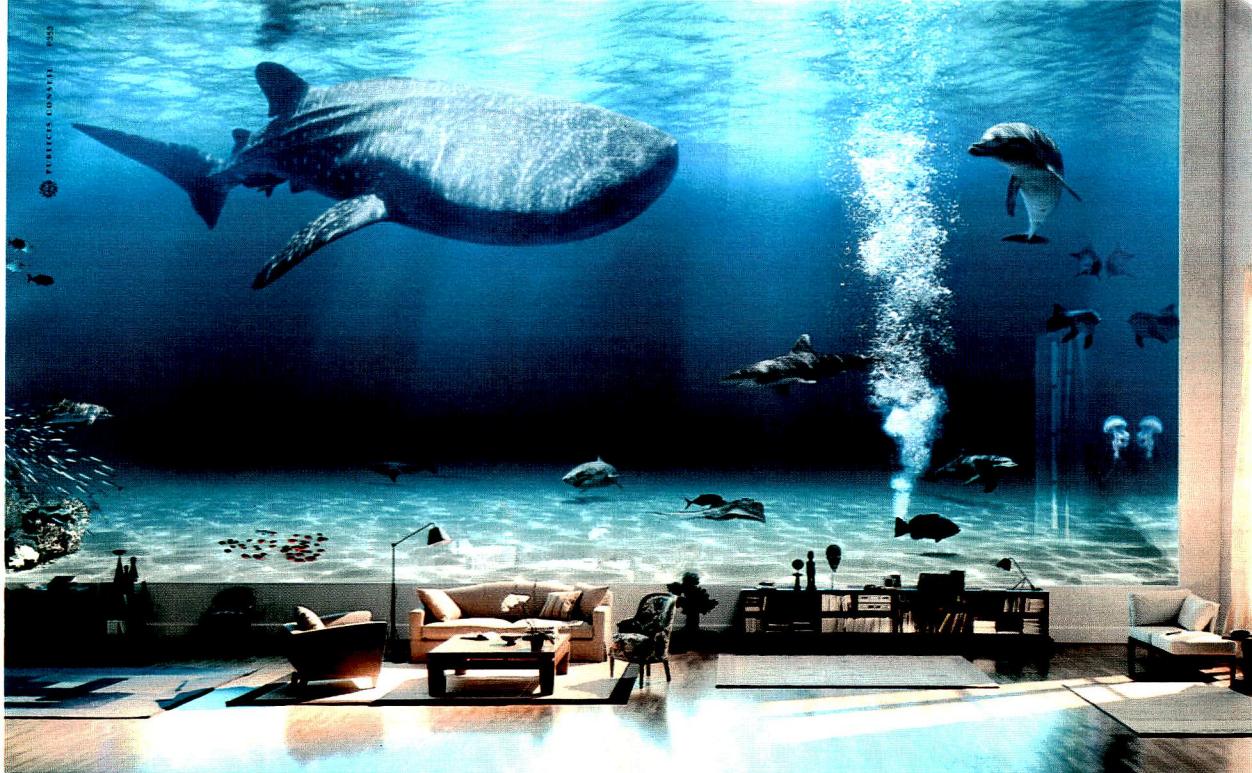


L'université de Californie propose des films sur divers aspects du virus de l'herpès.

le, va se servir de la machinerie cellulaire de l'hôte pour se reproduire. L'importance des épidémies virales dans l'histoire (notamment celles de peste au Moyen Age, celle de grippe espagnole au début du siècle, etc.) explique le nombre élevé de sites internet consacrés à cet ennemi naturel de l'homme. Parmi eux, trois sites se distinguent : celui de l'université de Californie, à Irvine (<http://darwin.bio.uci.edu/~faculty/wagner/movieindex.html>), celui de l'Institut de virologie moléculaire de l'université du Wisconsin, à Madison (www.bocklabs.wisc.edu/virusviz-top.html), et celui du Laboratoire européen de biologie moléculaire,



Les images sont dues à une illustratrice scientifique.



Cette année, la campagne de publicité Espace
a remporté le Grand Prix APPM.
Qui a dit que le luxe n'avait pas de prix ?

Et si le vrai luxe c'était l'Espace ?

Renault et l'agence Publicis Conseil ont remporté le Grand Prix de l'Association pour la Promotion de la Presse Magazine. Le jury, composé d'annonceurs, d'éditeurs et de publicitaires, a jugé la campagne de publicité Espace comme la meilleure campagne presse magazine de l'année 1998 tous secteurs confondus. Un succès commercial accompagné d'un succès publicitaire. www.renault.fr

A.P.P.M.

APPM . ASSOCIATION POUR LA PROMOTION DE LA PRESSE MAGAZINE



RENAULT

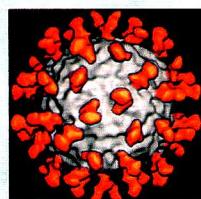
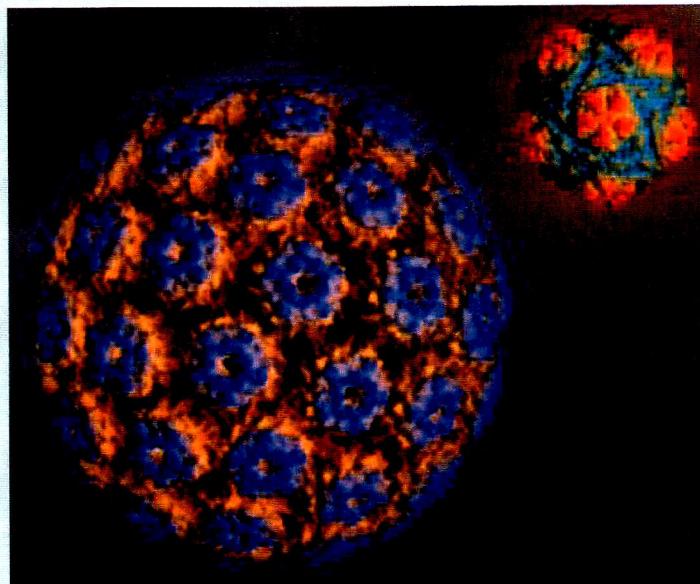
Suite de la page 166

à Heidelberg (Allemagne), à l'adresse <http://192.54.41.199/ExternalInfo/fuller/>

Le site de l'université de Californie est particulièrement intéressant pour le profane. Bien qu'il

ne traite que du virus de l'herpès (ou VHS), il constitue une parfaite introduction au sujet. Créé par un virologue américain de cette université, Edward K. Wagner, et par une illustratrice scientifique, Karin Christensen, il présente cinq films courts montrant divers aspects de la question : le premier est consacré à la structure moléculaire du virus ; le second explique comment s'effectue la transcription du génome du virus pendant l'infection ; le troisième traite de la réactivation du virus dans les cellules nerveuses (neurones) ; le quatrième traite de la réplication du matériel génétique dans la cellule infectée ; et le cinquième décrit le mécanisme de l'"encapsulation" et de la libération de nouvelles particules virales. Un lien avec la page internet du Dr Wagner permet d'approfondir les connaissances sur les mécanismes qu'illustrent les films.

Le site de l'Institut de virologie moléculaire de l'université du Wisconsin présente des images en 3D de nombreux virus. Un lien avec la page internet du Dr Wagner permet d'approfondir les connaissances sur les mécanismes qu'illustrent les films. Le site de l'Institut de virologie moléculaire de l'université du Wisconsin est l'un des plus complets du genre. De nombreux types de virus y sont référencés : ceux qui infectent l'homme (virus de la grippe, de la fièvre jaune, de l'hépatite, etc.), les vertébrés (pesto bovine, fièvre aphteuse), les invertébrés, les végétaux... Il propose des images tridimensionnelles de



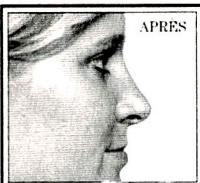
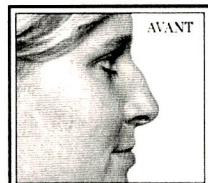
Le site de l'Institut de virologie moléculaire de l'université du Wisconsin présente des images en 3D de nombreux virus.

la structure des virus selon plusieurs axes, des films (en Quick Time ou MPEG), et même des images en relief (pour en profiter, il faut se munir de lunettes bicolores bleu-rouge). Il attirera aussi

bien le spécialiste que l'amateur par ses belles simulations informatiques et par des microographies électroniques (à l'adresse <http://www.bocklabs.wisc.edu/em.html>). Au-delà de l'esthétique, le site offre toutes les informations nécessaires pour suivre la recherche en virologie : nombreux articles sur le sujet, conférences, etc.

Enfin, le Laboratoire européen de biologie moléculaire, à Heidelberg, consacre lui aussi un site à la virologie, avec des reconstructions de virus et le renvoi à de nombreux autres sites sur le sujet... Une précision : tous ces sites sont en anglais.

Resssemblez à ce que vous avez toujours rêvé d'être.



La Clinique

POUR PLUS D'INFORMATION : www.la-clinique.com

Epila Défin

Supprimez vos problèmes de poils laser épilation, une technologie de et indolore qui a déjà fait des d'heureuses....

VISAGE ET CORPS, HC

CLINIQUE D'ESTHÉTÉ

16 rue du Parc

REMODELLEZ VOTRE SILHOUETTE

Des résultats spectaculaires pour un corps parfait.

Des avances récentes dans le domaine de la chirurgie plastique nous permettent de vous garantir des résultats qui combleront les plus exigeantes d'entre vous. Recevez une documentation gratuite ainsi que nos tarifs au 07 36 56 24 36.



LE CENTRE DU BIEN-ÊTRE

44 rue des Moivres 75015 PARIS

UN CORPS DE RÊVE

• Vous pouvez dorénavant avoir facilement un corps de rêve.

Pour plus d'informations, contactez :



MAINEL & MESNIL CONSULTANT

Perdez toutes les rides et pattes d'oeie

Remerciez la toute dernière technique laser et dites adieu aux rides profondes ainsi qu'à celles plus superficielles. Et tout cela sans douleur.

HARLEY GROUND

Pour une consultation confidentielle avec un de nos spécialistes appeler le 2332 629 649

Si vous n'avez jamais aimé la forme de votre nez ou de toute autre partie de votre corps nous pouvons vous aider. Grâce à une méthode révolutionnaire et à une équipe de médecins spécialisés, nous vous conseillerons afin de trouver avec vous les meilleurs moyens pour arriver au résultat que vous attendez depuis.

CHANGEZ

Nous vous proposons une gamme complète de rajeunissement facial ainsi que des techniques de remodelage avant-gardistes. Appel gratuit et anonyme au 6897 41230.

Le Temps Change

PERDEZ DES RIDES

éliminez des rides

POUR RESTER JEUNE, POUR GARDER CHARME ET SÉDUCTION

... n'hésitez pas.

Le centre Laserpulse et son équipe spécialisée vous feront retrouver une seconde jeunesse.

- Réduction des rides
- Remodelage des oreilles
- Lifting
- Implant de cheveux

Pour une consultation gratuite 0912 343 4561

ENLEVEZ VOS TATOUAGES



des permanents ? Sans douleurs, enlève vos tatouages après les séances. Appellez-nous au

72 22 22 22

WESTERN W CLINIC

culture de la peau et des jambes

zones disgracieuses. Jeu - ventre - hanche. Des expérimentés.

CE DES OISEAUX
AILLES 92999 COURBEVOIE
AGE GAUCHE

Un sourire éclatant

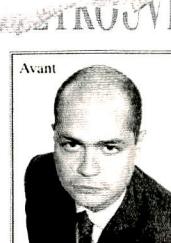
Discretion assurée. Ouvrez des dents blanches évidemment avec l'alexrose. Ode efficace et abordable. Mes ou femmes. Appellez :

263 398

hp HEWLETT
PACKARD
Expanding Possibilities

"HP. Et tout devient possible"

Participez au grand jeu photo HP pour gagner des produits HP : www.hp-photoworld.com



Notre technique permet de retrouver la densité de cheveux souhaitée sans que votre entourage personnel ou professionnel s'en rende compte. La reimplantation cheveu par cheveu, vous garantit une repousse définitive. Dites adieu à la calvitie et bonjour aux cheveux.



LA CLINIQUE DU TIF, 18 AVENUE BOULE DE BILLARD, 75300 PARIS

La radio sur le mobile

La téléphonie mobile n'en finit pas de muter. Dorénavant, on va pouvoir écouter la radio sur son téléphone. Chez SFR, le combiné du nouveau pack Walkphone possède un récepteur à modulation de fréquence interne. Une fonction "scanner" permet de présélectionner jusqu'à six stations FM (qui deviennent accessibles quand on compose leur numéro sur le clavier) et d'accéder à des stations non mémorisées.

Des écouteurs stéréophoniques assurent un bon confort d'écoute et un petit haut-parleur transforme ce radiotéléphone en radio de poche.

Prix : 690 F (105 €), plus abonnement.



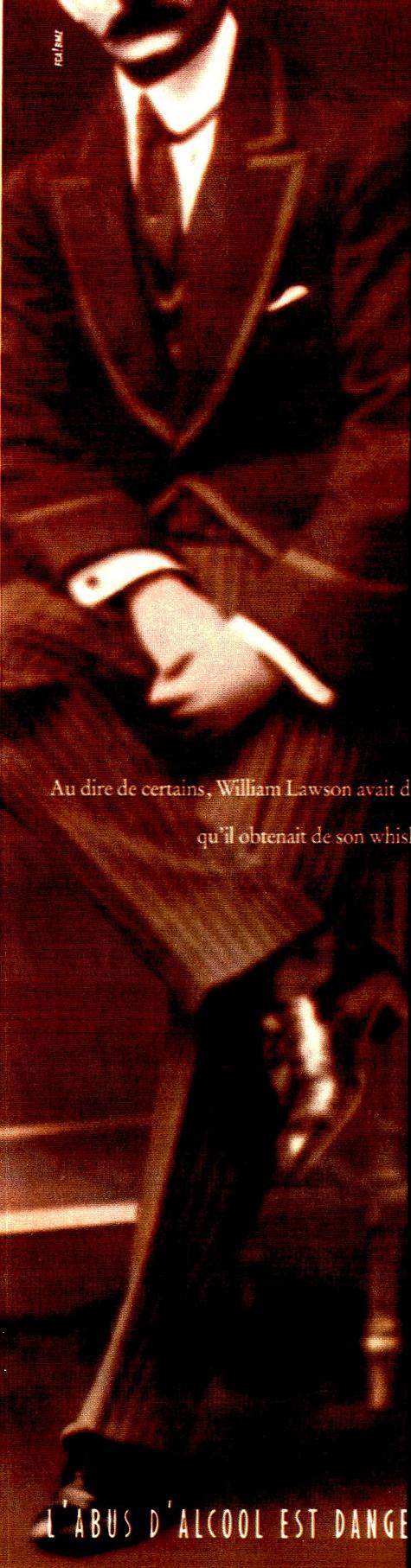
Les appels téléphoniques sont toujours prioritaires sur la radio. Le programme en cours s'interrompt dès la première sonnerie.



Un bracelet pour remonter la pente

La société Swatch a doté ses montres d'un dispositif, appelé Access, qui leur permet de fonctionner à la manière d'un porte-monnaie électronique. Il s'agit d'une carte à puce sans contact, capable, par exemple, de stocker des jetons d'accès aux remonte-pentes des stations de ski. Quand l'utilisateur passe à proximité d'une borne placée à l'entrée de la remontée mécanique, un jeton est décompté et le portillon s'ouvre. C'est un couplage magnétique qui assure la liaison entre la borne et la montre. Prix : 320 F (49 €) pour le modèle Antifog (photo).

Si les stations de ski sont les premières à utiliser ce procédé, d'autres usages pourraient voir le jour. Les cartes d'accès à certains autobus, par exemple, fonctionnent selon un principe identique.

