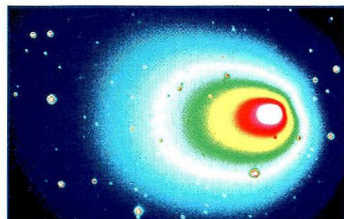


# SCIENCE & VIE

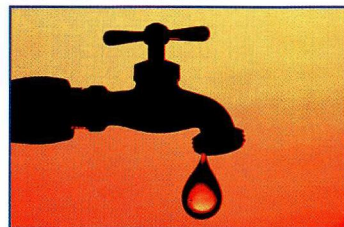
MENSUEL • N° 952 • JANVIER 1997



**ASTRONOMIE**  
La comète  
Hale-Bopp arrive



**ARCHÉOLOGIE**  
La Bible à l'épreuve  
de la science



**EAU CALCAIRE**  
Que valent  
les adoucisseurs ?



**Les textiles  
du xx<sup>e</sup> siècle**



## HIBERNATION

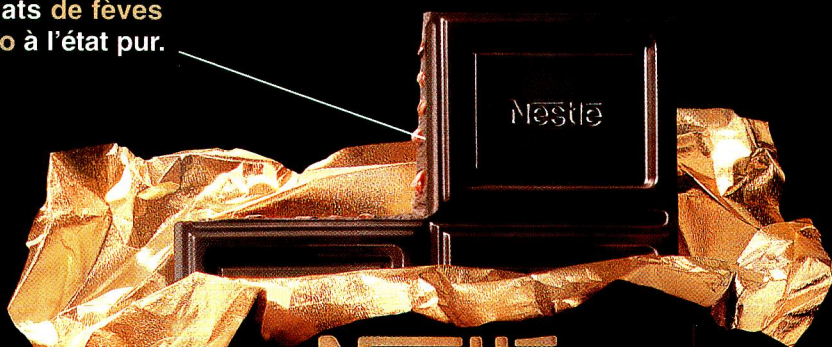
# Enquête sur l'immortalité

T 2578 - 952 - 23,00 F



**Vous allez être très surpris de ce que  
vous allez trouver dans le noir.**

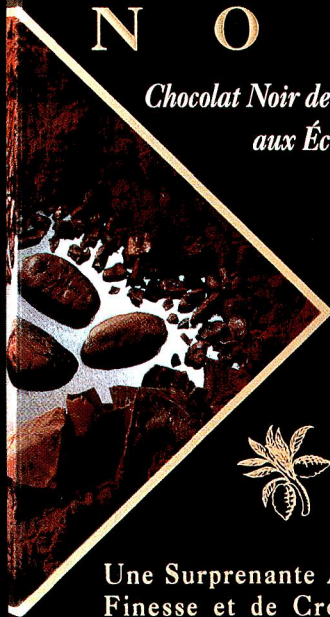
Des éclats de fèves  
de cacao à l'état pur.



**Nestlé®**  
*Grands Chocolats*

**ÉCLAT  
N O I R**

*Chocolat Noir de Dégustation  
aux Éclats de Fèves  
de Cacao*



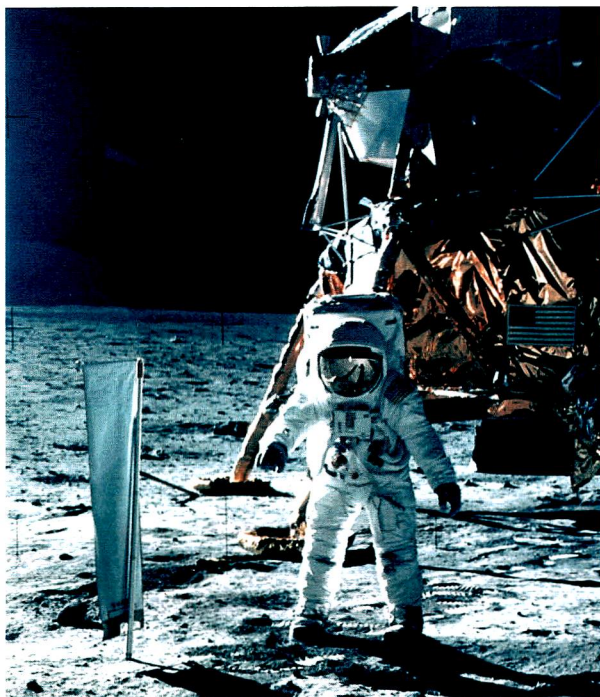
Une Surprenante Alliance de  
Finesse et de Croquant, où  
un Cacao de Grande Origine  
révèle toute sa Noblesse.

**Nestlé**  
*Grands Chocolats*  
*Plus fort en plaisir.*



C'est le Pentagone (secrétariat à la Défense des Etats-Unis) qui, par la voix de Dwight Duston, a annoncé la présence d'«eau sous forme de glace sur la Lune, au fond du cratère Aitkin». Drôle de porte-parole d'une découverte astronomique... C'est que le programme de cartographie de la Lune par la petite sonde *Clementine*, lancée il y a trois ans (voir *Science & Vie* n° 925, p. 30), est un produit "recyclé" de la "guerre des étoiles", qui, heureusement, n'a jamais eu lieu.

Belle surprise, quand les carnets de voyage des douze promeneurs lunaires n'avaient laissé qu'une impression de paysage désertique, dévasté par le Soleil, aux dunes et aux cratères figés depuis des milliards d'années. Pas la moindre goutte d'eau, ni la plus petite trace de vie, n'avait été relevée. La cartographie complète effectuée par *Clementine* a permis de sonder pour la première fois le cratère Aitkin, situé au pôle sud, là où les rayons du Soleil ne pénètrent jamais et où la température avoisine - 230 °C. L'eau qu'il recèle aurait été apportée par des comètes peu après la formation de la Lune.



**Prochain pas de géant sur la Lune : s'installer à demeure...**

Les scientifiques américains n'ont pas manqué l'occasion de relancer l'idée d'une nouvelle conquête de la Lune. De nombreux plans existent (voir *Science & Vie* n° 922, p. 45) : ils sont scientifiques (observatoire

## L'éternel retour du rêve

astronomique idéal, laboratoire de microgravité) mais aussi militaires... Il y a quelques années encore, certains esprits voyaient dans l'astre des nuits une base idéale de stockage et de lancement de missiles.

On peut espérer qu'aujourd'hui les intentions américaines sont purement pacifiques et scientifiques. Après la "découverte" de la vie sur des météorites en provenance de Mars (voir *Science & Vie* n° 948, p. 46), l'existence sur la Lune d'une eau qu'on pourrait utiliser comme breuvage et comme source d'énergie réactive le rêve d'une colonisation planétaire. A condition que la station orbitale internationale Alpha n'absorbe pas tous les crédits et que... la technologie ne soit pas défaillante (voir, dans ce numéro, "La malédiction martienne", p. 54).

**S&V**

# SCIENCE & VIE

*Le plaisir de savoir*

n° 952 • janvier 1997

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 @ Dialup. FranceNet. fr

Recevez Science & Vie chez vous. Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 115. Vous pouvez aussi vous abonner par minitel en tapant 3615 ABON. Organigramme p. 7. Encart abonnement jeté dans Science & Vie. Diffusion vente au numéro France métropolitaine.

Couverture : Léonard de Vinci/AKG – Image Bank.

En fenêtre : ESO – Gustave Doré/AKG – Vloo – V. Paul/CIBA Composite/Editing.