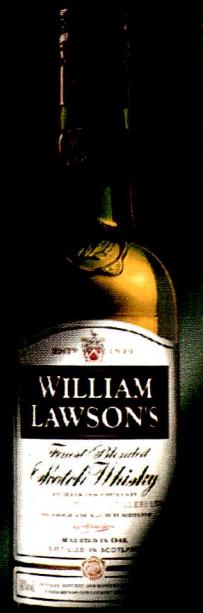


Au dire de certains, William Lawson avait dans son regard toute la dureté de l'Ecosse. C'est peut être avec cette même sévérité qu'il obtenait de son whisky une finesse incomparable, mais ça, personne n'en a la preuve.

*Since 1849**

WILLIAM LAWSON

ON NE CONNAIT
DE LUI QUE SON
WHISKY



* Depuis 1849
L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION

Le minitel surfe sur la Toile

Les téléphones internet, ou Web-phones, arrivent. Il s'agit de super-minitels qui permettent d'accéder facilement à la Toile. Ils sont dotés de services téléphoniques avancés (fax, répondeur, répertoire multimédia), d'une connexion facilitée à des sites pratiques (SNCF, Météorologie

nationale, etc.) et du courrier

électronique. Equipé d'un écran tactile, le WebTouch

One d'Alcatel propose l'accès à Wanadoo sans abonnement, ou à LibertySurf. Son répertoire, particulièrement réussi, peut stocker deux cents noms, chacun avec six numéros. Prix : 3 390 F (516,84 €), ou 990 F, plus vingt-six mensualités de 99 F. L'@MAX de la société COM

One se rapproche davantage d'un PC : il bénéficie d'un processeur Cyrix à 200 MHz, d'un lecteur de carte à puce, de deux ports USB destinés à des périphériques tels que souris, lecteur de CD, imprimante, lecteur MP3, etc. Prix : non communiqué.

Quand leur prix aura baissé, ces nouveaux terminaux consacrés à l'internet devraient s'imposer grâce à leur facilité d'utilisation. Ils s'adressent aux entreprises et aux particuliers réticents à la micro-informatique.



Renversante !

Afin de s'adapter au goût de l'utilisateur, ou à l'espace disponible, la micro-chaîne Avino de Kenwood peut être installée horizontalement ou verticalement.

Les inscriptions de l'écran de

contrôle s'affichent en fonction de la position choisie. La version "traditionnelle" est basée sur des enceintes en érable marbré massif. La version futuriste est dotée d'enceintes de forme ovoïde

(ci-contre) en aluminium brossé extrêmement compactes.

Un caisson de graves restitue les basses profondes.

Prix : 4 990 F (760,78 €); version traditionnelle, 5 990 F (913,24 €) avec enceintes ovoïdes.



L'amplicateur, de haute qualité, délivre 2 x 7,5 watts en pure classe A ou 2 x 20 watts en classe AB. Le changement de mode s'effectue automatiquement en fonction du niveau d'écoute.

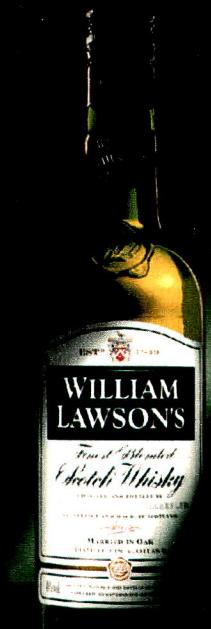


On dit de William Lawson qu'il a toujours vécu en Ecosse pour le meilleur : son whisky, et pour le pire : son climat.

*Since 1849**

WILLIAM LAWSON

ON NE CONNAIT
DE LUI QUE SON
WHISKY



** Depuis 1849*

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.



Des bouquets

Vaste choix de programmes, qualité du son et de l'image : les bouquets de télévision numériques ont de solides arguments pour séduire. A mi-chemin entre l'informatique et la télévision conventionnelle, ils permettent au multimédia de s'introduire dans chaque foyer. Mais, jusqu'à présent seuls les abonnés aux réseaux câblés et les possesseurs d'antennes paraboliques pouvaient en bénéficier. L'arrivée du "numérique terrestre", c'est-à-dire des bouquets numériques transmis et captés sur le réseau hertzien traditionnel de télévision, pourrait remettre en cause la supériorité du câble et de la parabole. En conférant aux antennes traditionnelles (les "râteaux"), réservés à la réception des chaînes nationales, des possibilités techniques équivalentes. Sachant que ce réseau était prétendument saturé depuis de longues années, quelle prouesse technique permet-elle à Télédiffusion de France (TDF) d'annoncer l'arrivée d'une vingtaine de chaînes numériques à couverture nationale dès 2001 ?

Dès 2001, les antennes de télévision pourront capter les programmes des bouquets numériques. A terme, le "numérique terrestre" remplacera le réseau hertzien. Mais il faudra changer l'immense parc des téléviseurs...

Pour apporter une réponse à cette question, revenons sur ce qu'est la transmission d'une émission de télévision. Sur le réseau actuel, les récepteurs fonctionnent en analogique. Chaque canal, ou chaîne, se distingue par une fréquence qui lui est propre. Pour transmettre l'image et le son, celle-ci est modulée par des sous-porteuses (des fréquences auxiliaires respectivement attribuées au contraste, aux couleurs et au son). C'est-à-dire que l'on modifie l'amplitude et la fréquence de l'onde d'origine suivant les fluctuations des sous-porteuses, elles-mêmes directement fonction de l'image, de la couleur et du son. Il y a donc une analogie entre les variations de ces fréquences et le "message" à trans-

mettre, d'où la dénomination de transmission analogique. Une fréquence émise, ou un canal, ne peut alors retransmettre qu'un seul programme. Pour changer d'émission, le téléviseur change de fréquence de réception : exactement comme lorsqu'on tourne le bouton d'accord d'un récepteur radio.

GIGANTESQUE QUANTITÉ DE CHIFFRES

D'autre part, le jeu des sous porteur-
teuses "encombre" l'espace hert-
zien alloué à la télévision. En clair,
l'émission "bave" et occupe une
plage de fréquences plus importan-
te que s'il s'agissait de la transmis-
sion d'une onde unique et pure.
Il faut donc respecter un espace
de fréquences important entre

pour tous

La revanche du râteau

Le "numérique terrestre" va donner une seconde jeunesse aux antennes traditionnelles (les "râteaux"). Au détriment des paraboles et du câble, qui avaient, jusque-là, le vent en poupe.

deux canaux de télévision.

L'arrivée du numérique bouleverse ces données. Il faut, tout d'abord, que le programme soit numérisé avant son émission. On transforme chaque image en une série de "0" et de "1" qui correspondent à la luminosité et la couleur de chaque point de l'écran. De même, d'autres groupes de "0" et de "1" représentent le son. Ce passage en numérique engendre une gigantesque quantité de chiffres, plusieurs millions pour chaque image. Transmettre leur intégralité encombrerait encore plus l'espace hertzien qu'une liaison analogique.

RÉCEPTION PARFAITE SUR UNE ANTENNE D'INTÉRIEUR

Mais, l'intérêt majeur du numérique est que l'on maîtrise maintenant parfaitement la compression des données. Ainsi les longues suites de "0" et de "1" peuvent-elles se réduire dans de très fortes proportions grâce à des logiciels adaptés : les algorithmes de compression. Pour la télévision numérique terrestre, c'est la norme MPEG 2 qui est retenue. Elle se base sur l'analyse par zones de l'image et l'interpolation des mouvements.

Plusieurs chaînes par canal

En télévision analogique, un canal ne convoie qu'un seul programme ①. La transmission est analogique de bout en bout. En numérique, les images et le son sont numérisés puis compressés ②. Leurs données sont transmises cycliquement, les unes après les autres : c'est le multiplexage ③. Un seul canal transmet ainsi plusieurs chaînes ④. Le récepteur ⑤ "trie" les paquets de données pour ne retenir que ceux du programme choisi.



Services interactifs

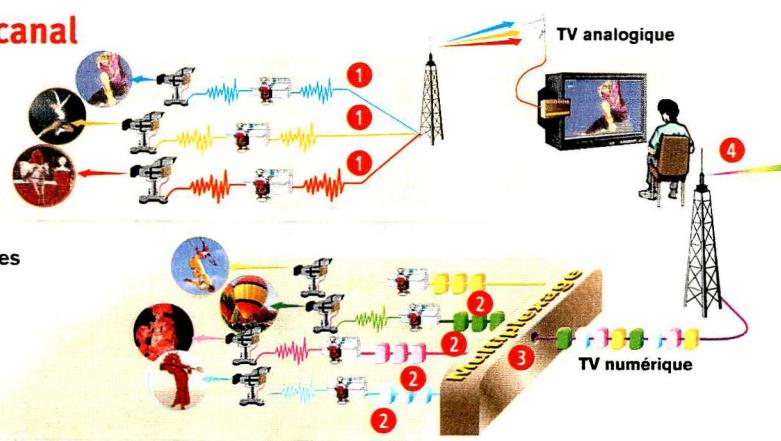
Les bouquets numériques proposeront des services interactifs : films à la demande (*pay per view*), mais aussi télé-achat, réservation de places, informations ou consultation de bases de données.

L'image n'est pas transmise par points mais sous forme de polygones de teinte uniforme. De même, les mouvements sont extrapolés d'une image à la suivante. Ce qui permet de ne transmettre que quelques images pour restituer une séquence animée. Le DVD exploite le même type de compression (voir *Science & Vie* n° 982, p. 142). Dans de telles conditions, le gain que procure le numérique permet de loger de quatre à sept chaînes sur un unique canal conventionnel de télévision terrestre. Les données numériques sont transmises successivement sur une même fré-

quence. C'est ce qu'on appelle le multiplexage (voir dessin ci-dessous). De plus, le phénomène de "bavage" (l'émission "déborde" de sa plage de fréquences) est moins important en numérique qu'en analogique. On peut ainsi intercaler de nouvelles fréquences, entre celles de la télévision analogique, sans que les deux procédés interagissent.

Enfin, pour assurer des conditions de réception optimales, les émetteurs des chaînes numériques fonctionneront suivant un mode identique à celui de la radio numérique DAB (voir *Science & Vie* n° 976, p. 144). Ce procédé présente l'avantage d'éliminer les phénomènes d'écho, dont les effets sont plus marqués en numérique qu'en analogique. Il offre ainsi une meilleure couverture en minimisant les zones d'ombres. Gérard Fidérsip, responsable du projet Télévision numérique chez TDF, précise que cette solution technique est d'une telle efficacité qu'elle garantira une réception parfaite sur une antenne d'intérieur ou sur l'antenne télescopique d'un téléviseur portable.

Mais, pour l'utilisateur, comment ce passage au numérique va-t-il s'effectuer ? Aujourd'hui, ni nos té-



A. MEYER

léviseurs, ni même les magnétoscopes ne sont techniquement prêts à recevoir de telles émissions. Faudra-t-il changer ces appareils ? Combien de temps resteront-ils utilisables ? Autant de questions que soulève le passage au numérique. En d'autres termes, c'est tout le parc de téléviseurs et de magnétoscopes qu'il faudra changer. Comment cela va-t-il se passer ?

Il faut distinguer deux périodes. La première, qui s'étendra de 2001 à 2011 environ, sera une période de transition où les deux types de diffusion coexisteront. Après 2011, le réseau de télévision terrestre analogique devrait être définitivement abandonné. Passé cette date, il faudra soit changer d'appareil, soit rejoindre aux appareils analogiques un boîtier de décodage numérique.

UN MARCHÉ DE PLUS DE 34 MILLIONS D'APPAREILS

Afin de simplifier le passage de l'analogique au numérique, TDF a décidé d'implanter les nouveaux émetteurs numériques sur les mêmes sites que ceux du réseau actuel. En effet, les antennes des foyers pointent déjà dans leur direction. Ce choix géographique permettra donc de ne pas modifier l'installation existante. De même, durant la période de transition, la même antenne assurera conjointement la réception des deux réseaux. On peut donc envisager, dans une première phase, de ne changer, par exemple, que le téléviseur tout en

Pylônes polyvalents

Les pylônes qui transmettent les programmes des chaînes analogiques seront utilisés par les chaînes numériques. Ainsi, il ne sera pas nécessaire de modifier l'orientation des antennes pour passer d'un réseau à l'autre.

conservant un magnétoscope analogique, ou réciproquement. De même, sur les installations collectives d'immeubles, certains foyers pourront passer au numérique alors que d'autres ne le souhaiteront pas.

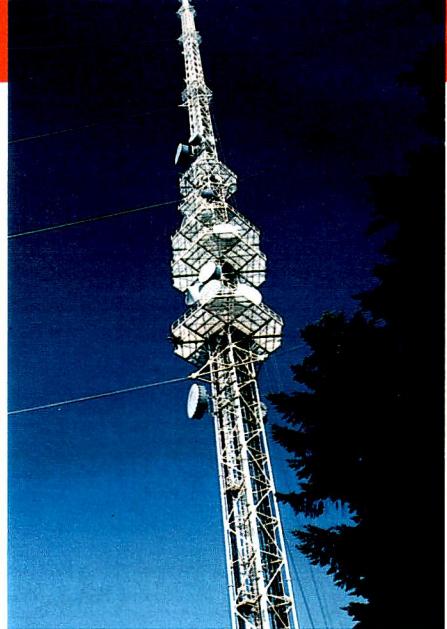
Passée cette période transitoire, que faire des appareils incapables de recevoir en numérique ? On pourra se procurer un "décodeur", ou *Setup Box*. Mais, aux dires de TDF, cette solution ne constituera qu'un pis-aller. Le souhait du gouvernement est que les constructeurs proposent d'ici à 2011 des téléviseurs tout numériques pour un prix public identique à celui des appareils actuels. Philips, Thomson, Siemens et d'autres fabricants travaillent déjà sur ce projet et envisagent de commercialiser des appareils de salon aux alentours de 5 000 F. Il faut dire que l'enjeu économique que représente l'arrivée du numérique terrestre motive les fabricants. C'est en effet, sur le seul territoire français, la promesse d'un marché de plus de 34 millions d'appareils. Un rendez-vous à ne pas manquer dans un domaine qui a tendance à piétonner. Aujourd'hui, peu d'utilisateurs sont enclins à changer spontanément leur équipement. L'arrivée des appareils 16/9 n'a pas eu le succès escompté, faute d'émissions adaptées à ce nouveau format. Seules quelques chaînes

diffusées par câble ou par satellite tentent l'expérience.

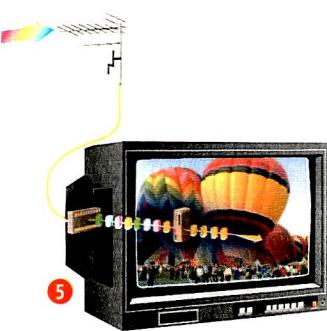
En contrepartie, la politique de mise en place du numérique terrestre rendra sa supériorité immédiatement visible. Outre la multiplicité des chaînes disponibles sans modification de l'installation, le téléspectateur pourra choisir son format d'écran (4/3 ou 16/9). De même, sous-titres et son multilingue sont prévus. En somme, une ergonomie comparable à celle du DVD. En outre, la télévision numérique est particulièrement bien adaptée pour diffuser des films à la demande (le *pay per view* américain).

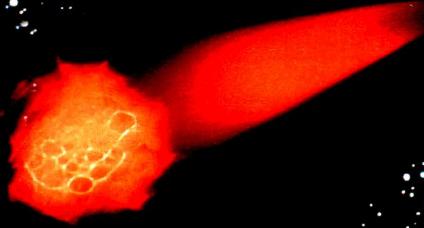
LA CONTRIBUTION DU RÉSEAU GSM

Enfin, restent les applications interactives telles que le télé-achat ou la navigation sur l'internet. Ici se pose, bien évidemment, le problème du "canal de retour", c'est-à-dire le rapatriement des ordres de l'utilisateur, indispensables pour gérer l'interactivité. Dans une première phase, c'est le réseau téléphonique qui assurera cette fonction. Pour les appareils portables, c'est le réseau GSM des téléphones mobiles qui pourrait être mis à contribution.