■ Un étonnant bestiaire albinos, à la robe blanche et aux yeux pâles. p. 88

E. ROBERT & S. BERGEROT



■ Ces volants d'inertie sont une solution à l'épineux problème du stockage de l'énergie sur les voitures électriques. p. 116

L. PSIHOS/MATRIX/COSMOS

FORUM ..... 6

## A C T U A L I T É

► RECHERCHE .....	10
► ENVIRONNEMENT .....	20
► TECHNOLOGIE.....	26
► MÉDECINE .....	32
► BALISE .....	36
15 ans de grossesse en France	
► FOCUS.....	38
Grippe : le retour du virus tueur	

## ASTROPHYSIQUE

La comète tant désirée .....44

## ESPACE

La malédiction martienne .....54

## ANTHROPOLOGIE

Du rififi dans l'évolution .....56

## BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

La face cachée du génome ....62

## E N Q U Ê T E

Faut-il croire ce que dit la Bible ? .....68

## LE POINT SUR

La révolution textile ..75

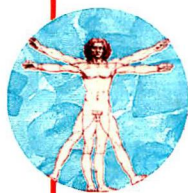
■ Nous serons vêtus d'une seconde peau .....	76
■ Magiques microfibres .....	79
■ Les vêtements du bonheur ...	82
■ Les textiles du XXI <sup>e</sup> siècle ....	85

## CAHIER PHOTOS

Immaculée création .....88



EN COUVERTURE



# HIBERNATION

## Enquête sur l'immortalité 94

HISTOIRES

**Bombe H : de l'épopée à la tragédie** ..... 102

► **RÉTRO** ..... 108  
**Il y a 40 ans**

**SPORT**  
**Voile : les solitaires ne sont plus seuls** ..... 110

**AUTOMOBILE**  
**La force de l'inertie** ..... 116

**TECHNOLOGIE**  
**L'usure prohibée** ..... 120

**CONSOMMATION**  
**Le calcaire ne passera pas** .. 122

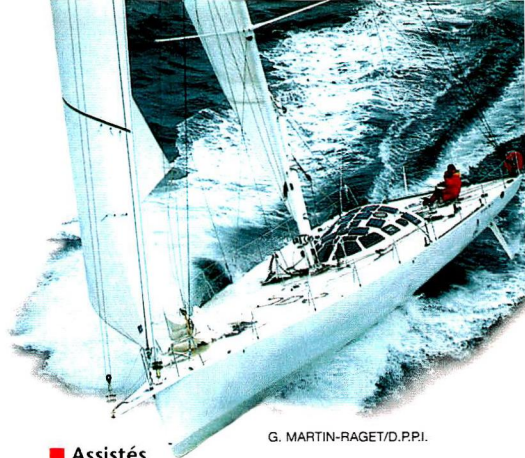
High-tech ..... 128

Astronomie ..... 134

Livres ..... 136

CD-Rom ..... 140

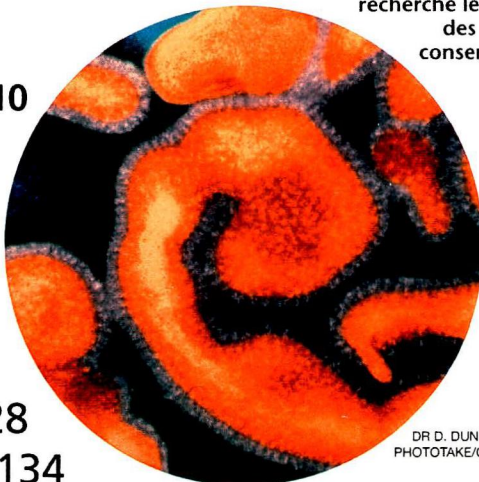
Internet ..... 142



G. MARTIN-RAGET/D.P.P.I.

■ Assistés par des satellites et par une foule d'instruments, les navigateurs du Vendée Globe demeurent pourtant seuls maîtres à bord. **p. 110**

■ En 1918, la grippe espagnole fit 20 millions de morts. Un tel fléau pourrait revenir... Pour fabriquer le vaccin, on recherche le virus sur des cadavres conservés dans le froid polaire ! **p. 38**



DR D. DUNKEL/  
PHOTOTAKE/CNRI

■ La première bombe thermonucléaire fut soviétique. Hier enfants chéris du régime, les physiciens russes survivent aujourd'hui dans la misère. Une extraordinaire et dramatique épopée. **p. 102**



COURTESY OF DAVID HOLLOWAY

FUTURS

## La ville va-t-elle dévorer la vie? ..144

**La France mise enfin sur l'innovation** ..... 150

► **C'EST DÉJÀ DEMAIN !** ..... 154

SCIENCE  
& VIE  
SÉLECTION



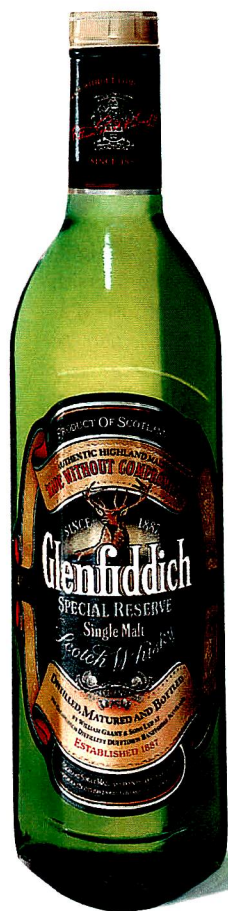
Servi à  
l'Orée du Bois,  
Porte Maillot.\*



\* 1, Allée de Longchamp, Bois de Boulogne - 75116 Paris

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR





Glenfiddich.  
 Distillé depuis 1887  
 dans la  
 Vallée des Cerfs.

LA SANTÉ. CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.

## La science par la BD


« Dans "Les amours fertiles de la science et de la BD" (Science & Vie n° 949, p. 118), l'auteur conclut que la science, banalisée, n'est plus que rarement au centre du sujet. Or, on peut privilégier une acquisition des connaissances scientifiques culturelle et ludique en faisant appel à l'imagination et à la fiction », écrit M. Dominique Weigel, professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie (Paris). « Dans la collection "Le club Lavoisier", lancée cette année avec l'album "Passport pour Kourou" (cosigné par D. Dubois et J.-C. Bonafos), nous avons représenté deux mondes, celui des héros (enfants et animaux), qui doivent triompher d'obstacles difficiles, et celui des molécules et des atomes, figurés par des enfants ou des adolescents

### HISTOIRES

## Les amours fertiles de la science

■ Fertiles, distraits ou malfiques, des savants de tous poils arpentent depuis un siècle les planches de la bande dessinée. Ces personnages légendaires ont su incarner, à chaque époque, le sentiment populaire face à la science.

par **Pierre Castejon**



#### Le marsupilami bondit au musée

Au musée d'histoire naturelle de la ville de Paris, le marsupilami, un animal imaginaire, saute par-dessus les vitrines. Il est accompagné de son ami, le petit animal, qui est aussi un animal imaginaire. Ils sont tous deux très heureux et se amusent à sauter par-dessus les vitrines.

## et de la BD

### L'Espadon inspire l'US Navy

En 1945, Roger P. Jackson, un jeune homme de 17 ans, a écrit une histoire intitulée "L'Espadon". Cette histoire a été publiée dans le magazine "The Saturday Evening Post". Elle a été achetée par la Navy et a servi de base à la création du sous-marin USS Spadon (SS-395).

### Le vrai visage de Tournesol

Pour honorer le journal "Le Tournesol", l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) a publié un album de bande dessinée intitulé "Le vrai visage de Tournesol". Cet album raconte l'histoire de Tournesol, un héros qui lutte contre le crickets.

aventureux et sportifs. Un groupe de magiciens bons génies (Lavoisier, Mendeleïev, Newton) sert de trait d'union entre ces deux mondes... On recourt au conte, aux concepts du bien et du mal, aux forces naturelles, au travers de personnages doués de pouvoir sur-humains et d'animaux humanisés : le lecteur

s'identifie ainsi à des héros "ordinaires". »

Voici une sélection dans le millésime 96 des BD à message scientifique : celle de notre lecteur, *Passport pour Kourou*, est une initiation originale à la chimie moléculaire par le biais de la synthèse de l'eau et du lancement d'Ariane 5; détail significa-

tif, chez Joseph Gibert, la grande librairie parisienne, l'album se trouve au rayon science et non au rayon BD...

Le *Mystère de l'Elipsovi-rus*, premier album d'une collection éditée par l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), a pour héros... la pomme de terre; *les Dents du Ciel* illustre la lutte intégrée (pas seulement chimique) qui peut être menée contre le criquet pèlerin, fléau des cultures au Sahel (éditions CIRAD, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement); enfin, vient de paraître *l'Astre des Terriens*, septième album des Observateurs de la Terre, collection lancée en 1987 par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

Pour les bédéphiles amoureux des ambiances scientico-déliantes, rappelez un modèle du genre, *les Deux du Balcon*, de Masse (Casterman).

## De l'infinité des nombres premiers...

■ De nombreux lecteurs ont été étonnés de lire dans notre article "Ordinateur quantique : l'incroyable révolution" (Science & Vie n° 950, p. 170) : "On estime qu'il existe une infinité [de nombres premiers], mais on n'a jamais pu le démontrer."

M. François Baron, de Saint-Yvi (Finistère), affirme au contraire que la démonstration est simple, et nous rappelle celle d'Euclide, au III<sup>e</sup> siècle avant notre ère :

« Soit P un nombre premier, aussi grand



que l'on veut.

Soit le nombre

$$G = [P \times (P-1) \times (P-2) \times \dots \times 3 \times 2] + 1 = P! + 1.$$

G n'est divisible ni par P, ni par P-1, ni par P-2, ..., ni par 2 (le reste de la division est toujours 1).

Donc, soit G est lui-même premier; soit il existe un nombre premier qui le divise, et ce nombre est forcément plus grand que P.

Conclusion : il existe toujours un nombre premier plus grand que n'importe quel nombre premier. La suite des nombres premiers est illimitée. »

Nous prions nos lecteurs de nous excuser de notre erreur.



# L'atome primitif

■ « Il faudrait rappeler l'origine de l'«hypothèse» du big bang (Science & Vie n° 949, p. 70), écrit M. Jean Gardoux, de Paris. Dans les années 20, l'abbé Lemaître explique les étoiles rouges par l'effet Doppler-Fizeau. Toute source de rayonnement qui s'éloigne de l'observateur perd de sa fréquence. Le sifflet des locomotives à vapeur était aigu dans les gares et devenait grave quand il s'en éloignait. »

Conformément à cet effet, découvert par Doppler en 1842, les spectres des corps célestes s'éloignant du Soleil montrent tous un décalage vers le rouge. Les astrophysiciens en ont conclu que toutes les galaxies s'éloignent les unes des autres, donc que l'Univers est en expansion. L'abbé Georges Lemaître, mathématicien belge, en déduisit, en 1931, son hypothèse de l'«atome primitif», préfiguration de la théorie du big bang : si les galaxies s'éloignent, elles devaient être très concentrées à l'origine. L'univers des «commencements» devait donc être infiniment petit et dense, avant l'«explosion» qui a tout mis en branle.

# Tradition et biochimie

■ « Les populations nomades, en tout cas au Niger, vivant essentiellement depuis des temps séculaires de produits d'élevage de camélidés et de bovins, n'ont pas attendu 1996 pour découvrir la possibilité de faire du fromage avec du lait de chamelle, note M. Moumouni Dourfaye, de Rouen (Seine-Maritime), lui-même nigérien. Certes, une production industrielle, comme vous l'évoquez

dans «La bosse du fromage» (Science & Vie n° 949, p. 44), répondrait aux besoins de toutes les populations du Sahel. Mais une technique traditionnelle existe. Séché au soleil, un fromage appelé Tchoukou se conserve plus d'une année, et se présente sous forme de plaque jaunâtre striée d'une vingtaine de centimètres de diamètre et de 0,5 à 2 cm d'épaisseur. Vendu sur les étals des marchés à l'est du Niger, il est consommé sec comme coupe-faim ou, le plus souvent, broyé et mélangé à la bouillie froide de mil appelée Fourra. »

Souvent, en effet, une recette traditionnelle sait tirer profit de la matière première, avant qu'un auxiliaire technologique facilite la tâche... au risque de plonger dans l'oubli le savoir-faire ancestral.



Publié par  
Excelsior Publications SA  
Capital social : 11 100 000 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.  
Adresse télégraphique : Sienvie Paris.  
Principaux associés : Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

**SCIENCE & VIE**

## DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : Paul Dupuy. Directeur général : Jean-Pierre Beauvalet. Directeur général-adjoint : François Fahys. Directeur financier : Jacques Béhar. Directeur marketing et commercial : Marie-Hélène Arbus. Directeurs marketing et commercial-adjoints : Jean-Charles Guérault, Patrick-Alexandre Sarraideil. Directeur des études : Roger Goldberger. Directeur de la fabrication : Pascal Rémy.

## RÉDACTION

Rédacteur en chef : Jean-René Germain, assisté de Marie-Anne Guffroy (documentation) et Elisabeth Latsague (secrétariat). Rédacteurs en chef-adjoints : Jean-François Robredo, Didier Dubrana, Gérard Morice, assisté de Monique Vogt. Secrétaire général de la rédaction : Norbert Régina. Secrétaire de rédaction : Françoise Sergent, Nadine Raguet, Agnès Marillier, Jean-Luc Glock. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel, Isabelle Bourdial, Alexandre Dorozynski, Philippe Chambon, Hélène Guillemot. Conception graphique, direction artistique : Gilles Moine. Maquette : Lionel Crooson, Elisabeth de Garrigues. Service photo : Anne Levy. Correspondante à New York : Sheila Kraft, PO Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA, 18428 Etats-Unis.

## ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Anna Alter, François Baudet, Michel Brassinne, Germain Chambost, Christophe Chevalot, Yves Delaye, Sonia Feertchak, Jean Ferrara, Marie-Sophie Germain, Leila Haddad, Philippe Henarejos, Roman Ikonicoff, Philippe Testard-Vailland, Marielle Vétéau.

## RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, Blandine Devriendt.

## MARKETING INTERNATIONAL, REVENTES

Directeur-adjoint : Marie-Ange Rouquet-Dezellus, tél. : (33) 01 46 48 47 26, fax : (33) 01 46 48 49 39.

## PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 01 41 34 82 08. Directrice commerciale : Isabelle Finkelstein. Directrice de la publicité : Véronique Moulin. Directeur de clientèle : Laurent Auzié. Chef de publicité : Marie Renoir. Assistante de publicité : Sandrine Lenoir.

## À NOS LECTEURS

Renseignements : Monique Vogt, tél. : 01 46 48 48 66. 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 Sarraideil.

## ABONNEMENTS

Relations clientèles abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 01 46 48 47 08 (à partir de 9 h). Tarifs : un an, 12 numéros, 253 F ; un an, 12 numéros + 4 hors-série, 328 F ; un an, 12 numéros + 6 cahiers, 413 F ; un an, 12 numéros + 4 hors-série + 6 cahiers, 488 F. 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.

## À NOS ABONNÉS

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.











**Le ski ne sera  
jamais plus  
comme avant**



**Oubliez tout  
vous êtes sur**

**max**

**OFFERT !**  
**1 leçon particulière  
avec un moniteur de l'ESF  
pour MAXimiser votre plaisir  
de skier.**

Leçon d'une heure offerte pour l'achat  
d'une paire de skis Max jusqu'au 30/04/97.  
Dans la mesure des disponibilités horaires  
de l'ESF. Détail de l'opération chez votre  
revendeur Dynastar.



**ECOLE DU SKI FRANÇAIS**  
*le plaisir ça s'apprend*



**Plus on penche, plus ça tourne, plus c'est facile**





## Ces souris qui changent de sexe

**Le souriceau  
mâle de droite  
est un transsexuel :  
lorsqu'il était  
embryon femelle,  
on lui a greffé un  
gène codant pour le  
sexe masculin.**

MEDICAL RESEARCH COUNCIL/SPL/COSMOS

**On connaissait déjà un gène du sexe masculin. Grâce à des expériences sur des souris transsexuelles, une scientifique américaine croit en avoir trouvé d'autres.**

**I**l y a six ans, on avait découvert dans le chromosome Y – dont la présence au sein de la 23<sup>e</sup> paire est indispensable pour engendrer un garçon – le gène SRY (*Sex Determining Region of the Y*), qui, comme son nom l'indique, est un gène déterminant du sexe masculin. Aujourd'hui, Eva Eicher, du laboratoire Jackson à Bar Harbor dans le Maine, pense avoir trouvé d'autres gènes codant pour le sexe masculin.

En 1991, Robin Lovell-

Badge et Peter Goodfellow, chercheurs respectivement à Londres au Medical Research Council et à l'Imperial Cancer Research Fund, réussissent une manipulation génétique de toute première importance : ils "transforment" une souris femelle en mâle. Pour ce faire, ils ont greffé le gène SRY dans onze embryons de souris femelles. A la naissance, trois de ces embryons sont devenus des rongeurs mâles, pourvus de tous leurs attributs et du comportement qui sied à

leur sexe. Bien que ces souris transsexuelles soient stériles, l'une d'entre elles s'est accouplée quatre fois en six jours avec deux femelles!

Mais l'histoire ne s'arrête pas là. L'équipe d'Eva Eicher s'est aperçue qu'à l'inverse, en implantant sur une lignée de souris mâles un chromosome comportant une version défectueuse de SRY, les mâles pouvaient développer des tissus ovariens, devenir hermaphrodite, ou, à l'extrême, femelles. Cette lignée "manipulée", appelée B6,

montre que SRY est bien nécessaire pour déterminer le sexe mâle. Mais, comme les mâles manipulés ont un degré plus ou moins avancé de "féminité", SRY n'est donc pas suffisant pour faire un "vrai" mâle.

Pour trouver les autres gènes impliqués, Eva Eicher a tenté une autre expérience. Des mâles préalablement "transformés" en hermaphrodites ont été croisés

**3615  
SCV**

**Questions/réponses  
à la rédaction  
(sous 24 ou 48 heures  
selon complexité).**



avec deux lignées de femelles : une lignée normale, et une autre portant des chromosomes de la fameuse lignée B6. En admettant qu'un seul autre gène co-opère avec SRY, la moitié des mâles de la progéniture obtenue aurait du développer des tissus ovariens, mais seulement 11 % sont devenus hermaphrodites, et le reste des mâles normaux. Cette proportion surprenante indique qu'outre SRY, au moins trois autres gènes agissent en faveur du sexe mâle et servent simplement à l'activer ou le désactiver.