J.-P. HOUARD/GORNE





VOUS NE SEREZ PLUS
À DES ANNÉES-LUMIÈRE DE L'ASTRONOMIE



Où sommes-nous? D'où venons-nous?
Où allons-nous? Sommes-nous seuls?

Le Grand livre du ciel répond clairement aux questions que chacun se pose sur les mystères et sur l'avenir de l'Univers: big bang, vie et mort des astres, instruments et techniques d'observation, exploration de l'espace... Réalisé avec la collaboration de 94 auteurs, cet ouvrage, exhaustif et vivant, allie l'attrait du beau livre et la richesse d'une encyclopédie. Le plus beau cadeau de Noël pour les passionnés du ciel!

250 F
480 PAGES
465 PHOTOS
180 SCHÉMAS

BORDAS

L'UNIVERS EST ENFIN À VOTRE PORTÉE

WAVE Encyclopédie

SOUS LA DIRECTION DE JEAN-FRANÇOIS ROBREDO

XX^e siècle

La découverte de l'ADN

PAR PIERRE ROSSION

L'hérédité sur une hélice

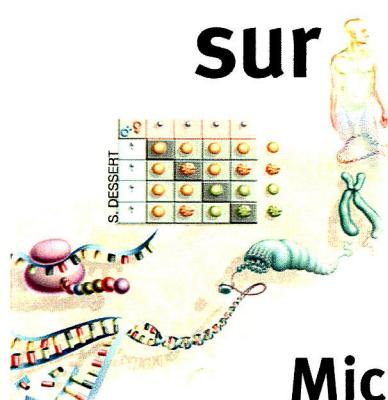
p. 168



A. FEININGER/LIFE MAGAZINE/PPCM

Le chef d'orchestre de la vie

p. 174



Michel Morange

p. 176

«Il est bien difficile de donner
une définition de la vie»

ENTRETIEN



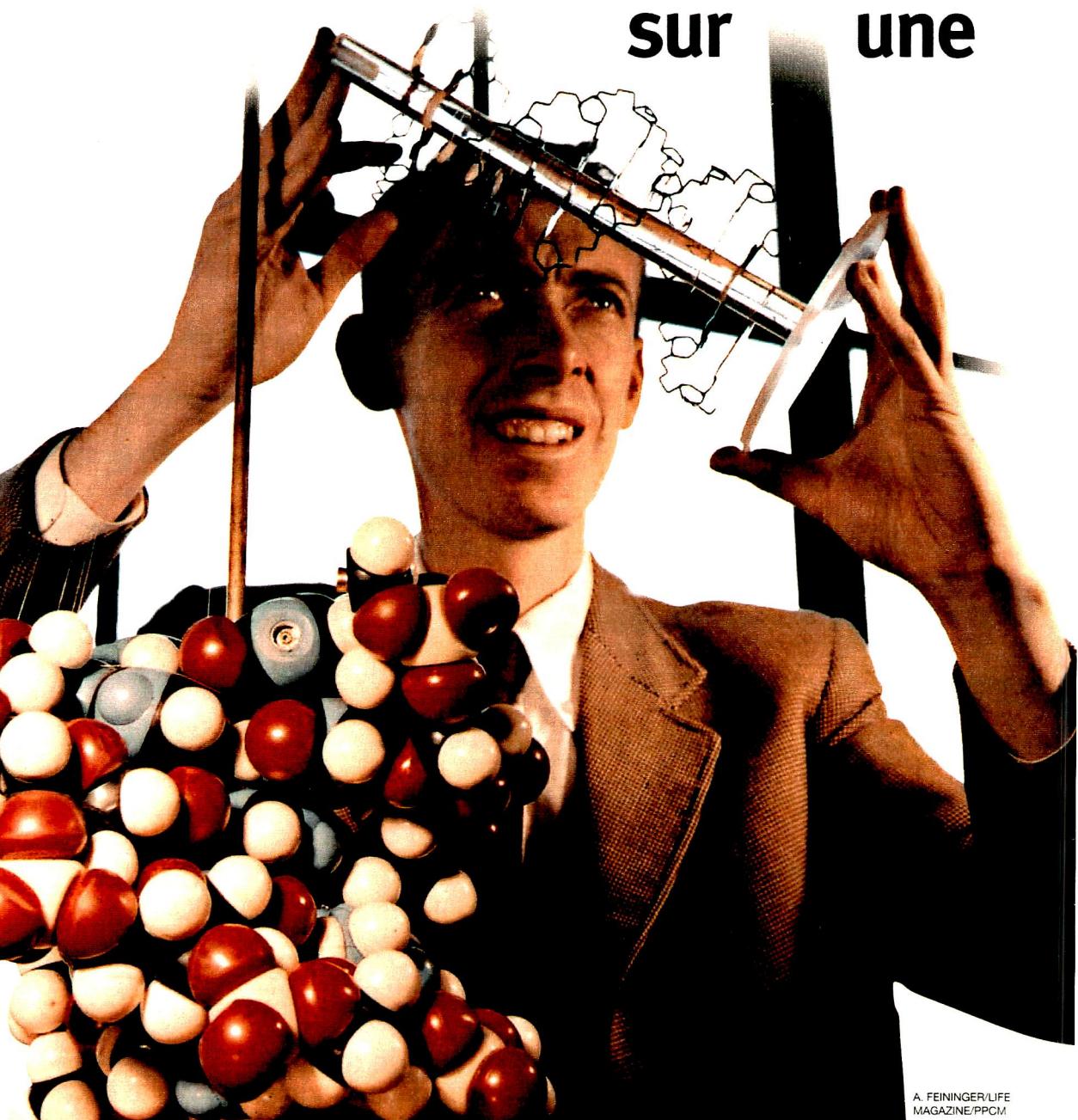
S. CHIVET

PROPOS RECUILLIS PAR
CATHERINE CHAUVEAU

La découverte de l'ADN

L'hérédité

sur une



A. FEININGER/LIFE
MAGAZINE/PPCM

hélice

1953 : la découverte de la molécule d'ADN, double hélice où sont inscrits tous les caractères héréditaires d'un individu, signe l'acte de naissance de la génétique moderne. Et donne la clef de la maîtrise de la vie.

La découverte de la molécule d'ADN par James Watson et Francis Crick, en 1953, va donner naissance à une nouvelle science. La biologie moléculaire révolutionne de fond en comble la médecine, la pharmacie, l'agronomie, la criminologie. Elle va également permettre de vérifier les observations du naturaliste britannique Charles Darwin (1809-1882) sur la variabilité des espèces, ainsi que les lois définies par le botaniste autrichien Gregor Mendel (1822-1884) sur la transmission des caractères héréditaires chez le pois.

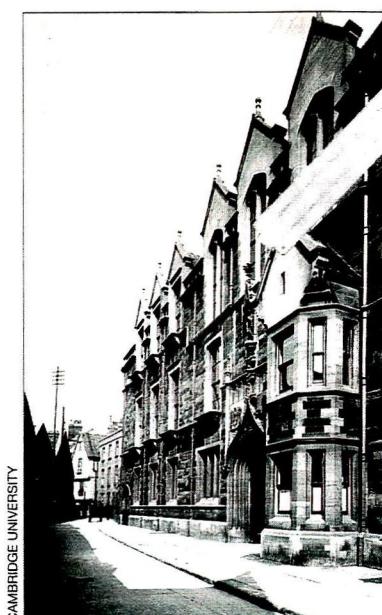
Cette découverte, aux implications aussi importantes que celle de l'atome, ne s'est pas produite par hasard. Intuitivement, on savait depuis la nuit des temps que les phénomènes relevant de la variation ou de l'hérédité étaient bien distincts. La variation renvoie au changement et à la divergen-

ce : si l'on compare des frères et des sœurs, on constate souvent d'étonnantes différences. En revanche, l'hérédité fait appel aux notions de continuité et de constance – que résument des expressions comme : «C'est tout le portrait de sa mère.»

La découverte de la molécule d'ADN ne s'est pas faite d'un seul coup, mais par touches successives.

C'est Charles Dar-

ARCHIVE PHOTOS/THE IMAGE BANK



CAMBRIDGE UNIVERSITY

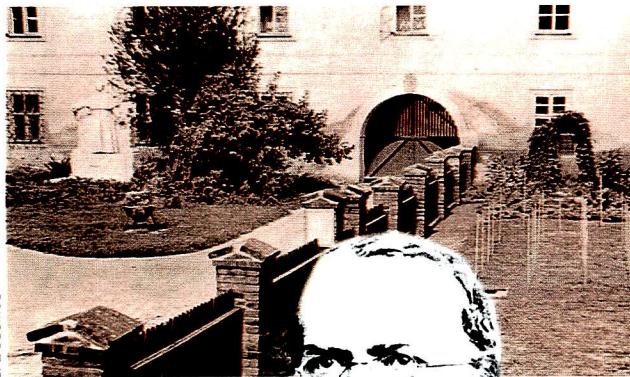
La vie en trois dimensions

En 1953, au laboratoire Cavendish (ci-contre), à Cambridge, James Watson (à gauche) et Francis Crick (à droite)发现 la structure tridimensionnelle de l'ADN, la molécule de la vie.



La découverte de l'ADN

SPL/COSMOS



Les pois de Mendel

En cultivant des pois dans le jardin de son monastère, le moine autrichien Gregor Mendel découvre que les caractères héréditaires se transmettent selon des lois précises, qu'il sera le premier à formuler, en 1866.

SPL/COSMOS

win qui a réuni les premiers indices.

Au cours de son voyage autour du monde sur le *Beagle*, entre 1831 et 1836, il accumule une multitude d'observations qui lui permettent de rédiger, à son retour, son œuvre capitale : *De l'origine des espèces*. « Pendant le voyage, écrit-il, j'avais été profondément frappé par la découverte dans les couches pampéennes (1) de grands animaux fossiles recouverts d'une armure semblable à celle des tatous actuels, puis par l'ordre selon lequel les animaux d'espèces presque semblables se remplacent les uns les autres à mesure qu'on avance vers le Sud du continent, et, enfin, par le caractère sud-américain de la plupart des espèces des Galapagos, plus spécialement par la façon dont elles diffèrent légèrement entre elles sur chaque île du groupe. Il est évident que ces faits et beaucoup d'autres analogues ne peuvent s'expliquer que par la supposition que les espèces se modifient graduellement. »

Poursuivant son raisonnement, il écrit : « Je m'aperçus vite que la sélection repré-



EDIMEDIA

Tirées de l'oubli

Passées inaperçues, les lois de Mendel sont redécouvertes trente-cinq ans plus tard par le botaniste néerlandais Hugo de Vries.



BOYER-VIOLLET

(1) Le sous-sol de la Pampa, en Argentine.

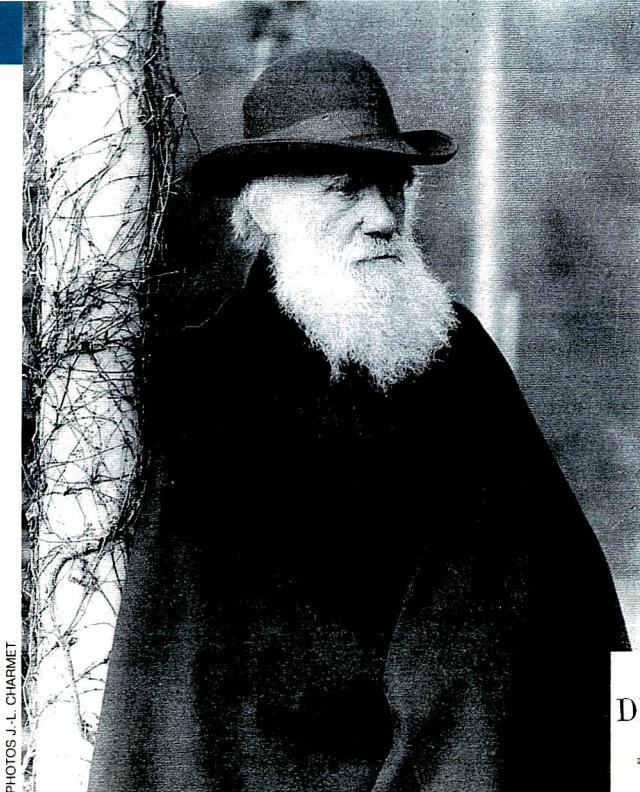
sente la clé du succès qu'a rencontré l'homme pour créer des races utiles d'animaux et de plantes. Mais comment la sélection pouvait-elle être appliquée à des organismes vivant à l'état de nature ? »

C'est après avoir lu un ouvrage de l'économiste britannique Thomas Robert Malthus (1766-1834), intitulé *Essai sur le principe de population*, que la réponse s'impose à son esprit : la variabilité des espèces ne peut s'expliquer que par la lutte pour l'existence : « L'idée me frappa que des variations favorables tendraient à être préservées, et que d'autres moins privilégiées seraient détruites. Le résultat de ceci serait la formation de nouvelles espèces », écrit-il pour résumer sa célèbre théorie de la sélection naturelle des espèces.

LA BOÎTE NOIRE ET LE MOINE

Cependant, Darwin ne cherche pas à comprendre les mécanismes en jeu dans la variabilité : il en parle comme d'une « boîte noire » dont il ignorera le contenu. Le seul qui pourrait lui apporter quelques lueurs sur ce qu'elle renferme, c'est le moine autrichien Gregor Mendel. Hélas ! ses fameuses lois sur la transmission des caractères héréditaires, publiées dès 1866, n'ont trouvé aucun écho dans la communauté scientifique. Darwin n'en a donc pas connaissance.

C'est en faisant des expériences d'hybridation sur des pois, dans le jardin de son monastère, que Mendel a formulé les deux lois qui ont fait de lui le père fondateur de la génétique moderne.

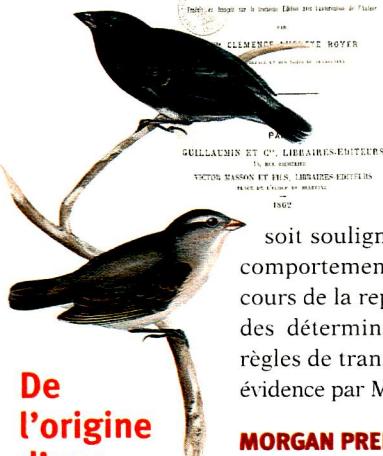


PHOTOS J.-L. CHAMFET

La première, dite "loi de ségrégation génétique", énonce que le croisement de deux lignées pures qui ne diffèrent que par un seul caractère donne en première génération (F1) une population homogène semblable à l'une des lignées parentales. Elle dit aussi que le croisement entre des hybrides F1 donne en deuxième génération (F2) une population non homogène où apparaît le caractère parental qui ne s'est pas manifesté en F1. Le caractère apparu et le caractère non apparu en F1 apparaissent en F2 selon les proportions 3/4 et 1/4. Par exemple, le croisement entre un pois lisse et un pois ridé donne en F1 uniquement des pois lisses, tandis que la F2 comprend 3/4 de pois lisses et 1/4 de pois ridés.

La deuxième loi, dite "de ségrégation indépendante des caractères", énonce que, si l'on ne considère plus un seul couple de caractères mais deux couples au moins (lisse-ridé et vert-jaune, par exemple), ceux-ci opèrent une ségrégation de manière indépendante.

Mendel ignorait évidemment tout de l'ADN des chromosomes et, *a fortiori*, des gènes. Cependant, la théorie qu'il élabora à partir de ces deux lois – selon laquelle chaque caractère était représenté dans



De l'origine d'une découverte

Le Britannique Charles Darwin est le premier à réunir des observations sur la transmission des caractères, notamment en étudiant des pinsons des Galapagos (ici, des dessins de ses carnets de voyage). Elles lui serviront à rédiger son œuvre capitale : *De l'origine des espèces* (1859).

l'œuf fécondé par deux éléments héréditaires, l'un provenant de la mère, et l'autre, du père – conduisait infailliblement à leur découverte. Des années allaient pourtant s'écouler avant qu'on y parvienne.

En 1900, trois botanistes, Hugo de Vries, Carl Correns et Erich Tschermak, font état à quelques mois d'intervalle de la découverte de certaines lois de l'hérédité et constatent que Mendel les a devancés de trente-cinq ans ! Dès lors, les découvertes s'accumulent avec une rapidité pratiquement sans équivalent dans l'histoire des sciences. L'intérêt que l'on porte au noyau cellulaire – dont on a admis dès les années

DE L'ORIGINE DES ESPÈCES



1880 qu'il est le siège de l'hérédité – et au matériel génétique qu'il contient va amener à la découverte des chromosomes, de l'ADN et des gènes.

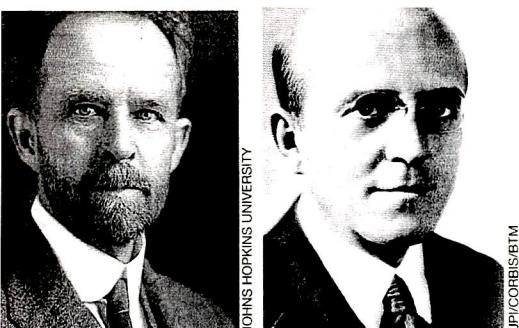
Bien que le terme de chromosome ait été introduit pour la première fois en 1888, il faut attendre le début du XIX^e siècle pour que soit souligné le parallélisme entre le comportement des chromosomes au cours de la reproduction sexuée et celui des déterminants, ou gènes, dont les règles de transmission ont été mises en évidence par Mendel.

MORGAN PREND LA MOUCHE

Ce sont les travaux du biologiste américain Thomas Hunt Morgan (1866-1945) sur la drosophile (mouche du vinaigre) qui permettent d'établir la théorie chromosomique de l'hérédité. Selon celle-ci, les gènes sont portés par les chromosomes et occupent sur ceux-ci des emplacements fixes. Les chromosomes sont donc responsables du stockage et de la transmission du patrimoine héréditaire.

Par la suite, en 1944, le médecin américain Oswald Theodore Avery (1877-1955) démontre que ce stockage et cette transmission s'opèrent par l'intermédiaire d'une

La découverte de l'ADN



Le support et le messager

En étudiant la mouche du vinaigre, l'Américain Thomas Hunt Morgan (à gauche) montre que les chromosomes sont responsables du stockage et de la transmission du patrimoine héréditaire. A son tour, l'Américain Oswald Theodore Avery (à droite) établit, par ses travaux sur des bactéries pneumocoques, que stockage et transmission se font par le biais d'une molécule complexe : l'ADN.

molécule complexe à laquelle on donne le nom d'ADN (acide désoxyribonucléique).

Restait à déterminer la structure de cette molécule. Trois laboratoires étaient sur les rangs. Celui de Linus Pauling, du California Institute of Technology, à Pasadena; celui de Maurice Wilkins, du Kings College, à Londres; et, enfin, l'équipe gagnante, l'Américain James Watson et l'Anglais Francis Crick, du laboratoire Cavendish, à Cambridge.

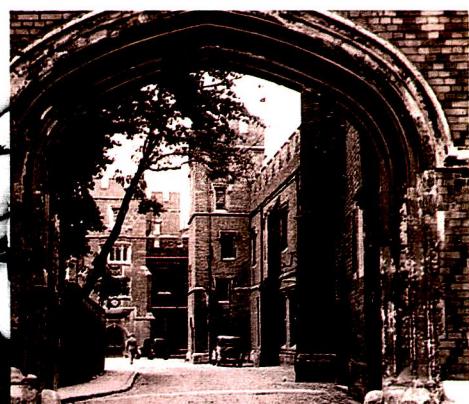
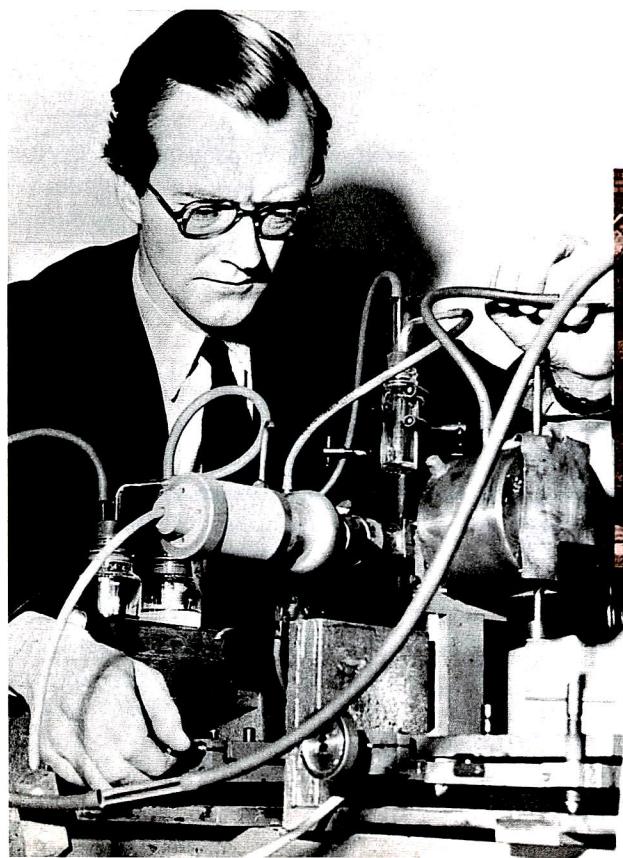
Au départ, tout s'annonçait mal. Watson n'avait pas les connaissances techniques

requises, et Crick ne percevait pas l'importance de l'ADN. De plus, ils manquaient cruellement de données. Malgré tout, en tâtonnant et en expérimentant divers modèles bricolés à l'aide de morceaux de tôle, ils finissent par découvrir la structure tridimensionnelle de l'ADN, en 1953.

STRUCTURE SATISFAISANTE

Elle se présentait sous la forme d'une double hélice, qui satisfaisait aux trois impératifs imposés, *a priori*, à une structure héréditaire : elle pouvait se reproduire à l'identique, subir des transformations brutales, ou mutations, et contenir une information. L'existence de cette structure hypothétique fut par la suite confirmée par la microscopie électronique.

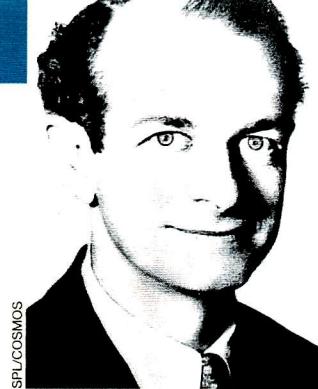
Tous les lycéens d'aujourd'hui savent que les deux brins qui forment la double hélice d'ADN sont constitués par un enchaînement linéaire de nucléotides, eux-mêmes formés d'un acide phosphorique, d'un sucre (le désoxyribose) et d'une base azotée. Les phosphates et les sucres constituent les deux serpentins qui s'enroulent l'un autour de l'autre en formant la double hélice. Les bases azotées, quant à elles, forment des petits liens perpendiculaires aux deux bandes, comme les bar-



KINGS COLLEGE

Les rayons X confirment

Les expériences de diffraction des rayons X effectuées par le Britannique Maurice Wilkins, du Kings College (ci-dessus), à Londres, confirment la structure de l'ADN. Il partagera avec Crick et Watson le prix Nobel 1962 de physiologie et de médecine.



SPL/COOSMOS

Devancé!

Le chimiste américain Linus Pauling, de l'institut de technologie de Californie (Pasadena), cherche lui aussi à déterminer la structure de la molécule d'ADN. Hélas ! il se fait devancé par Francis Crick et James Watson.



CALTECH

reaux d'une échelle torsadée. Il s'agit soit de bases puriques (adénine et guanine), soit de bases pyrimidiques (cytosine et thymine). Les bases en vis-à-vis sur chaque chaîne d'ADN sont complémentaires : une base purique est toujours associée à une base pyrimidique. De la composition d'une chaîne découle donc forcément la composition de l'autre.

LANGAGE CODÉ

Toutes les caractéristiques héréditaires d'un individu sont écrites, sous forme d'un langage codé, le long de la molécule d'ADN. Les lettres A, C, G, T, initiales des quatre bases (adénine, cytosine, guanine, thymine), sont considérées comme l'alphabet de ce langage.

A chaque caractère héréditaire correspond, sur l'ADN, un message codé appelé gène. Si l'on compare l'ADN à un livre, les gènes en sont les pages, et il y a autant de pages que de caractères héréditaires. Actuellement, chez l'homme, on estime le nombre des gènes à 80000 environ.

En tenant compte de la dominance et de la récessivité, la découverte de l'ADN a permis de vérifier les lois de Mendel. Elle a également permis de vérifier les observations de Darwin sur la diversité du monde vivant. On sait en effet que, en se divisant, les cellules commettent des erreurs – ou mutations – au niveau des gènes. Or, si certaines sont sans conséquence, d'autres, au contraire, modifient profondément les caractéristiques héréditaires de l'individu. Les exemples de résistances d'insectes à des substances chimiques, de bactéries aux antibiotiques, ou du lapin australien à la myxomatose

sont autant d'illustrations de la sélection naturelle des individus les plus aptes.

Un grand nombre d'applications pratiques ont découlé de la découverte de l'ADN. Ainsi, la recherche en paternité ne relève désormais plus de la roulette russe. En comparant l'ADN de l'enfant avec ceux de la mère et du père hypothétique, on peut, sans risque d'erreur, déterminer si ce dernier est bien le père. De la même façon, il est possible, à partir d'un échantillon de sang, de sperme, de salive ou de cheveu, de confondre le présumé coupable d'un crime ou d'un viol. La découverte des gènes responsables de la synthèse d'hormones a permis de faire d'énormes progrès en pharmacologie. Ainsi, l'insuline humaine est aujourd'hui produite par génie gé-



C. ENA/REA

La manipulation de l'ADN

Aujourd'hui, on est parvenu à créer des organismes génétiquement modifiés en manipulant l'ADN. Après l'enthousiasme, la peur (ici, une manifestation à Agen)...

nétique, à partir de souches bactériennes d'*Escherichia coli*. En médecine, des recherches sont actuellement menées un peu partout pour traiter les maladies héréditaires en remplaçant le gène déficient par un gène sain. En agronomie, on parvient à créer des animaux transgéniques et des plantes génétiquement modifiées (les fameux OGM), en incorporant un gène étranger dans leur patrimoine génétique.

Il aura donc suffi de quelques années pour que la biologie moléculaire bouleverse le XX^e siècle. Et ce n'est sans doute rien à côté de ce qui attend notre futur. ■

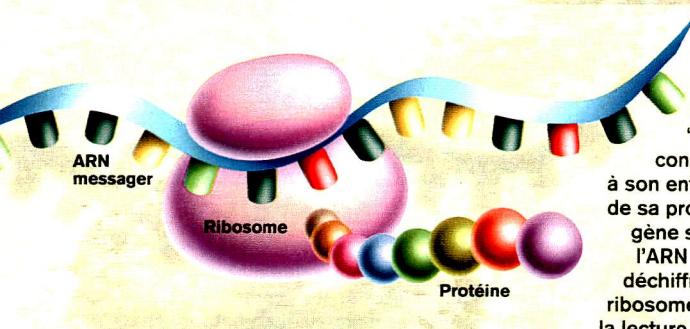
La découverte de l'ADN

Le chef d'orchestre de la vie

La preuve par les pois

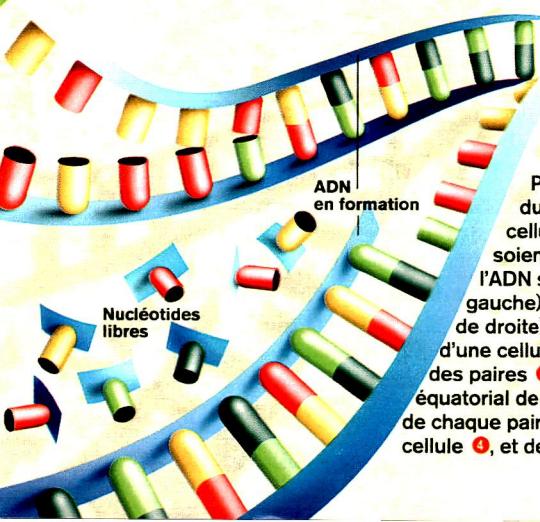
En 1866, le moine autrichien Gregor Mendel publie les résultats de ses expériences. Il a croisé un pois à graines jaunes (J) et lisses (L) avec un pois à graines vertes (v) et ridées (r). A la première génération, il a obtenu des pois tous identiques : jaunes et lisses (JL). Ces hybrides possédaient quatre types de cellules reproductrices (gamètes) : JL, Jr, vL, vr (voir le tableau ci-contre). En les croisant entre eux, il a obtenu seize types de pois combinant les quatre caractères. Preuve était faite que les caractères sont transmis héréditairement, que le caractère lisse (L) domine le ridé (r), et que le jaune (J) domine le vert (v).

		Gamètes des hybrides					
		JL	Jr	vL	vr		
		JL	JJLL	JJLr	JvLL	JvLr	jaune lisse
Jr	JL	JJrL	JJrr	Jvrl	Jvrr	jaune ridé	
	vL	vJLL	vJLr	vvLL	vvLr	vert lisse	
vr	JL	vJrL	vJrr	vvrl	vvrr	vert ridé	
	Jr						



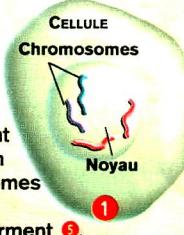
Plan de fabrication

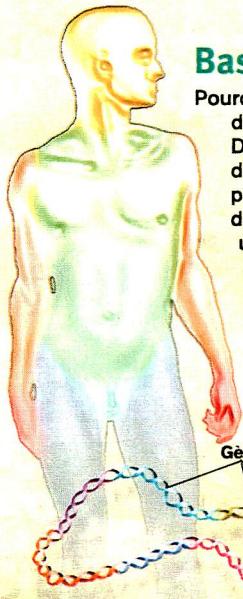
Le message codé des gènes est matérialisé par les protéines, "briques" indispensables à la construction de l'édifice humain et à son entretien. Pour réaliser la synthèse de sa protéine spécifique, chaque gène se fabrique un "calque", l'ARN messenger. Celui-ci est déchiffré par un curseur, le ribosome, qui, au fur et à mesure de la lecture, traduit l'ARN en protéine.



Comment les cellules se forment

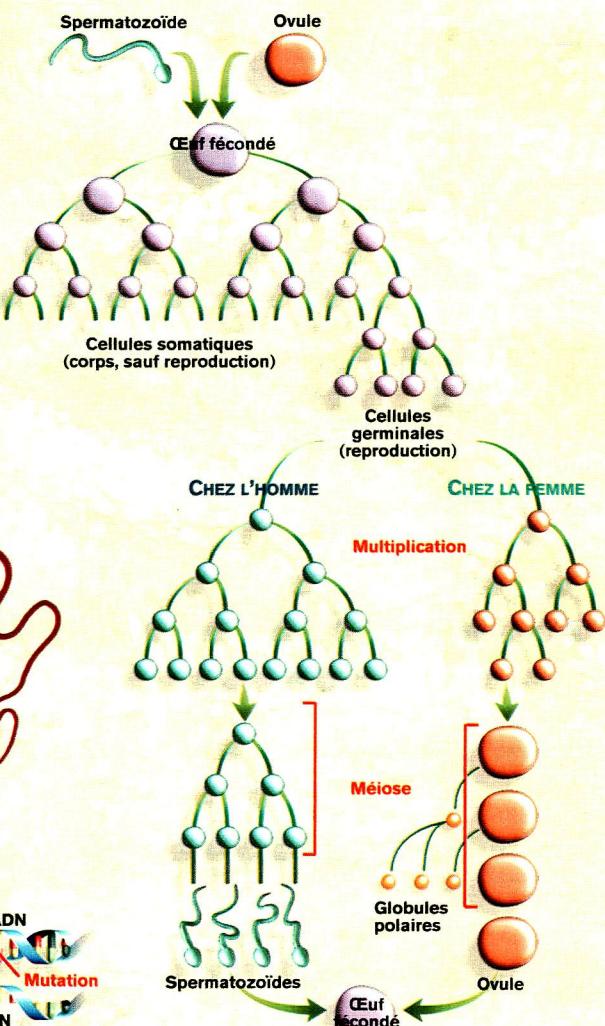
Pour que de nouvelles cellules du corps (à l'exception des cellules de la reproduction) soient fabriquées, il faut que l'ADN se duplique (dessin de gauche). Par conséquent (dessins de droite), les chromosomes ① d'une cellule se dédoublent en formant des paires ②, qui se rangent sur le plan équatorial de la cellule ③. Les chromosomes de chaque paire migrent aux pôles de la cellule ④, et deux nouvelles cellules se forment ⑤.