Ces expériences de "changements de sexe" sont techniquement réalisables sur l'homme, mais « moralement répugnantes », clame haut et fort Peter Goodfellow. En fait, de tels hommes existent "naturellement" : ils sont porteurs des chromosomes XXY. Ce sont de grands malades. M.-S. G.

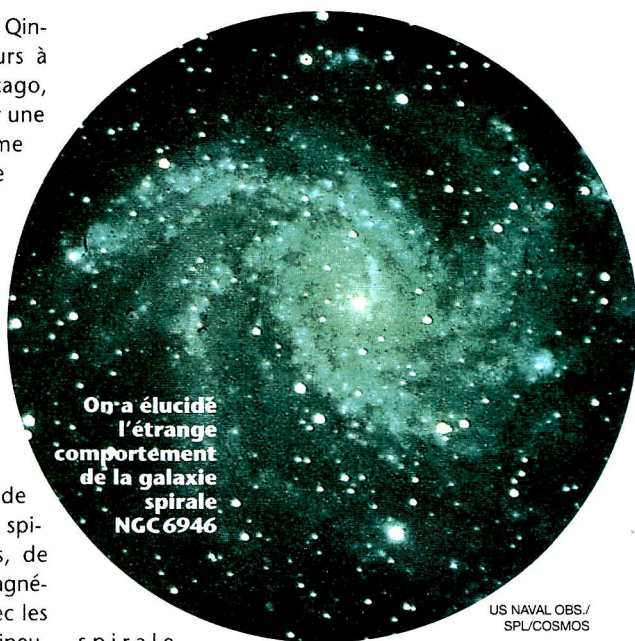
## ASTROPHYSIQUE

# Double hélice cosmique

**Z**uhui Fan et You Qinglou, chercheurs à l'université de Chicago, viennent d'apporter une réponse à l'énigme astrophysique que pose la galaxie spirale NGC 6946. Dans ce type de galaxies, la spirale de matière lumineuse (étoile, gaz...) est généralement superposée à une spirale de nature magnétique.

Or, dans le cas de NGC 6946, les deux spirales sont décalées, de sorte que les bras magnétiques alternent avec les bras de matière lumineuse. Les chercheurs estiment que ce décalage s'explique par un retard dans la rotation de la

spirale magnétique dû à la propagation lente des ondes de densité dans le gaz interstellaire. R. I.



On a élucidé l'étrange comportement de la galaxie spirale NGC 6946

US NAVAL OBS. / SPL/COSMOS

## LA MÉMOIRE N'EST PAS L'HOMME

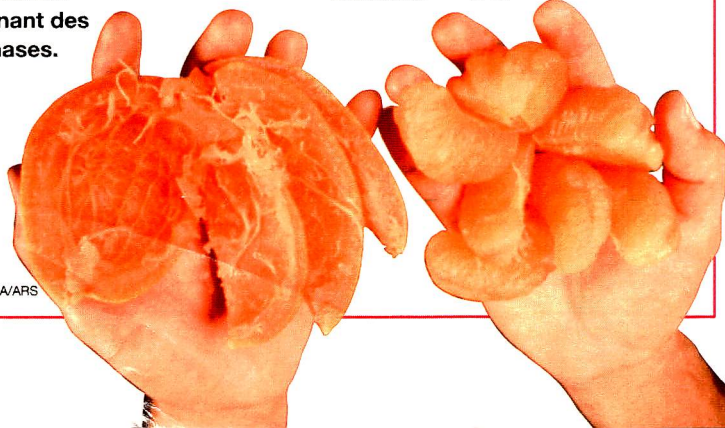
● Selon les travaux de Stanley B. Klein, chercheur à l'université de Californie, publiés en septembre dernier dans le *Journal of Experimental Psychology (General)*, il semblerait que la personnalité ait, dans le cerveau, une place distincte de la mémoire. Klein est parvenu à cette conclusion en étudiant de nombreux cas de lésions cérébrales dans lesquels la mémoire avait été détruite sans que la personnalité du malade en soit modifiée.

## AGROALIMENTAIRE

# STRIP-TEASE ÉCLAIR CHEZ LES ORANGES

■ Des chercheurs du ministère américain de l'Agriculture, en mal d'imagination, ont développé une technique qui permet de peler les oranges en quelques secondes. Avant d'être mis en vente, les fruits sont trempés dans une solution contenant des pectinases.

Ces enzymes ramollissent la pectine, substance gélatineuse présente dans la peau blanche des fruits qui agglomère les quartiers des agrumes. On peut ainsi les peler aisément, en économisant au moins deux minutes! I. B.



USDA/ARS



## ASTRONOMIE

## Les anneaux de Saturne rajeunissent

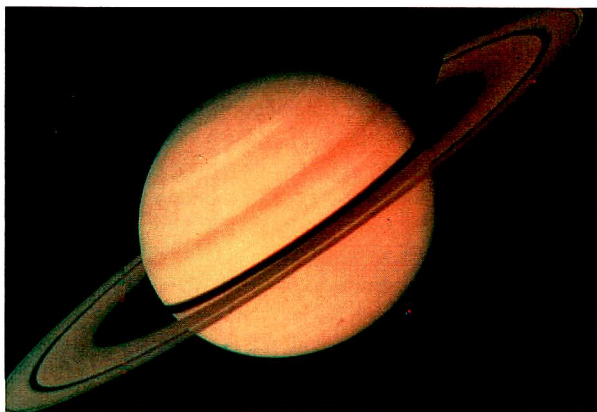
**L'**anneau interne de Saturne a des fuites. Il perd son eau et arrose continuellement la planète. Les astronomes français, canadiens et américains à l'origine de la découverte ont montré que cette eau ionisée humectait de manière non uniforme l'atmosphère saturnienne. Elle tombe de préférence aux latitudes où les lignes du champ de force magnétique touchent l'anneau.

La nouvelle, qui ne pré-

sente pas un grand intérêt météorologique, est cependant riche d'enseignements. Elle explique l'origine de l'excédent d'eau mesuré dans l'atmosphère de Saturne et remet en question l'âge théorique de ses anneaux. On pensait qu'ils s'étaient for-

més il y a environ 100 millions d'années. Si tel était le cas, ils se seraient asséchés depuis belle lurette. L'am-

pleur des précipitations suggère qu'ils auraient tout juste 30 millions d'années. Un âge où, quand on est anneau, on perd encore son eau! I. B.



**Il pleut sur Saturne. L'eau provient de son anneau interne, qui, de ce fait, se révèle plus jeune que prévu.**

## PALÉONTOLOGIE

## UN CAUCASIEN EN AMÉRIQUE

■ Complet, en excellent état, le squelette retrouvé près du fleuve Columbia (Etats-Unis) ne faisait pas son âge. L'analyse au carbone 14 lui donne environ 9 300 ans, ce qui le range parmi les plus anciens fossiles humains

d'Amérique du Nord. Les anthropologues furent encore plus étonnés quand il apparut que les mesures de son crâne étaient caractéristiques du type caucasien, c'est-à-dire d'un Européen. Or la relative homogénéité des Amérindiens actuels et leurs nombreux traits asiatiques plaident

en faveur d'une seule origine de peuplement de l'Amérique : l'Asie. Quand, comment, par qui le Nouveau Monde a-t-il été peuplé? Les controverses sont d'autant plus vives que s'y mêlent des revendications ethniques. Les chercheurs souhaitent effectuer des prélèvements osseux sur ce squelette pour étudier son ADN. Mais les Umatillas, les Indiens de la région, s'y opposent et veulent réinhumer celui qu'ils tiennent pour l'un de leurs ancêtres. Simultanément, une équipe d'universitaires a reconstitué un squelette de femme exhumé au Texas et daté de 9 800 ans. Cette fois, pas de polémique en vue : elle est bien mongoloïde! C. C.





## LE TEMPS EN HÉRITAGE

● Le biologiste Carl Johnson, de l'université Vanderbilt (Tennessee), a découvert que l'organisme unicellulaire *Synechococcus*, dont la durée de vie n'excède pas quelques heures, est néanmoins régi par une horloge moléculaire interne circadienne. Il puise son énergie dans la lumière du jour et ralentit la nuit. Une population de *Synechococcus* soumise pendant plusieurs jours et plusieurs nuits à une lumière constante maintient son rythme veille-sommeil. L'horloge interne de cet organisme se transmet donc de génération en génération. E. E.