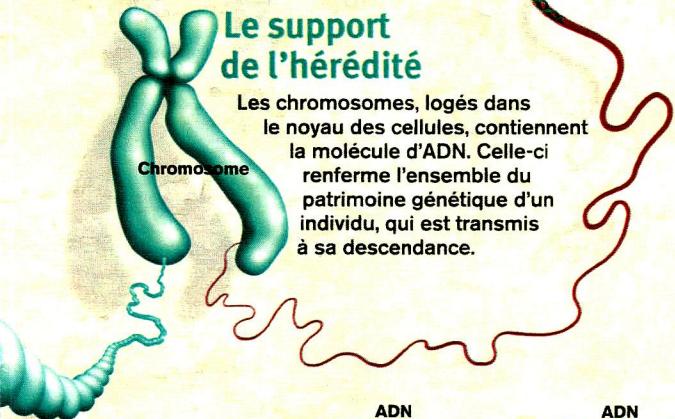
Base de données

Pourquoi l'homme a-t-il une tête, deux bras, deux jambes ? Depuis sa conception, issue de la fécondation d'un ovule par un spermatozoïde, il porte dans chacune de ses cellules un long filament : l'ADN. La molécule d'ADN est constituée d'une suite de gènes qui contiennent le message codé des diverses structures du corps à construire et à entretenir.



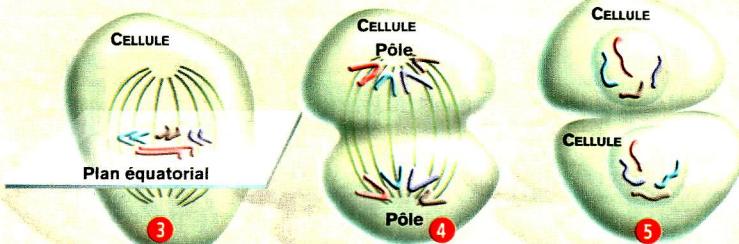
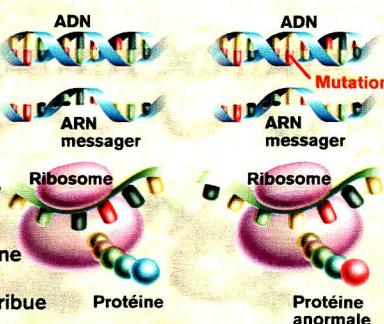
Le support de l'héritage

Les chromosomes, logés dans le noyau des cellules, contiennent la molécule d'ADN. Celle-ci renferme l'ensemble du patrimoine génétique d'un individu, qui est transmis à sa descendance.



Erreur !

Le message codé des gènes peut comporter une erreur, ou mutation, qui se traduit par la formation d'une protéine anormale. Si cette nouvelle protéine est favorable à l'organisme, elle contribue à son évolution. Sinon, elle entraîne sa disparition.



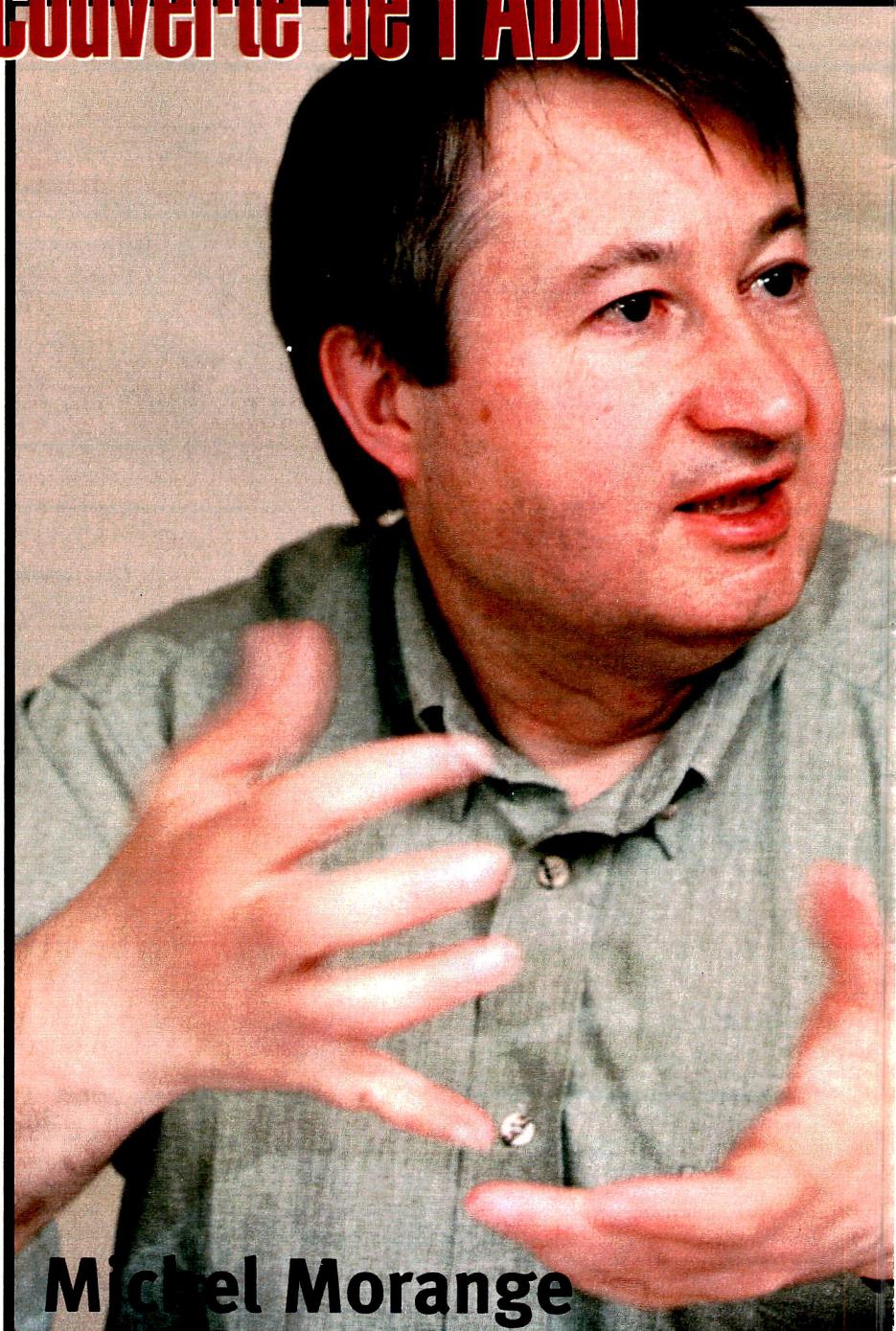
Le cycle de la vie

Tout individu résulte de l'union d'un spermatozoïde et d'un ovule, qui possèdent chacun 23 chromosomes. Les cellules du nouvel organisme ont donc 46 chromosomes. Elles se répartissent en deux lots : les cellules somatiques et les cellules germinales. Chez l'homme, ces dernières se multiplient, puis subissent la méiose, mécanisme qui réduit de moitié le nombre de chromosomes. Finalement, on obtient des spermatozoïdes à 23 chromosomes. Chez la femme, cet enchaînement aboutit à la production d'un ovule à 23 chromosomes, et de globules polaires qui dégénèrent. Le cycle est bouclé. La vie peut recommencer.

La découverte de l'ADN

PARCOURS

1950 : naît à Limoges.
1978 : thèse d'enzymologie, chercheur à l'Institut Pasteur.
1985 : professeur en biochimie des protéines, biologie moléculaire, biologie du développement, histoire des sciences et épistémologie à l'université Paris VI.
1991 : directeur du groupe de biologie moléculaire du stress à l'Ecole normale supérieure.
1998 : publie *la Part des gènes* (Odile Jacob).



PROPOS
RECUÉILLIS
PAR CATHERINE
CHAUVEAU,
PHOTOS
SOPHIE CHIVET

Michel Morange

«Il est bien difficile une définition de la



Pour Michel Morange, qui dirige un groupe de recherche sur la biologie moléculaire du stress à l'Ecole normale supérieure, la génétique moderne est encore à l'heure des constats. L'organisation cellulaire est loin d'avoir livré son extraordinaire complexité.

Science & Vie : Grâce à la génétique, comprend-on mieux aujourd'hui ce qu'est la vie ?

Michel Morange : La notion de vie a complètement changé au xx^e siècle, avec l'essor de la génétique puis avec celui de la biologie moléculaire. Aujourd'hui, il est bien difficile de donner une définition de la vie. On peut juste dire que ce qui la caractérise, ce sont des molécules très complexes, les plus complexes étant les protéines, qui sont fabriquées grâce aux instructions codées dans les gènes. On s'est rendu compte qu'en fait ce sont les protéines qui remplissent les fonctions du vivant, et que les gènes ne sont là que pour permettre leur fabrication au bon moment, dans le bon tissu de l'organisme. On sait également à présent que ce ne sont pas les gènes qui ont créé la vie,

Ce ne sont pas les gènes qui ont créé la vie, mais l'inverse

mais que c'est la vie qui a inventé les gènes. Enfin, la grande certitude des biologistes actuels, c'est qu'on peut toujours trouver une exception à la règle commune. Par exemple, le code génétique est universel, mais certains organismes l'ont modifié.

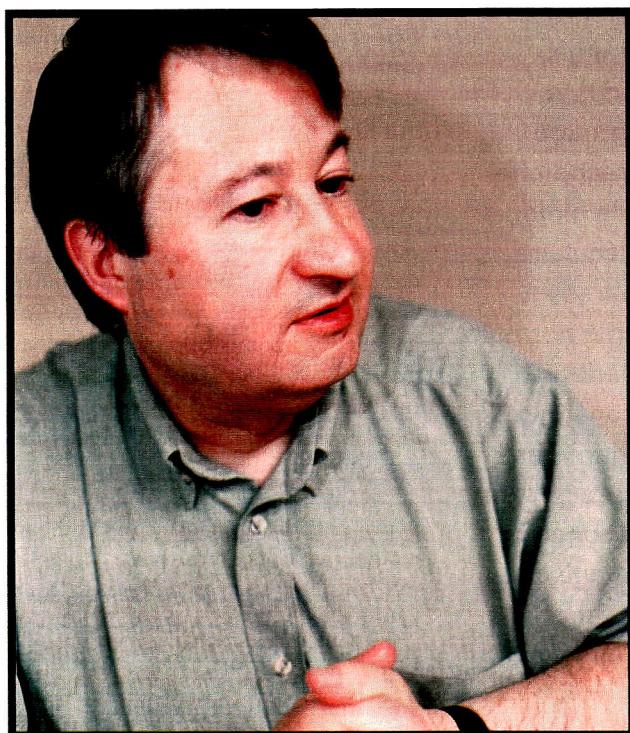
S & V : A quelles questions le séquençage des génomes va-t-il permettre de répondre ?

M. M. : Séquencer les génomes, c'est lire toute l'information contenue dans les gènes, donc connaître toutes les protéines, au moins virtuellement. On a commencé à séquencer un certain nombre de génomes : ceux de bactéries, mais aussi ceux d'organismes eucaryotes – dont l'ADN est contenu dans les noyaux cellulaires – comme la levure ou ces petits vers que sont les nématodes.

On connaît donc toutes les molécules im-

de donner vie.»

La découverte de l'ADN



Les êtres vivants ont des ressources plus grandes qu'on ne le pensait

portantes de ces êtres vivants. On pensait ainsi trouver leur fonction. En réalité, la fonction d'un composé élémentaire ne se comprend que lorsqu'on regarde comment il s'associe et interagit avec les autres dans la structure hiérarchisée du vivant – dans la cellule, dans les tissus, dans les organes...

Ce pas en avant que représente le séquençage nous mène, en fait, au pied du mur. Nous nous sommes rendus compte que beaucoup de ces gènes nouvellement identifiés ne sont pas essentiels à la vie. Peut-être parce que d'autres gènes permettent de pallier leur déficience, peut-être parce qu'ils ne sont essentiels que dans des circonstances particulières qui restent à découvrir. Nous constatons seulement que les êtres vivants ont des ressources bien plus grandes qu'on ne le pen-

sait. Ce sont de ces recherches "postgénomiques" – parmi lesquelles le programme européen sur la levure – que l'on peut espérer les résultats les plus intéressants.

S & V : Quelles notions fondamentales ont été déjà dégagées ?

M. M. : On accumule un nombre extraordinaire d'observations, mais on n'en est pas encore à dégager une logique. Toutes les études actuelles tournent autour de deux notions : la pléiotropie, ou le fait qu'un même constituant peut remplir diverses fonctions dans l'organisme, et la redondance, ou le fait qu'en général c'est non pas un mais plusieurs composants fonctionnant en parallèle qui assurent un processus, ce qui donne au système une fiabilité bien plus grande.

L'une des avancées majeures est le constat de l'extraordinaire complexité de l'organisation cellulaire. On a commencé à déchiffrer les réseaux de régulation qui font qu'une cellule répond aux signaux venus de son environnement. Prenons l'exemple de la mort cellulaire. Un certain nombre de gènes ont pour fonction de conduire à la mort de la cellule. Ce programme génétique a de l'intérêt non pour la cellule qui meurt mais pour l'organisme. Par exemple, les cellules situées entre nos doigts meurent au cours du développement embryonnaire pour que nous n'ayons pas les mains palmées. Nous cherchons à déterminer les facteurs de déclenchement de ce type de programme. Là encore, notre faiblesse est de ne pas pouvoir anticiper ce qui va se passer si l'on perturbe l'une des mailles du réseau.

La nouvelle discipline "évolution-développement" étudie les gènes dont la modification a pu être particulièrement importante dans l'évolution : ceux qui interviennent dans le développement embryonnaire. Leur conservation au cours de l'évolution chez des organismes très différents est particulièrement frappante. Le problème actuel est de comprendre comment des formes vivantes si différentes ont pu apparaître et se développer,

alors qu'apparemment c'est toujours la même petite famille de gènes qui est utilisée.

S & V : Ces recherches ont-elles contribué à revoir les arbres phylogénétiques, qui représentent les liens de parenté entre les espèces ?

M. M. : Tout l'arbre évolutif est en train d'être ébranlé. Cette méthode a cependant confirmé la triple origine initiale des êtres vivants – bactéries simples, organismes cellulaires à noyau et archéobactéries (bactéries simples qui vivent dans des conditions extrêmes). On sait également qu'il y a eu des échanges importants de gènes entre ces organismes, donc probablement des mutations génétiques majeures au cours de l'évolution.

S & V : Le public perçoit souvent le génie génétique comme un jeu avec l'inconnu. Quel est le développement prévisible de ces applications de la génétique – thérapie, clonage, eugénisme... – qui effraient ou séduisent ?

M. M. : La sélection et l'hybridation animales et végétales existent depuis longtemps, bien avant qu'on sache ce que sont les gènes. Le clonage n'est pas particulièrement lié aux manipulations génétiques, contrairement à ce que l'on croit. Certaines choses sont effectivement possibles, mais ce n'est pas parce qu'une chose est faisable qu'elle sera faite ni qu'on doit la faire.