## PHYSIQUE

# Quand la foudre se met en boule

D'après la revue *Nature* du 5 septembre dernier, deux chercheurs de l'université de Complutense, à Madrid, apportent une explication à l'un des phénomènes les plus énigmatiques qui se produisent dans notre atmosphère : la foudre en boule. Rouges, orange, blanches, bleues ou vertes, ces boules de feu, de 10 à 30 cm en général, se meuvent de façon aléatoire et finissent par disparaître, parfois dans un bruit d'explosion.

Le modèle des deux scientifiques met en jeu un "nœud électromagnétique", sorte de boucle magnétique ou électrique.

Des ions piégés dans une boucle magnétique : c'est l'origine de la foudre en boule.



Par temps orageux, l'air contient une grande proportion de molécules chargées. Ces ions se retrouvent piégés dans la prison sphérique des nœuds, qui

atteint 30 000 °C. En refroidissant, les nœuds "s'évaporent" et les ions sont libérés. Un phénomène encore difficile à reproduire en laboratoire. R. I.

## ETHOLOGIE

# Le poisson-lune fait l'avion

En étudiant la façon dont certains poissons-lunes détectent leurs proies en eau trouble, deux chercheurs de l'université de Pennsylvanie (États-Unis) ont trouvé un moyen pour guider les avions dans le brouillard. En effet, les poissons-lunes possèdent des cellules rétinienne sensibles à la lumière polarisée.

Un rayon de soleil est composé d'ondes lumineuses qui, bien que se propageant dans la même direction, vibrent dans des



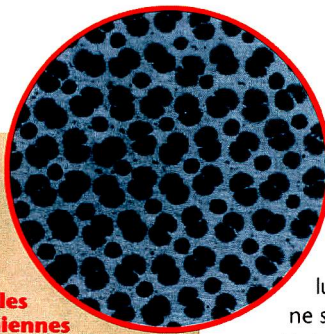
Les cellules rétinienne de certains poissons-lunes sont sensibles à la lumière polarisée.

plans distincts. L'orientation d'un plan est appelée polarisation de l'onde. Lorsque ces rayons rencontrent certaines surfaces, par exemple les écailles des

poissons, seules les ondes polarisées dans une certaine direction sont réfléchies, les autres sont absorbées.

Pour percevoir la lumière ainsi polarisée lorsqu'elle

est noyée dans un "bruit de fond" lumineux, les poissons-lunes possèdent des cellules rétinienne qui ne sont sensibles qu'à cette lumière. Ils peuvent donc voir leur proie. D'où l'idée d'équiper les avions de cellules électroniques sensibles à une lumière polarisée selon une orientation donnée, ils pourraient ainsi distinguer la piste d'atterrissage, même en plein brouillard. R. I.





## INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

## LA FOURMILIÈRE DES ROBOTS

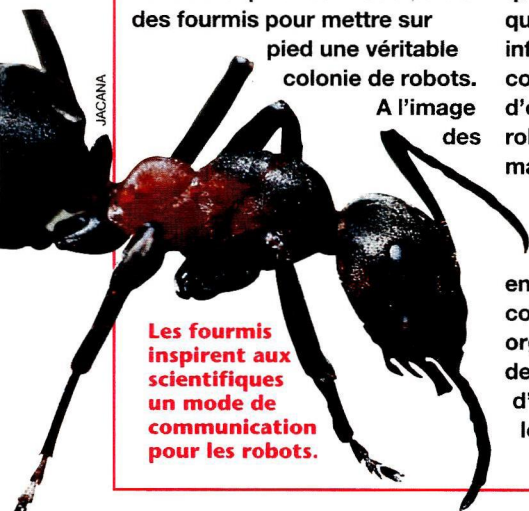
■ Des chercheurs en robotique de l'institut de recherche en physique et en chimie du Japon se sont inspirés du mode de vie des fourmis pour mettre sur pied une véritable colonie de robots.

A l'image des

fourmis, qui communiquent entre elles grâce à des phéromones – molécules qu'elles émettent dans l'air et qui transmettent des informations au reste de la colonie –, les robots se servent d'ondes radio. Ainsi, chaque robot autonome est systématiquement informé de tout ce que "vivent" les autres membres du clan. Ce mode de communication engendre un comportement collectif complexe d'auto-organisation, qui permet de trier de grandes quantités d'informations, de se répartir le travail et de... nettoyer le sol.

R. I.

Les fourmis inspirent aux scientifiques un mode de communication pour les robots.



JACANA

## MÉDECINE

## La douleur des femmes

Les femmes ressentent plus la douleur que les hommes. John Levine, spécialiste des maladies inflammatoires à l'université de Californie (San Francisco), a fait cette découverte

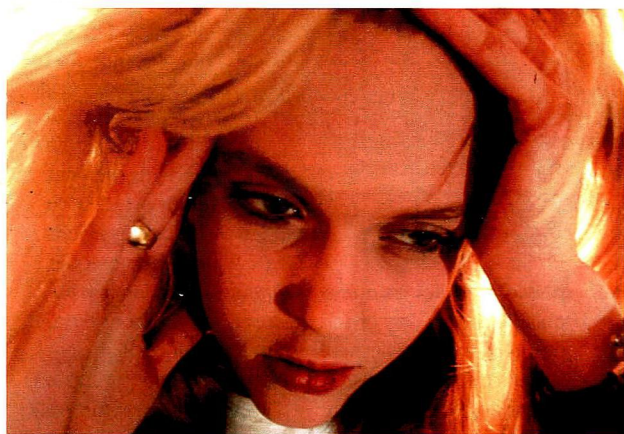
presque par hasard, en étudiant une nouvelle classe d'analgésiques de la famille de la morphine. Un collègue lui avait suggéré que ses résultats pouvaient être influencés par la composi-

tion, majoritairement féminine, du groupe de personnes testant le produit.

Reprenant ses recherches, Levine a trouvé, à sa grande surprise, un lien très net entre le sexe des patients et leurs réactions à la douleur (à la suite de l'extraction d'une dent de sagesse, en l'occurrence). Les femmes expriment une souffrance plus grande que les hommes, mais sont mieux soulagées par les analgésiques, et plus durablement. Reste à identifier l'origine, éventuellement physiologique, de cette différence.

H. G.

Bientôt des analgésiques différents pour les hommes et pour les femmes ?



J. P. AMETSYGMA

## PSYCHOLOGIE

## Le subliminal sans influence

Caché dans l'image, le portrait de François Mitterrand.

J. MARQUIS

Les images subliminales, ces flashes glissés dans un film, sont trop brèves pour imprégner la conscience du spectateur, mais sont néanmoins perçues par son cerveau. On craignait qu'elles puissent influencer des personnes à leur insu (électeurs, consommateurs...). Une étude américaine publiée dans *Science* (vol. 273, 20 septembre 1996) montre qu'il n'en est rien.

I. B.

## ABEILLES AMNÉSQUES

● Au cours de la journée, les abeilles domestiques et les bourdons apprennent à mieux exploiter les fleurs qu'ils butinent. En revanche, leur mémoire décroît pendant la nuit. Cette amnésie présente un avantage : les fleurs ayant une vie courte, le souvenir de ce qui n'est plus pourrait inhiber, chez ces ouvrières, la recherche de nouvelles fleurs. J. L.



## L'INTELLIGENCE N'EST PAS ACIDE

● Dans la course (folle ?) à l'explication biologique de l'intelligence, Caroline Rae, de l'hôpital John-Radcliff, à Oxford, franchit une nouvelle étape. « Plus le pH du cortex est alcalin, plus le QI (quotient intellectuel) est élevé », affirme-t-elle sans trembler, après avoir mesuré le pH des cerveaux de 42 garçons, qu'elle a ensuite soumis à un test de QI. Le Pr David Attwell, de l'University College de Londres, estime qu'il est impératif de vérifier cette découverte en mesurant le QI d'un sujet avant et pendant qu'on augmente son pH cérébral par hyperventilation (augmentation de la quantité d'air inspiré). E. E.

## ARCHÉOLOGIE

### Neandertal flûtiste

La "flûte" de Slovénie, un morceau de fémur de jeune ours des cavernes perforé de quatre trous, sera-t-elle un argument en faveur de l'humanité de Neandertal, au moment où son statut d'*Homo sapiens* est contesté par certains chercheurs ? Datée d'au moins 43 000 ans, elle a été trouvée dans la grotte Divje Babe, en Slovénie, au même niveau que des outils néandertaliens. C'est non seulement le plus ancien instrument de mu-

sique connu, mais aussi la première manifestation artistique en relation avec Neandertal.