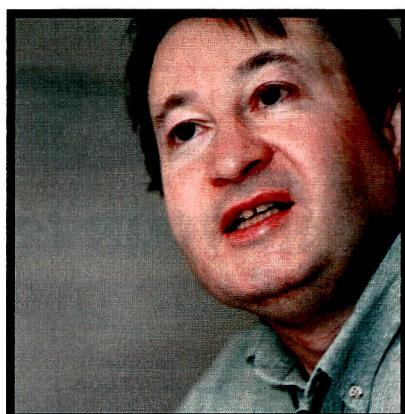
Quant à la part d'inconnu dans les mani-

pulations génétiques, elle est de nature très différente selon les applications. Dans la thérapie génique somatique, la part d'inconnu est la même que celle qui intervient quand on lance un nouveau médicament. Au lieu de faire entrer une protéine ou une enzyme qui manque chez un malade, on fait entrer le gène qui fabrique cette enzyme ou cette protéine pour pallier la déficience. Ce qui n'est pas simple... Il faut faire entrer le gène dans les cellules choisies, faire en sorte qu'il s'exprime correctement et reste stable, qu'il n'aille pas se mettre n'importe où dans le génome et risquer d'entraîner des effets secondaires. On ne peut introduire qu'un gène à action unique afin de ne pas provoquer d'effets imprévisibles. Il est naïf de penser qu'un "dérèglement" n'affecte généralement qu'un seul gène. C'est tout un réseau de régulation qui est impliqué, et on ne connaît qu'imparfaitement ces réseaux. Toutes ces difficultés sont plus longues à surmonter que prévu.

Quant à la thérapie génique germinale, il a été décidé de ne pas s'y lancer. Ce serait prendre de bien grands risques, car la complexité du système vivant est loin d'être maîtrisée.

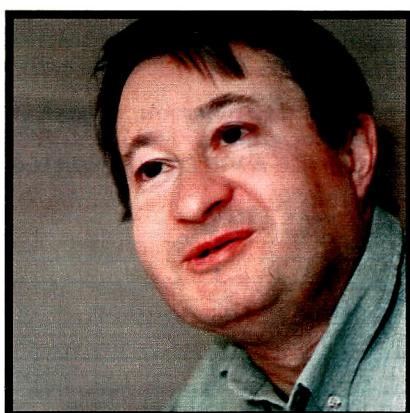
S & V : Est-il possible de franchir la barrière entre espèces, notion si fondamentale en biologie, grâce à la génétique moléculaire ?

M. M. : Pour l'instant, ce serait très difficile. Prenons le cas de l'homme et du singe, dont on évalue la différence génétique à peu près à 1 %. Cela semble peu, mais, en réalité, cela signifie qu'environ un nucléotide sur cent diffère d'une espèce à l'autre. C'est donc un nombre considérable de gènes qu'il faudrait modifier. ■



Les protéines d'abord

Selon Michel Morange, ce ne sont pas les gènes, mais les protéines fabriquées selon leurs instructions qui permettent les fonctions complexes du vivant.



Bien sûr vous adorez vos enfants. Surtout à cet âge...



... et si vous les abonnez aujourd'hui à leur propre SCIENCE & VIE.

En cadeau de bienvenue
une paire de jumelles que
votre enfant
pourra emporter
partout avec lui...



Cette paire de jumelles d'excellente
qualité est pliable, facile à manier et très légère.
Véritable instrument d'observation, elle accompagnera
ainsi votre enfant lors de ses balades et excursions.

1 AN/12 numéros
225 Francs
au lieu de 300 F

SCIENCE & VIE DÉCOUVERTES
LE SCIENCE & VIE DES 8-12 ANS



BULLETIN D'ABONNEMENT À

SCIENCE & VIE
découvertes

À compléter et à renvoyer avec votre règlement dans une enveloppe affranchie au tarif en vigueur
à SCIENCE & VIE DECOUVERTES - Service Abonnements - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15

OUI J'abonne mon enfant à SCIENCE & VIE DECOUVERTES pour un an, 12 mensuels, au tarif préférentiel de 225 frs au lieu de 300 frs*, soit 3 mois d'abonnement gratuit.

Il recevra en cadeau de bienvenue une paire de jumelles offerte par SCIENCE & VIE DECOUVERTES**.

Je règle la somme de 225 frs par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE DÉCOUVERTES

Nom de l'enfant

Son prénom

Sa date de naissance (jour, mois)

 19

Garçon

Fille (cochez SVP)

Adresse

Ville

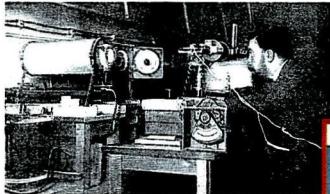
* Prix de vente de la série chez votre marchand de journaux. Offre valable jusqu'à fin 99 pour un abonnement servi en France métropolitaine

** Prévoir un délai d'envoi du cadeau de 4 à 6 semaines à compter de l'enregistrement de votre paiement et dans la limite des stocks disponibles.

Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Les renseignements que vous nous demandez sont nécessaires au traitement de votre commande et destinés aux services internes de notre entreprise. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, vous suffit de nous le faire savoir.

C431 SVE 986

Il y a 80 ans

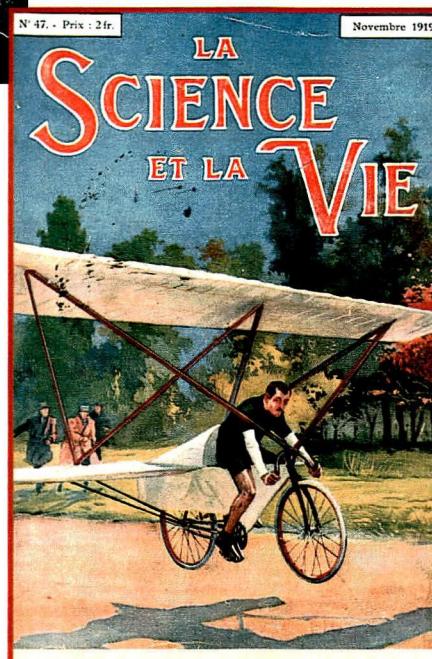
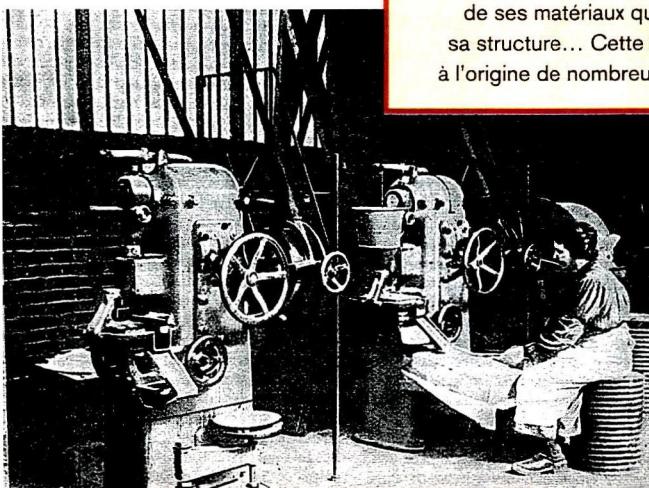


La température du Soleil

Le globe qui protège cet héliographe a été simplement ôté pour permettre de mieux voir le tambour sur lequel s'enroule une bande photographique par l'action d'un mouvement d'horlogerie. Ce mécanisme permet de mesurer l'intensité de la radiation solaire et ses fluctuations suivant les heures et les saisons.

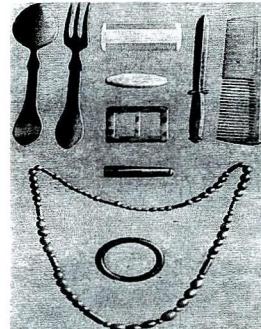
Ersatz de sucre

On voit ici une partie d'un atelier de pastillage de saccharinate de soude. Une certaine quantité de saccharinate tombe du seuil, la pastille se formant automatiquement pendant la descente dans le tuyau de sortie. Ce dérivé du goudron de houille sucre de 450 à 500 fois plus que le sucre.



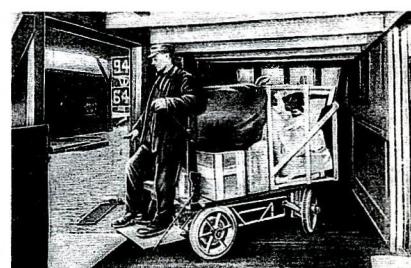
NOVEMBRE 1919

L'aviette, composée d'une bicyclette sur laquelle sont fixées des ailes d'avion, devrait permettre au cycliste de s'envoler... Mais elle est confrontée au délicat problème de la légèreté de ses matériaux qui fragilise sa structure... Cette fragilité est à l'origine de nombreux accidents.



Bijoux en lait

Extraite du lait desséché et comprimé, la caséine permet la production de l'Omnilith. Il suffit de la réduire en poudre, de la passer dans une boudineuse, d'où elle ressort sous forme de bâtons d'Omnilith. Cette matière est travaillée au tour et permet la fabrication de peignes, de couverts, de colliers.



Chariot électrique à la gare

Grâce à ce chariot électrique et silencieux les marchandises sont déplacées aisément. Cependant, pour profiter de l'efficacité de ces chariots, il faudra repenser l'organisation des ports et des gares, en prévoyant notamment des aménagements spéciaux, tels des quais surélevés.

Le ciel du mois

PARTIE DE LA VILLE

Ecouter la Voie lactée

NASA

Le radiotélescope d'Arecibo à Porto Rico (305 m de diamètre) est une des principales oreilles de SETI.

Le programme américain SETI (Search Extraterrestrial Intelligence, recherche d'intelligence extra-terrestre) consiste à surveiller le plus grand nombre de signaux radio en provenance de notre galaxie, au moyen de radiotélescopes, pour détecter un signal hertzien d'origine "intelligente". SETI regroupe plusieurs sous-programmes spécialisés dans certains domaines de longueur d'onde et/ou dans certaines portions du ciel.

L'un de ces sous-programmes, SERENDIP IV, recourt au radiotélescope géant d'Arecibo avec son antenne fixe de 305 m de diamètre. SERENDIP IV est à l'écoute presque en permanence puisqu'il fonctionne en parallèle avec les autres expériences menées à l'aide du radiotélescope. L'inconvénient de cet instrument, c'est qu'il est

fixe. Il ne peut donc "écouter" que les émissions radio des étoiles qui croisent l'axe de son antenne. Depuis sa mise en service, en juin 1997, SERENDIP IV a scanné tout le ciel compris entre les déclinaisons $+2^\circ$ et $+38^\circ$, soit 28% de la sphère céleste. La bande radio écoutée a 100 mégahertz de large et se trouve centrée sur la raie d'émission de l'hydrogène à 21 cm. Au total, cela représente 168 millions de canaux de 0,6 hertz de large, chacun étant écouté et enregistré séparément.

Le problème réside dans le traitement des milliards de milliards d'informations ainsi collectées. Si les programmes de traitement et les ordinateurs nécessaires tournent parfaitement, le temps d'ordinateur pour traiter l'information manque cruellement. La masse de données enregistrées a saturé le système, et le temps entre l'observation et le

ASTRES ET LUNE EN NOVEMBRE

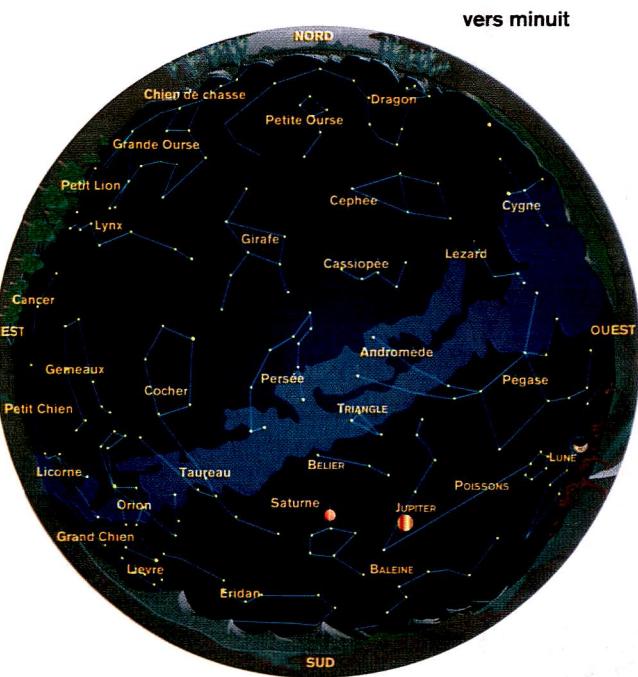
dépouillement a atteint plusieurs mois, voire plus. Aussi les responsables du projet ont-ils eu l'idée de faire appel aux amateurs en créant le projet SETI@home! Il faut disposer d'un ordinateur, quel qu'en soit le type, avec une connexion Internet et au moins 32 mégaoctets de RAM. Il faut ensuite se connecter au site de SETI@home (<http://setiathome.ssl.berkeley.edu>), dont il existe une traduction en français, et télécharger un programme de 710 k qui remplacera votre économiseur d'écran. Après l'enregistrement auprès de SETI@home, il suffit de télécharger une "unité de travail" qui représente environ 350 k, soit cent secondes d'écoute sur une bande de 10 kilohertz.

1 MILLION D'ORDINATEURS MOBILISÉS

Quand l'ordinateur est en veille, le programme se met en route, à la place de l'économiseur d'écran, et traite son "unité de travail". Cela varie de quinze à cent heures selon l'utilisation de la machine. Les mêmes unités de travail sont envoyées à d'autres "analyseurs" bénévoles pour s'assurer d'un parfait traitement. Si, au bout d'une semaine, le "paquet" de données confié n'est pas de retour au centre, il est considéré comme perdu et réaffecté.

Lancé en mai dernier, le projet SETI@home a connu un succès immédiat, à tel point qu'il a fallu à ses initiateurs renforcer, dès le mois suivant, les ordinateurs gestionnaires et les équipes de surveillance. Au début, les prévisions tablaient sur environ cent mille participants. Aujourd'hui, c'est près d'un million de personnes qui ont téléchargé le programme.

Un premier bilan montre qu'environ 60% d'entre eux ont retourné une unité de travail. Cela représente plus de 40 000 ans de traitement machine et 12 millions d'unités. Compte tenu de la duplication des unités, 4,5 millions d'entre elles ont été traitées sur un total enregistré de 100 millions! Un bel exemple de coopération entre amateurs et professionnels. D'autant que, si pour l'instant rien n'a été trouvé, cela laisse entrevoir la possibilité d'étendre le programme à une bande de fréquence plus large ou à d'autres radiotélescopes.



LES PLANÈTES

Vénus

Elle est encore bien visible le matin. Elle se lève quatre heures avant le Soleil et est visible sur l'horizon est, au début de l'aurore.

Mars

Le soir, il est encore facile de repérer la planète rouge dès le coucher du Soleil, au-dessus de l'horizon sud-sud-est. Mars se couche quatre heures après le Soleil.

Jupiter

La planète géante est observable pratiquement toute la nuit. Son brillant éclat ne laisse aucun doute pour la localiser dans la constellation des Poissons.

Saturne

Elle suit Jupiter à moins d'une heure d'intervalle. Saturne est en opposition le 6 du mois. C'est donc la période la plus favorable pour l'observer.

LES GRANDS RENDEZ-VOUS

Mercredi 3

Rapprochement à l'aube d'un croissant de Lune et de Vénus, à l'ouest.

Lundi 8

Croissant lunaire âgé de treize heures, au sud-ouest.

Vendredi 12

Maximum de l'essaim des Taurides.

Samedi 13

Conjonction serrée de Mars

et de la Lune, au sud-ouest, dès le coucher du Soleil.

Lundi 15

Mercure passe devant le Soleil. Observable dans le Pacifique, en Australie et en Amérique du Nord.

Mercredi 17

Essaim des Léonides.