Appaux, sifflets, flûtes, servant à la chasse ou au plaisir, fabriqués dans des os de grands oiseaux, de mammifères ou dans des bois de renne, ont été découverts en Europe et en Asie, mais toujours dans des sites fréquentés par

ter (Etat de New York). Ils ont observé chez ce protozoaire cilié une nouvelle structure cellulaire qui remplit la fonction de "poubelle".

Les protozoaires se reproduisent habituellement par simple division, mais il arrive que deux cellules échangent leur matériel génétique. Chacune d'elles se constitue ainsi un nouveau noyau actif, dont elle réalise une copie qu'elle garde en réserve en vue d'une prochaine reproduction sexuée.

Si aucun partenaire ne se présente, la cellule finit par remplacer l'"original" actif par sa copie intacte. La destruction de cet ancien ADN coïncide avec l'apparition, dans le noyau, de petites sphères constituées de protéines. Ces organites se regroupent aux endroits précis où l'ADN a été sectionné. Leur rôle pourrait être d'empêcher ces déchets d'ADN de venir "polluer" le nouveau génome. I. B

## BIOLOGIE

### Les cellules ont une poubelle



Cet organisme contient une structure cellulaire qui n'avait jamais été observée auparavant.

Un petit organisme unicellulaire, *Tetrahymena thermophila*, vient de réserver une surprise de taille à des biologistes de l'université de Roches-

ter (Etat de New York). Ils ont observé chez ce protozoaire cilié une nouvelle structure cellulaire qui remplit la fonction de "poubelle".

Les protozoaires se reproduisent habituellement par simple division, mais il arrive que deux cellules échangent leur matériel génétique. Chacune d'elles se constitue ainsi un nouveau noyau actif, dont elle réalise une copie qu'elle garde en réserve en vue d'une prochaine reproduction sexuée.

Si aucun partenaire ne se présente, la cellule finit par remplacer l'"original" actif par sa copie intacte. La destruction de cet ancien ADN coïncide avec l'apparition, dans le noyau, de petites sphères constituées de protéines. Ces organites se regroupent aux endroits précis où l'ADN a été sectionné. Leur rôle pourrait être d'empêcher ces déchets d'ADN de venir "polluer" le nouveau génome. I. B



Taillée dans un fémur d'ours, cette flûte est le plus ancien instrument de musique connu.

l'homme moderne, *Homo sapiens sapiens*, et sont datés de périodes plus récentes. Comme il a été impossible de dater la flûte au carbone 14, son âge a été estimé d'après la datation de la couche sédimentaire où elle se trouvait. Datation obtenue grâce à l'analyse de l'émail de plusieurs dents d'ours présentes à ce niveau. C. C.



## GÉOPHYSIQUE

### Vrai caillou ou fossile?

**O**n considère généralement que les stromatolites, blocs calcaires à la structure feuilletée et stratifiée, sont formés par sédimentation à partir des activités chimiques de micro-organismes, de bactéries ou d'algues. On a surpris, sur les côtes australiennes, des cyanobactéries en train de "construire" des stromatolites.

Certains stromatolites conservent les vestiges de micro-organismes biologiques. Certains, mais pas tous... Les plus anciens, âgés de 3,5 milliards d'années et censés témoigner des premières



Minérale ou organique, l'origine des stromatolites demeure mystérieuse

D. DUTAY

formes de la vie, ne portent aucune trace de bactéries ni d'algues. D'où une controverse sur l'origine – biologique ou non – de ces structures.

Les travaux de deux

géophysiciens du MIT (Massachusetts Institute of Technology) apportent de l'eau au moulin des sceptiques. Ils ont découpé en tranches des stromatolites provenant d'un gisement canadien, puis ont analysé ces coupes par ordinateur. Leur configuration géométrique, qui se répète à plusieurs échelles de taille, les range dans la famille mathématique des fractals.

Or, selon les géophysiciens du MIT, une telle structure peut croître sans intervention de mécanismes biologiques. La combinaison de plusieurs effets purement mécaniques – tels que la chute de sédiments, la façon dont ils se répandent sur le sol, et les précipitations – suffit à reproduire l'édification des stromatolites. Bref, les deux hypothèses sur leur étrange morphologie restent en lice, et aucune n'est prouvée.

H. G.

## SOUIRE KOALA

● Une équipe du Lotte Central Laboratory, à Saitama (Japon), a découvert que l'eucalyptus, aliment de base du koala, contient trois produits plus puissants que ceux dont sont enrichis les dentifrices pour lutter contre la bactérie *Streptococcus mutans*, responsable du développement de la plaque dentaire. R. I.

JACANA

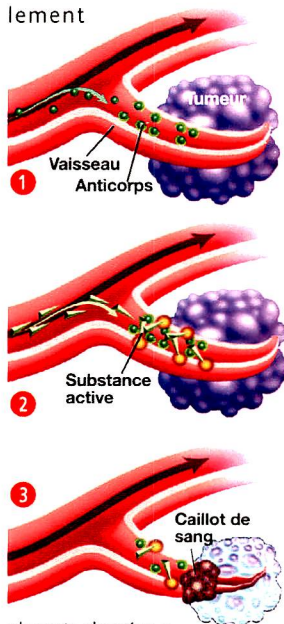


## MÉDECINE

### La tumeur jeune

**L**a dernière stratégie pour détruire les tumeurs cancéreuses consiste à couper les vivres aux cellules malades. L'université du Texas teste, en effet, de produits dont les substances actives obstruent les vaisseaux sanguins qui irriguent les tumeurs cancéreuses.

Ces substances agissent en deux temps. D'abord, interviennent les anticorps. Leurs récepteurs identifient, sur les parois internes des vaisseaux desservant les tumeurs, des antigènes de classe II, normalement



S. DESSERT

absents des tissus sains ①. Puis une seconde substance s'attaque à la paroi de ces vaisseaux ②. Le processus de cicatrisation qui s'ensuit engendre une thrombose ③. Ces médicaments ont fait leurs preuves sur les animaux. Les tests cliniques sont en cours. I. B.



## Océanographie

# A cheval sur un os de baleine

**D**es chercheurs japonais viennent de découvrir le processus grâce auquel les sources hydrothermales des grands fonds marins deviennent des oasis de vie. Ces cheminées qui crachent de l'eau chaude et des sulfures de métaux abritent de foisonnantes communautés animales. L'originalité de ces petits écosystèmes réside dans le fait qu'ils ne tirent nullement leur énergie du Soleil. Vers géants, mollusques et crustacés sont nourris par la flore bactérienne qui pullule en ces lieux et qu'ils hé-

bergent dans leurs tissus.

Ces bactéries chimiotrophes utilisent l'énergie libérée par la dégradation de l'hydrogène sulfuré pour synthétiser des molécules organiques. Mais comment

parviennent-elles à coloniser ces événements abyssaux distants les uns des autres de centaines de kilomètres ? Elles voyageraient "à bord" des ossements de cétacés reposant sur le plancher

marin. Pour vérifier cette hypothèse, on a immergé des os de vaches (nettement moins menacées d'extinction que les baleines). Dans un premier temps, ces os ont alimenté des bactéries aérobies présentes dans les sédiments. D'autres bactéries dérivant dans l'eau, et dont le métabolisme produit de l'hydrogène sulfuré, leur ont succédé. Elles ont ainsi fourni, à des bactéries du même type que celles des oasis, la source d'énergie qui leur était nécessaire. Au bout d'un an, les os de vaches étaient effectivement colonisés par des bactéries chimiotrophes et des crabes typiques des sources hydrothermales. I. B.

**Par des milliers de mètres de fond, des bactéries colonisent des sources hydrothermales distantes de plusieurs centaines de kilomètres.**



IFREMER

## ARCHÉOLOGIE

# UN HÉROS CELTE AU COMPLET

■ La fantastique statue en grès découverte sur la colline du Glauberg, près de Francfort (Allemagne), passionne les spécialistes du monde celtique. Il s'agit d'un exemplaire unique, parfaitement conservé – seuls les pieds manquent –, alors que

statues celtiques sont très rares et incomplètes. La tête ceinte d'une couronne de feuillage et le torse protégé par un bouclier, qui représente-t-elle ? Probablement le prince, "héroïsé" ou déifié, de l'agglomération celtique qui s'étendait sur la colline au <sup>VI</sup> siècle avant notre ère. C. C.



STUDIO X

## ÉTERNELLE EXPANSION

● En analysant les données du satellite *Cobe*, deux astronomes ont conclu à l'expansion infinie de l'Univers.





**BOTANIQUE**

## Le moteur du mimosa

Un petit moteur à eau referme, chaque soir, les feuilles du mimosa.

## LE PÉTROLE EN VOYAGE

● Selon une équipe de l'université de Newcastle (Grande-Bretagne), le taux d'un des composés du pétrole – le benzocarbazole – décroît à mesure que l'hydrocarbure migre de la roche mère vers les réservoirs pièges. Cela permettrait aux chasseurs d'or noir d'évaluer la distance de migration, et d'en déduire la présence de gisements proches des sites exploités. Mais les spécialistes français sont sceptiques : les chercheurs auraient "oublié" certains paramètres. Ainsi, ils n'ont pas tenu compte de la porosité du drain : le parcours du pétrole ne se fait pas en ligne droite, c'est une succession de méandres aléatoires. F. L.

C'est le Dr Nava Moran, de l'Institut Weizmann de Tel-Aviv, qui a enfin percé le mystère du mimosa : sa faculté d'ouvrir ses feuilles le matin et de les refermer le soir. Les plantes dites légumineuses (soja, haricot, mimosa) ont cette "sensibilité" parce qu'elles possèdent un petit organe, le pulvinus, situé à la base de chaque feuille, qui fonctionne un peu comme un moteur. Celui-ci se met en action grâce à des cellules dont la particularité est de se contracter dans l'obscurité.

Le resserrement des feuilles se fait par expulsion d'eau : des canaux présents sur la membrane

de chaque cellule du pulvinus s'ouvrent, à la manière d'une vanne sous l'effet d'un signal.

Pour le Dr Moran, le déclenchement semble être lié à une phosphorylation des protéines, c'est-à-dire à la capture de phosphore par des acides aminés, qui rend plus actives les protéines du canal.

Ce processus serait un médiateur entre le signal (jour-nuit) et l'activité des canaux.

Ainsi, à la tombée de la nuit, les canaux se mettent à relâcher de l'eau. Et ils se referment au lever du jour. Pendant la journée, les cellules du pulvinus, sont, comme l'ensemble de la plante, alimentées en eau par les racines. A. G.

## ESPACE

### LES TERRIENS DÉBARQUENT

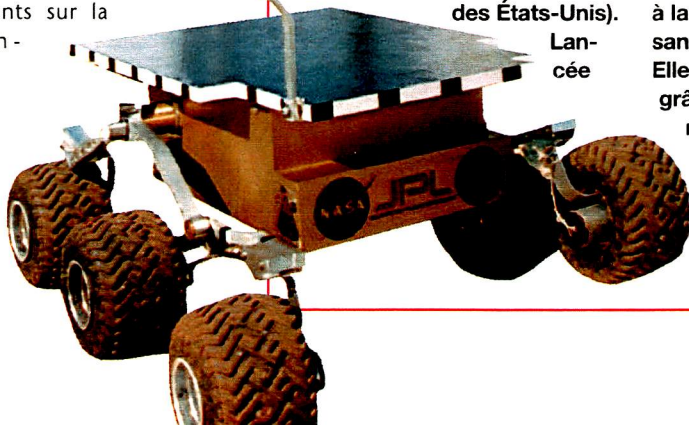
■ Voici le véhicule terrien (*made in USA*) qui doit atterrir sur la planète Mars le 4 juillet (jour de la fête de l'indépendance des États-Unis).

Lancée

avec succès (pour le moment!) le 4 décembre dernier, la sonde *Mars Pathfinder* doit atteindre sa cible directement, à la manière d'un missile, sans phase de mise en orbite. Elle freinera donc sa chute grâce à un parachute,

rebondira sur le sol martien protégée par des airbags, puis s'ouvrira comme une fleur pour libérer le "rover" (voir *Science & Vie* n° 949, p. 60).

J. SKIPPER/REUTERS/MAXPPP





## ASTROPHYSIQUE

# Le chaînon cosmique manquant

**L**a plupart des atomes présents dans l'Univers (hydrogène, oxygène, carbone, etc.) se forment dans le cœur des étoiles. Mais, jusqu'à présent, on ignorait les mécanismes chimiques qui les conduisaient à se combiner pour former des molécules complexes observées dans le ciel, telles que l'eau ( $H_2O$ ), les alcools, l'ammoniac ( $NH_3$ ), etc.

L'astronome Thomas R. Geballe, du Joint Astronomy Center d'Hawaii, et le chimiste Takeshi Oka, de l'université de Chicago,

viennent de trouver la clé de l'énigme.

Le "moteur" des réactions chimiques cosmiques est un ion  $H_3^+$  (un ion est une molécule qui possède une charge électrique). En l'occurrence,  $H_3^+$  est chargé positivement car il a perdu un électron (négatif) lors d'un choc avec un rayon cosmique (particule énergétique parcourant le cosmos). Cette charge le rend très réactif, et il a tendance à se combiner avec d'autres molécules ou avec des atomes pour donner de nouvelles mo-

lécules plus complexes.

C'est grâce à un télescope à infrarouge installé sur le volcan Mauna Kea, à Hawaii, que les deux

chercheurs ont reconnu la "signature" lumineuse émise par l'ion  $H_3^+$  présent dans les gaz cosmiques.

R. I.



Le nuage d'Orion contient des ions  $H_3^+$  à l'origine de la formation des molécules complexes.

NASA

● Avec la participation de Roman Ikonicoff. Ont collaboré à cette rubrique : Isabelle Bourdial, Catherine Chauveau, Emmanuelle Eyles, Agnès Garderet, Marie-Sophie Germain, Hélène Guillemot, Fabrice Laurent, Jacques Leconte.

## 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

**12 mensuels + 4 hors série trimestriels de SCIENCE & VIE + en cadeau la calculatrice scientifique pour 296 francs seulement**

Extra plate, multifonctions, affichage de 10 chiffres. Dim. 12,5 x 7,5 cm.

**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 la calculatrice scientifique\*\* de SCIENCE & VIE.

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

\*Prix normal de vente des magazines chez votre marchand de journaux

\*\* Délai de réception de 3 à 4 semaines, à partir du règlement de votre abonnement.

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1996 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 Liberté du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Pour notre intermédiaire, vous pouvez être amené 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 référence client.



# ACTUALITÉ

## ENVIRONNEMENT

par Didier Dubrana

### L'herbicide joue les prolongations

Officiellement interdit, le dinoterbe, un puissant herbicide, continue d'être utilisé. L'industrie chimique est un redoutable lobby...



**O**fficiellement, l'utilisation du dinoterbe, un puissant herbicide, est interdite en France depuis le 17 février 1996. Mais, tout aussi officiellement, on

peut s'en servir ! Un avis du ministère de l'Agriculture, publié au *Journal officiel* le 26 octobre 1996, l'autorise jusqu'au 30 septembre 1997. Au printemps prochain, les agriculteurs bretons pourront donc, pour la deuxième saison consécutive, traiter leurs semis de maïs avec un produit prohibé... mais autorisé.

Commercialisé par Rhône-Poulenc sous la marque Herbogil, le dinoterbe est efficace pour les maïs semés sous plastique, culture très répandue en Bretagne. Mais ce produit est reconnu dangereux pour le gi-

bier, les abeilles et les poissons. Il cause plus du tiers de la mortalité accidentelle des poissons de rivière en Bretagne, alors qu'il n'apparaît qu'en dixième position sur la liste des produits phytosanitaires vendus dans cette région.

Début 1996, le ministère de l'Agriculture a donc décidé de retirer son autorisation de vente. Rhône-Poulenc a six mois pour écouler ses stocks, mais, pour le maïs sous plastique, l'interdiction est immédiate. Emoi des fabricants de films plastiques, qui se retrouvent avec des

**En dépit de la toxicité du dinoterbe, Rhône-Poulenc a six mois pour écouler ses stocks.**

stocks sur les bras. Or, sans dinoterbe, pas de culture sous plastique possible.

Quelques parlementaires constituent un efficace groupe de pression. En réponse à la question posée à l'Assemblée, le 14 mars 1996, par Jean Grandon, agriculteur et sénateur (non inscrit) d'Eure-et-Loire, le ministre de l'Agriculture, Philippe Vasseur, annonce que le dinoterbe est de nouveau autorisé pour

**3615  
SCV**

**Avec L'ADEME\*, tous les chiffres sur les économies d'énergie, le bruit, la pollution, les voitures, les déchets, les énergies nouvelles, etc.**

\* Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.



le maïs sous plastique jusqu'au 15 juin 1996. En contrepartie, les agriculteurs seront incités à ne pas semer près des rivières. "Incités" seulement...

On croyait que, après cet étonnant sursis, le dinoterbe serait définitivement interdit. Erreur ! A la fin du printemps, Rhône-Poulenc a encore environ 500 t à écouler. «L'usage veut qu'on autorise le fabricant à liquider ses stocks», plaide Jean-Charles Para, du service communication de Rhône-Poulenc. C'est donc pour arranger le géant de la chimie que, bon prince, le ministère a publié son avis du 26 octobre.