Du 20 au 22

Pleine lune près de Jupiter et de Saturne.



CD-Rom

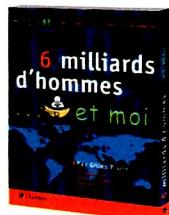
PAR JEAN-RENÉ GERMAIN

L'épopée de la famille humaine

6 MILLIARDS D'HOMMES... ET MOI

Encyclopédie de la démographie

Gilles Pison

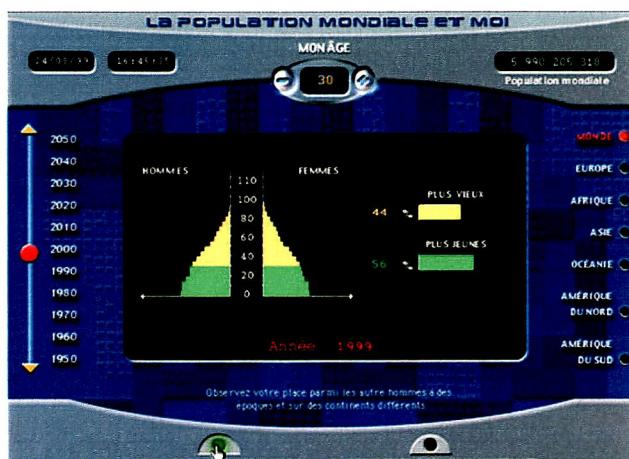


Le 12 octobre dernier, la population mondiale a dépassé les 6 milliards d'individus. Il y a 100 000 ans, elle était inférieure à la population parisienne actuelle !

Contrairement à ce que l'on pensait dans les années 60, le taux de fécondité a fortement baissé au cours des dernières décennies, et les experts des Nations unies estiment que, selon toute vraisemblance, le nombre d'humains devrait se stabiliser aux alentours de 10 milliards vers 2050.

C'est à la formidable histoire du genre humain que nous convie Gilles Pison, directeur du laboratoire de dynamique et de santé des populations au Muséum national d'histoire naturelle. Exceptionnel par la clarté de ses explications et l'intelligence de ses simulations, ce CD-Rom s'ouvre par une redoutable prise de conscience en affichant le nombre d'individus nés depuis votre naissance.

On apprend tout de la démographie : comment s'est passée la transition démographique depuis le XIX^e siècle ? Quels sont les grands effets de comportements indi-



Saisissantes simulations

Les simulateurs interactifs permettent de prendre totalement conscience des divers scénarios démographiques possibles.



viduels ? Quels facteurs influencent la fécondité des femmes et des familles ? A quelles distorsions entre régions riches et régions pauvres faut-il s'attendre ?

Des simulateurs interactifs, tels que l'Atlas de la population mondiale, ou le jeu de la famille (quelle place pour mes choix individuels ?) permettent de faire varier les grandes courbes démographiques en fonction des choix collectifs ou individuels. La Table à cartes interactives, qui utilise la méthode du lissage, réservée jusqu'ici aux cartes météorologiques, fournit – c'est une première – une vision mondiale des phénomènes de croissance en rapprochant la répartition démographique mondiale de la production des richesses, de l'énergie et du CO₂.

Un CD-Rom passionnant, propre à renverser bien des idées reçues.

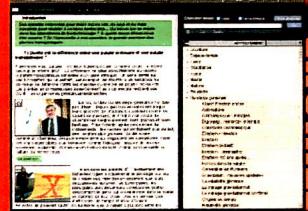
.....

Syrinx, 299 F (45,58 €), pour Mac et PC.

NOUVEAUTE
MULTIMEDIA

CD-ROM PC

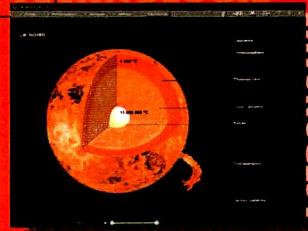
BIOLOGIE



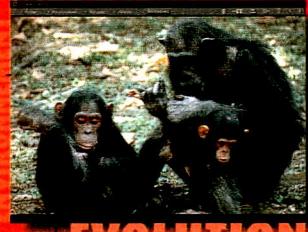
GÉNÉTIQUE



TECHNOLOGIE



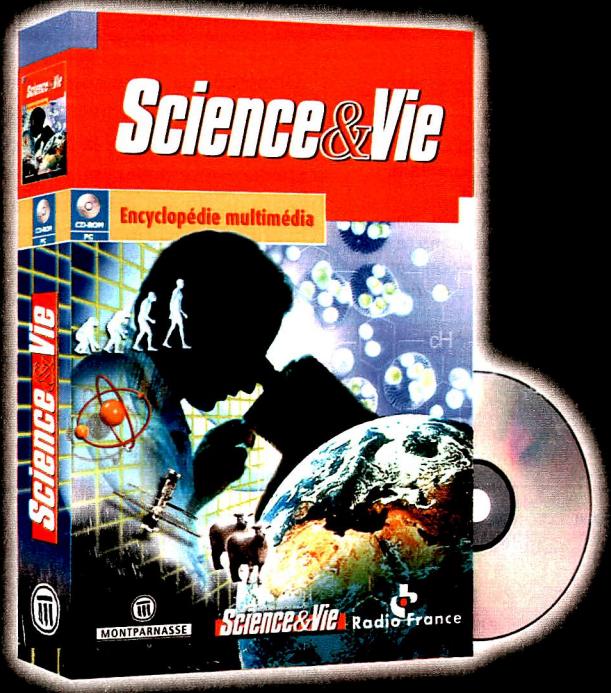
MÉDECINE



EVOLUTION

Disponible en Fnac
et grandes surfaces...

Une encyclopédie multimédia



pour découvrir la science, son histoire
et le grands enjeux du XXI^e siècle

- **Un fond scientifique exceptionnel** avec 550 articles extraits de «Science & Vie», des «Hors-Séries», des «Cahiers» et de «Science & Vie Junior», des documents fondamentaux, 60 textes sur des questions d'actualité.
- **Une richesse multimédia sans équivalent** avec 10 vidéo plein écran, 60 chroniques scientifiques de Marie-Odile Monchicourt, journaliste à France-Info, des archives sonores, 25 ateliers et animations, 700 photos plein écran, plus de 80 illustrations scientifiques.
- **Une navigation simple et efficace** avec un puissant moteur de recherche, un glossaire de plus de 500 termes techniques et scientifiques, une médiathèque, une chronologie interactive, des liens hypertextes et des articles liés, des milliers de mots-clés, une sélection de plus de 400 sites internet.

Coédité par Montparnasse multimedia, Science & Vie, Radio France



Science & Vie

MONTPARNASSE
MULTIMEDIA

CD-Rom PC

Information lecteurs : Tel : 01 40 07 87 27
e-mail : contact@itw.fr

CD-Rom

La beauté de l'eau

L'OR BLEU

Cette encyclopédie entièrement consacrée à l'eau exhibe une carte de visite prestigieuse : présentée par l'UNESCO, elle a pour parrains l'UNICEF, l'Institut de recherche pour le développement (IRD), l'IFREMER, le ministère de l'Environnement, etc. Le contenu est-il à la hauteur du pedigree ?

L'Or bleu possède des atouts indiscutables : il est beau à regarder, ses animations et ses effets sonores sont particulièrement réussis. En revanche, il est parfois un peu difficile de s'orienter entre les diverses séquences. Le contenu scientifique, qui couvre des thèmes relatifs aux civilisations, à la biologie, à l'hydrologie, à l'astronomie et à l'environnement, est irréprochable.



Voyage dans le temps

A bord d'un vaisseau volant, qui peut s'immerger, on voyage dans le temps et on passe en revue divers thèmes scientifiques.

On appréciera particulièrement le fait que cette encyclopédie propose plusieurs degrés de vulgarisation. Ainsi la photosynthèse est expliquée succinctement à l'aide d'un schéma, mais elle est aussi traitée en détail. Qu'apporte le support CD-Rom ? Finalement pas grand-chose, hormis la possibilité de charger des textes sur son ordinateur ou de consulter douze sites Internet.

Isabelle Bourdial

.....
Strass Productions et éditions UNESCO, 299 F (45,58 €), pour PC et Mac.

Bulletin d'abonnement à SCIENCE & VIE

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à SCIENCE & VIE 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15



Oui

je m'abonne 1 an à SCIENCE & VIE

et à ses hors série

soit 12 mensuels + 4 trimestriels thématiques.

je règle la somme de **296 francs*** seulement et je recevrai en cadeau de bienvenue le N°1 de LA SCIENCE ET LA VIE** paru en 1913.

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____

Ville _____

Je choisis de régler par :

- chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE
 carte bancaire

N° _____

expire à fin _____ mois _____ année _____

Date et signature obligatoires

** Délai de réception de 3 à 4 semaines, à partir du règlement de votre abonnement.

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1999 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE METROPOLITaine.

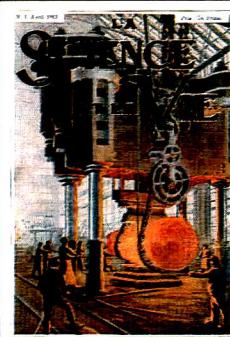
Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17

Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être tenu à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référentiel.

"au lieu de 376 F
prix normal de vente
des magazines chez
votre marchand de journaux

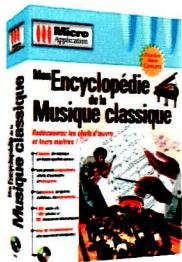
12 mensuels
+ 4 hors série
trimestriels de
SCIENCE & VIE
+ en cadeau
le N°1 de
LA SCIENCE ET LA VIE

**296 francs
seulement**



NOUS AVONS AIMÉ

MON ENCYCLOPÉDIE DE LA MUSIQUE CLASSIQUE



Poursuivant sa collection d'encyclopédies peu onéreuses et orientées vers le grand public, Micro-Application propose cette fois une encyclopédie de la musique classique.

On y trouvera l'essentiel de ce domaine artistique, des bases du solfège aux grandes œuvres.

La recherche peut se faire selon une approche thématique ou alphabétique. Ainsi on trouve (aisément) des renseignements sur plus de 420 compositeurs, interprètes et chefs d'orchestre. De même, des itinéraires thématiques (musiques de scène, opéras, etc.) permettent d'accéder aux œuvres les plus importantes du répertoire. Les instruments (plus de 190 !) sont décrits avec force détails. Une section historique

permet soit de rechercher un courant musical, soit de situer une œuvre et son compositeur.

Une excellente initiation familiale.

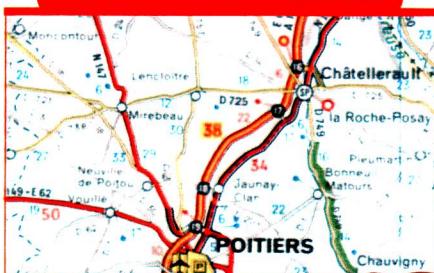
.....
Micro-Application, 209 F (31,86 €), pour PC.

HALF LIFE

Elu jeu de l'année par les revues spécialisées, *Half Life* se caractérise par un moteur graphique et un système d'intelligence artificielle époustouflants. Le moteur graphique permet des effets de lumière, et des transparences qui font partie intégrante du jeu. On voit principalement (mais pas uniquement) le système d'intelligence artificielle en œuvre lors des affrontements singuliers ou en groupes avec les ennemis. Quant aux ressorts du jeu, ils reposent autant sur les capacités d'action que de réflexion.

.....
Sierra, éditions Collector, 349 F (53,20 €), deux CD-Rom, pour PC.

*votre
prochain voyage ?
3615 123 PARTEZ*



**le meilleur
itinéraire routier,
le plus rapide,
le moins cher....
en quelques instants.**

(Excelsior Filipacchi - 2,23 F/Minute)

**COLLECTIONNEZ
LE SAVOIR
AVEC
LA RELIURE
SCIENCE & VIE**

BON DE COMMANDE
à compléter et à retourner par envoi joint à SCIENCE & VIE
1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 PARIS cedex 15

OUI, je commande _____ reliure (*) SCIENCE & VIE
au prix de 95 francs - Etranger : 100 francs **

* Je joins mon règlement de _____ francs à l'ordre de SCIENCE & VIE

NOM _____
ADRESSE _____
CODE POSTAL _____ VILLE _____

** Chaque reliure en contient pour dossier 12 numéros *** Dans la limite des stocks disponibles

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 99

La vache et la folie des hommes

**DE LA MALADIE
DE LA VACHE FOLLE À CELLE
DE CREUTZFELDT-JAKOB**

Jill-Patrice Cassuto

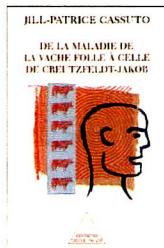
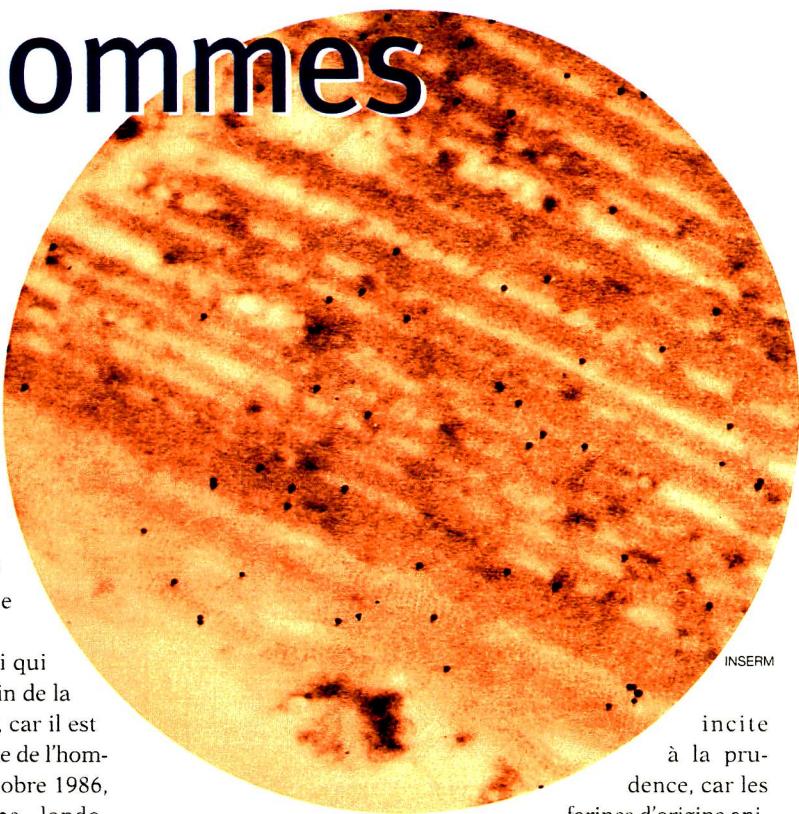
L'apparition de cas de maladie de Creutzfeldt-Jakob chez des individus de moins de 45 ans, alors que l'âge moyen de l'affection se situe vers 65 ans, est-elle liée à la consommation de viande bovine contaminée par le prion de la vache folle? C'est à cette question que répond le livre.

L'exemple du singe est celui qui apporte le plus d'eau au moulin de la thèse développée par l'auteur, car il est le modèle animal le plus proche de l'homme.

En octobre 1986, une équipe londonnaise, dirigée par John Collinge, montre que l'injection de brovats de cervelles de bovins contaminés induit chez les singes des symptômes analogues à ceux de la vache folle.

Les preuves décisives seront cependant apportées par les travaux de Moira Bruce, chercheur à l'unité de neuropathogénèse d'Edimbourg, qui démontre cette fois que la maladie est transmissible de la vache à l'homme.

Cette preuve étant établie, l'auteur nous



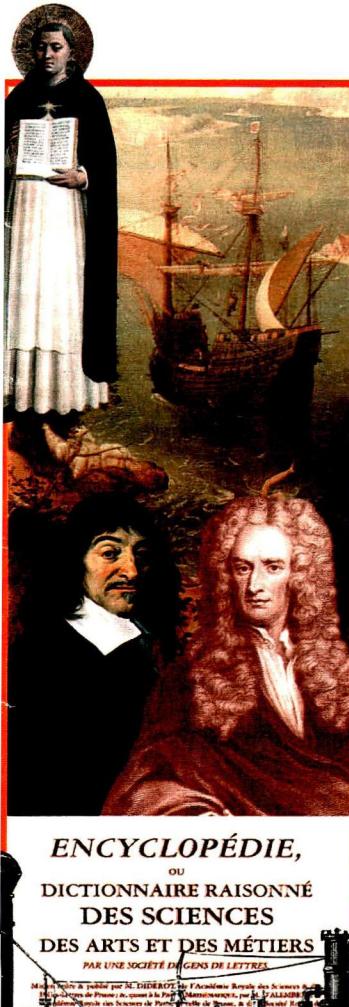
L'agent contaminant

Accumulation de prion (l'agent infectieux) dans le cerveau d'un enfant atteint de la maladie de Creutzfeldt-Jakob, l'équivalent chez l'homme de la maladie de la vache folle.

incite à la prudence, car les farines d'origine animale responsables de la maladie de la vache folle continuent d'être administrées aux porcs, aux volailles et aux poissons d'élevage. Il nous conseille également d'être méfiants vis-à-vis de tous les produits dans lesquels entrent des substances provenant de bovins. C'est le cas notamment de la gélatine qui entre dans la composition des biscuits, des glaces et des yoghurts. Comme dit le proverbe : un homme averti en vaut deux. Un livre sérieux écrit par un spécialiste réputé.

Pierre Rossion

.....
Odile Jacob, 184 p., 120 F (18,30 €).



LES CAHIER DE SCIENCE & VIE

*Collectionnez 1000 ans
de science pour
célébrer l'an 2000.*

UNE ENCYCLOPÉDIE EN 12 NUMÉROS

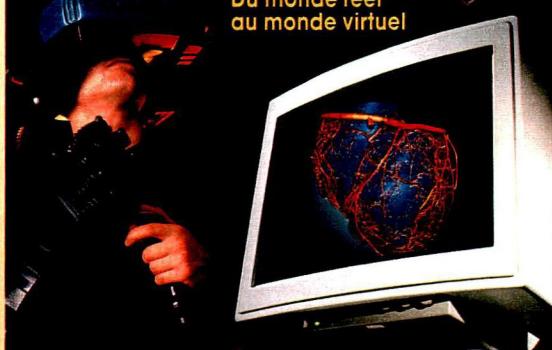
*Les Cahiers de Science & Vie célèbrent l'an 2000
et lancent la première vraie encyclopédie retracant 1000
ans de science. Cette collection de 12 numéros constituera
une véritable référence scientifique.*

LES CAHIER DE SCIENCE & VIE

1000 ANS DE SCIENCES

XI - XX^e siècle
Comment l'ordinateur
transforme
les sciences

Du monde réel
au monde virtuel



EN VENTE PARTOUT

Lorsque l'homme paraît...



L'ÉMERGENCE DE L'HOMME

Essai sur l'évolution et l'unicité humaine

Ian Tattersall

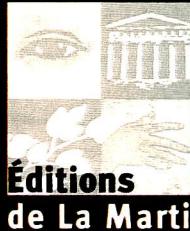
Ian Tattersall signe ici un ouvrage dense et rigoureux sur l'histoire évolutive des hominidés. Fort bien écrit, ce livre fait le point sur les connaissances actuelles. C'est bien ce qu'on est en droit d'attendre d'un spécialiste qui vulgarise son savoir. Mais Tattersall ne s'arrête pas là. Il entreprend de montrer par quel processus la paléoanthropologie a outrageusement simplifiée la lignée humaine.

L'auteur combat l'idée très répandue selon laquelle nos capacités et adaptations actuelles seraient l'aboutissement d'un lent mouvement de perfectionnement. Envisager ainsi le processus évolutif a affecté l'interprétation des fossiles. Nous aurions sous-estimé le nombre d'espèces humaines

éteintes. Ce qui a renforcé la vision centrale que nous avons de notre propre espèce.

« L'évolution ne poursuit aucun objectif, rappelle-t-il. Nous avons acquis nos traits "remarquables" de façon ordinaire. » Une autre idée dénoncée par l'auteur consiste à considérer les êtres comme simples supports d'un seul caractère. La nature sélectionne les organismes dans leur globalité; elle n'agrée pas seulement un de leurs traits. Les discussions pour savoir si la bipédie est apparue en tant qu'adaptation locomotrice ou comme moyen d'augmenter le champ de vision n'ont pas de sens. Des réflexions qui prennent toute leur signification aujourd'hui, alors même qu'une poignée de chercheurs tente d'isoler les adaptations des êtres vivants pour mettre l'évolution en équations. **Isabelle Bourdial**

.....
Gallimard, 290 p., 130 F (19,80 €).



**Éditions
de La Martinière**

424 pages

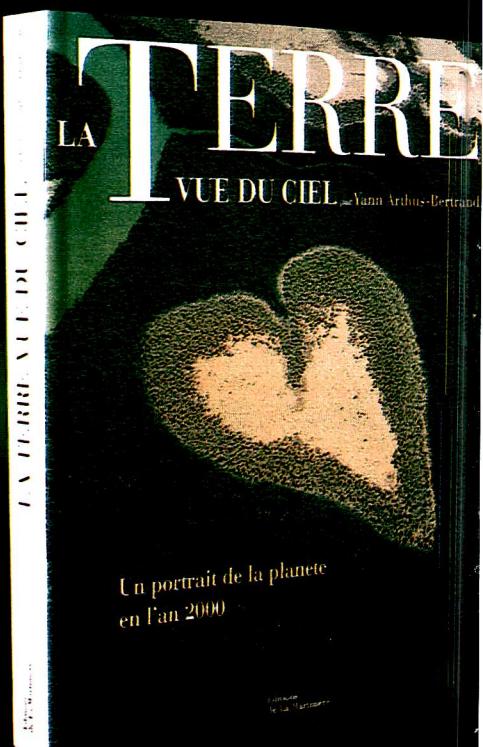
Prix de lancement

295 F

L'événement de la rentrée

LA TERRE VUE DU CIEL

par Yann Arthus-Bertrand



Un portrait de la planète
en l'an 2000

Éditions de La Martinière

Une société du groupe LA MARTINIÈRE

2, rue Christine, 75006 Paris

Tel : 01 40 51 52 00 - Fax : 01 40 51 52 05

Distribution-Distribution Diff. Ed.

ISBN : 2-7324-2523-0

Format : 28,5 x 36,5 cm

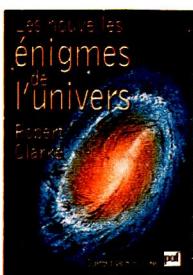
Le comment et le pourquoi

LES NOUVELLES ÉNIGMES DE L'UNIVERS

Robert Clarke

La science est une discipline toujours jeune. Accumulation de savoir ne veut pas dire manuels poussiéreux à apprendre par cœur. Bien au contraire : plus on avance, plus les "découvertes" soulèvent de nouveaux débats. On croyait avoir résolu le problème du hasard avec la mécanique classique, il resurgit avec la mécanique quantique. On croyait avoir fixé le cadre général de l'Univers (l'espace et le temps), il est balayé par la théorie de la relativité. On croyait avoir compris ce qui distingue le vivant de l'inerte, l'humain de l'animal : au fur et à mesure des avancées, les controverses se font plus vives.

Robert Clarke, journaliste scientifique de renom, connaît mieux que personne les doutes cachés derrière les "certitudes"

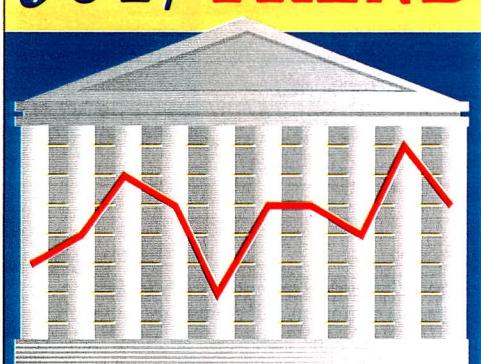


scientifiques. Toutes les découvertes qu'il a patiemment expliquées dans les colonnes des journaux sont ici reprises et mises en perspective, de la naissance de l'Univers aux récentes avancées génétiques, en passant par l'origine de la vie et l'évolution de l'homme. Conclusion : loin de clore le débat et de tranquilliser l'esprit humain, les éternelles interrogations philosophiques resurgissent, avec la même intensité.

L'Univers a-t-il un sens ? Pourquoi sommes-nous là ? Quelle est la place de l'homme dans le cosmos ? Face à ces inévitables questions, la science répond exclusivement aux « Comment ? », et rarement, voire jamais, aux « Pourquoi ? ». Une leçon d'humilité salutaire et un bain de jouvence éternelle. **Jean-François Robredo**

PUF, coll. "Science, histoire et société", 121 p.
98 F (14,90 €).

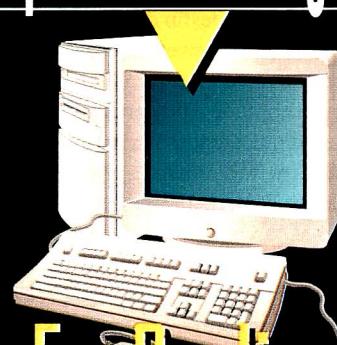
3617 TREND



Le plus complet des services télématiciens financiers et boursiers en direct

2,19 F TTC/min 3,42 F TTC/min

<http://www.abomag.com>



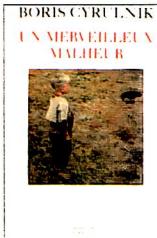
En 3 clics
Tous les abonnements au meilleur de la presse magazine Et aussi, anciens numéros, reliures.

Le pire n'est pas sûr

UN MERVEILLEUX MALHEUR

Boris Cyrulnik

Pour faire face aux mauvais coups du sort, nos héros de contes de fées ont recours au surnaturel, mais, dans la réalité, la psychologie humaine peut suffire à vaincre le malheur. Le dernier livre de Boris Cyrulnik nous rappelle qu'il y a de quoi s'émerveiller devant cette faculté qu'à l'être humain de transformer le malheur en bonheur.



Le psychiatre renverse les idées reçues et les statistiques qui affirment que le malheur n'engendre que lui-même. Il démontre que l'enfant battu ou orphelin n'est pas condamné à porter son fardeau de tristesse toute sa vie ni à reproduire le schéma parental dont il a souffert. Que l'on soit né sous une bonne ou une mauvaise étoile, Boris Cyrulnik soutient que le seul destin de l'homme est de surmonter les épreuves de la vie. C'est le principe de résilience, terme physique qui désigne l'aptitude d'un corps à résister aux chocs, et qui, étendu à la psychiatrie, évoque la capacité à réussir, à vivre et à se développer en dépit de l'adversité.

A travers le parcours d'enfants traumatisés, notamment par la guerre et l holocauste, Boris Cyrulnik suit le fil du "tissage" de la résilience et explore les mécanismes qui permettent de construire cette résistance naturelle. Les survivants d'un destin chaotique, et même le lecteur lambda, puisque «nous sommes tous des résilients», trouveront dans ce livre une bouffée d'optimisme - bienvenue parmi les théories alarmistes habituellement véhiculées par la psychiatrie moderne.

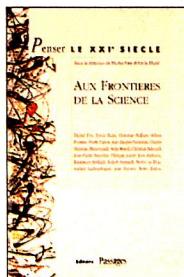
Marie Persidat

Odile Jacob, 240 p., 130 F (19,80 €).

EN LIBRAIRIE

AUX FRONTIÈRES DE LA SCIENCE

Sous la direction de Michel Paty et Emile Malet



Penser le xx^e siècle, c'est le surtitre de cet ouvrage qui reprend les contributions du colloque "Les pratiques socio-économiques et politiques face aux enjeux de la science", qui s'est tenu il y a un an au Palais du Luxembourg.

Des intervenants de haut niveau y donnent leurs clefs pour comprendre la place que la science va tenir dans les toutes prochaines années. Au menu des études argumentées, des notions de communication, éthique, vérité, progrès, vulgarisation, eugénismes, politique...

Passages, 222 p., 120 F (18,30 €).

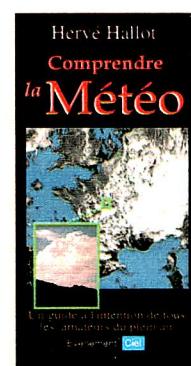
COMPRENDRE LA MÉTÉO

Hervé Hallot

Un recueil de fiches cartonnées reliées par des spirales, d'un format qui tient dans la main; c'est la forme qu'a choisi Hervé Hallot pour parler de tout ce qui se rapporte à la météorologie. Pratique donc, et très clair.

De nombreuses illustrations et des photos (petit format) rendent l'ensemble très agréable à feuilleter.

Événement'Ciel éditions, 64 F (9,75 €).



CYCLISME À L'ÉCOLE

Fédération française de cyclisme et ministère de l'Education nationale

Ce document (à commander 11 avenue du Tremblay, 75012 Paris) se présente comme «une aide précieuse pour l'instituteur ou le professeur des écoles qui souhaite proposer

la pratique du vélo dans les écoles primaires».

Des conseils concrets et très précis pour initier (dans l'espace réduit d'une cour de récréation...) les jeunes aux joies de la bicyclette moderne.

Editions Revue EPS.



2 000 000 de pixels

par Konica



*une seule molette
pour choisir le mode
de fonctionnement*

Q-M 200

Efficacité et simplicité d'utilisation sont les maîtres mots qui ont prévalu à la conception du tout nouveau compact numérique Q-M 200 de KONICA. Dans cet appareil KONICA réunit son expérience séculaire au service de la photo et le meilleur de la technologie numérique :

- ✓ capteur CCD 1/2 de pouce à 2 110 000 pixels,
- ✓ carte mémoire amovible de 8 mégaoctets (mémorise jusqu'à 80 images),
- ✓ choix de quatre résolutions d'enregistrement, compression JPEG,
- ✓ sortie vidéo PAL pour visualiser vos photos sur un téléviseur,
- ✓ prise de vues en continu de 4 images pour sujets en mouvement,
- ✓ mode spécial pour reproduction noir et blanc,
- ✓ autofocus de 0,3 m à l'infini et mode gros plan de 10 à 30 cm,
- ✓ objectif Hexanon équivalent à un 38 mm pour un 24 x 36,
- ✓ flash automatique incorporé multimode,
- ✓ zoom numérique x2, retardateur, écran LED 120 000 pixels.

Une fois encore KONICA prouve, avec le Q-M 200 sa parfaite maîtrise de l'image sous toutes ses formes.



Le Q-M 200 est livré avec ses batteries ion lithium, un chargeur, une alimentation secteur, les câbles d'interface pour PC et Mac ainsi qu'un cédérom avec les utilitaires d'exploitation compatibles PC et Mac et également Net Cards Hot Shots.

Tout acheteur d'un Q-M 200 bénéficie d'un service gratuit de conseils d'utilisation par hot-line.

Partageons nos Emotions
Konica



Toyota Yaris nouveau moteur **1.3 L VVT-i**.

Vous n'avez plus envie de vous arrêter.



MONSIEUR MARC, ERNESTINE, TRAVIS & BRAMAS

Avec la Toyota Yaris et sa nouvelle motorisation 1.3 L VVT-i, l'envie de rouler n'a jamais été aussi forte. En effet, la technologie VVT-i (distribution variable des soupapes) permet un rendement optimum : 86 ch (63 kW CCE) pour 6.0 l/100 km (conduite mixte). De plus, la Toyota Yaris vous offre une excellente tenue de route. Décidément, de telles performances associées à autant de confort pour une voiture de cette catégorie, ça défie toute logique. Votre concessionnaire : 3615 Toyota (1,29 F/mn).



 **TOYOTA YARIS**
ELLE DEFIE TOUTE LOGIQUE