L'association de défense de l'environnement Eau et rivières de Bretagne hésite... Que doit-elle dénoncer en priorité : le laxisme du ministère de l'Agriculture, la puissance de Rhône-Poulenc ou l'inefficacité des ministères de l'Environnement et de la Santé ? L. C.

## ETHOLOGIE

# Les poulets préfèrent le vert

**L**es zoologistes américains Candy Rowe et Tim Guilford se sont penchés sur cette question particulière : le poulet domestique (*Gallus gallus domesticus*) tient-il compte de l'odeur et de la couleur de ce qu'il picore ? Par des expériences à choix multiples, les chercheurs ont montré que l'odeur de la pyrazine, substance fréquemment sécrétée, pour se défendre, par les insectes toxiques comme la coccinelle, provoque chez le poulet une aversion pour le jaune et pour le rouge. En revanche, les proies de couleur brune ou verte, associée à une odeur désa-



La couleur des aliments est un critère de choix chez les gallinacés.

gréable, sont picorées sans hésitation. Un poulet a donc du mal à survivre s'il est daltonien (il confond alors le rouge néfaste et le vert bénéfique). Plus sérieusement, les zoologistes ont déterminé que ce sont les interactions entre les

différents signaux (couleur et odeur), et non un stimulus unique, qui déterminent le choix du poulet.

F. Z.

## MINIBUS ELECTRIQUES



D. R.

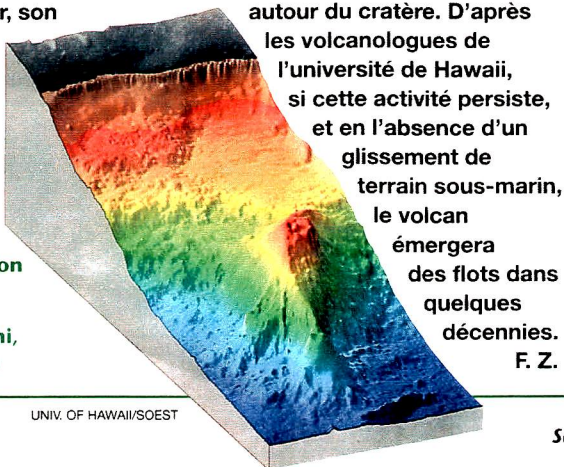
● La municipalité de Chambéry (Savoie) vient d'acheter trois minibus électriques Renault (des Master à onze places), équipés de batteries qui leur assurent une autonomie de 95 km, à la vitesse maximale de 80 km/h. Les véhicules circulant en boucle dans la ville pourront être arrêtés à la demande (2 F le trajet).

## VOLCANOLOGIE

### NAISSANCE D'UNE ÎLE ?

■ Le volcan sous-marin Loihi, situé à 32 km de l'île de Hawaï, deviendra-t-il une nouvelle île du Pacifique ? Depuis le 17 juillet dernier, son activité est la plus forte jamais enregistrée dans l'archipel. Plus de 4 000 éruptions se

Une modélisation de l'activité du volcan sous-marin Loihi, près de Hawaï.



sont succédés depuis cette date. En refroidissant au contact de l'eau de mer, le magma forme une roche qui s'accumule autour du cratère. D'après les volcanologues de l'université de Hawaï, si cette activité persiste, et en l'absence d'un glissement de terrain sous-marin, le volcan émergera des flots dans quelques décennies.

F. Z.

UNIV. OF HAWAII/SOEST



## PÊCHE

### Des scientifiques désavoués



MOSCHETTI/REA

**Aux Etats-Unis, le problème de la surpêche exacerbe la concurrence des techniques.**

**L**es pêcheurs de la côte Est des Etats-Unis sont déçus. Malgré un rapport favorable du centre de recherche sur les techniques de pêche du Massachusetts Institute of Technology, la pêche au thon à l'aide d'un "chalut pélagique en bœufs", courante en Europe, est demeurée interdite. Elle se pratique avec deux bateaux qui avancent en parallèle, tirant un filet flottant à une profondeur variable selon l'espèce ciblée (albacore, patudo, germon...).

Au cours de deux saisons (1994 et 1995) de pêche expérimentale dans le Nord-Ouest de l'Atlantique, cette technique a pourtant été jugée plus écologique que les deux méthodes autorisées. La palangre flottante – une ligne mère, mesurant des dizaines de kilomètres, d'où partent une multitude de lignes munies de hameçons – n'est pas assez sélective : les thons représentent parfois moins de la moitié des prises. Quant

au filet maillant dérivant, il emprisonne tortues et dauphins. Au contraire, le chalut pélagique peut être rapidement abaissé à des profondeurs où ne sont pas concentrés les dauphins, et son maillage est assez large pour laisser

échapper les petits thons immatures.

Mais les autorités américaines hésitent peut-être à autoriser une technique de pêche supplémentaire devant l'appauvrissement des ressources. M.-L. M.

## UN MICROBE SOUS LES DRAPEAUX

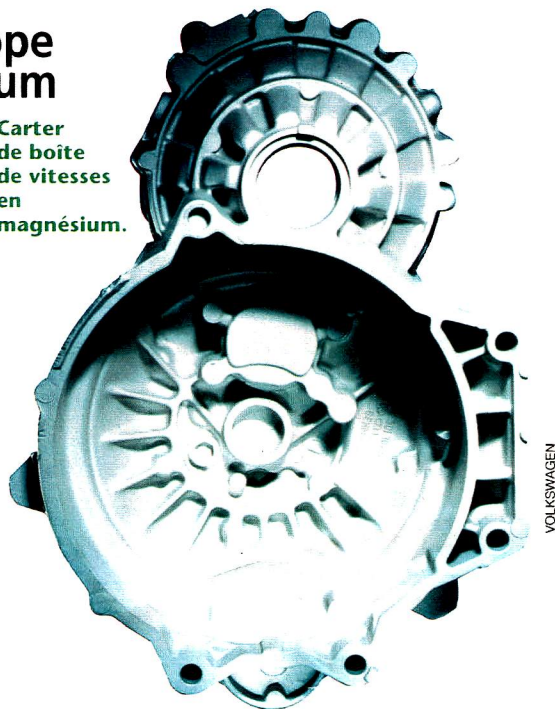
● On a toujours besoin d'un plus petit que soi. C'est ce que doit penser l'armée américaine, qui compte sur une bactérie pour l'aider à éliminer ses énormes stocks d'explosifs. La nouvelle recrue, *Enterobacter cloacæ*, se nourrit en effet de l'azote de certains dérivés nitrés utilisés comme explosifs. La marine nationale envisage d'utiliser des bactéries provenant des sources thermales de Yellowstone pour décaper la peinture sur des surfaces métalliques. C. P.

## POLLUTION

### L'auto se dope au magnésium

**L**a voiture a besoin de magnésium ! Non pour pallier une baisse de vitalité, mais pour devenir plus légère. Dans la Passat B5 de Volkswagen, l'aluminium du carter de la boîte de vitesses a été remplacé par du magnésium. La faible densité (1,8 g/cm<sup>3</sup>) de ce matériau permet d'économiser 34 % du poids. L'allègement est un objectif prioritaire dans la lutte contre la pollution automobile, car il permet de réduire la consommation de carburant. V. R.

**Carter de boîte de vitesses en magnésium.**



VOLKSWAGEN



## TÉRATOLOGIE

# Qui a peur des grenouilles ?

**D**ans le Minnesota, le Wisconsin (États-Unis) et la vallée du Saint-Laurent (Québec), les monstres pullulent : les habitants de ces contrées ont en effet découvert des centaines de grenouilles malformées. Aux plus chancelantes, il manque un œil (ou les deux). D'autres ont les membres difformes – quand elles en ont –, soudés au corps, paralysés ou mal placés. Le plus effrayant des cas répertoriés par les scientifiques est celui d'un batracien cyclope, avec un second œil à l'intérieur de la gorge.

Mutations génétiques ? Non, répond Robert McKinnel, généticien, cancérologue et spécialiste des batraciens à l'université du Minnesota. Ces malforma-

tions sont dues à des erreurs de développement de l'œuf ou du têtard.

La peau des grenouilles étant très perméable, plusieurs chercheurs de l'agence pour la protection de l'environnement (EPA), sous la direction du biologiste John Tietge, tentent d'établir un lien entre ces malformations et les polluants chimiques, probablement des pesticides agricoles. Selon eux, les batraciens joueraient ainsi le rôle de "baromètre écologique".

De plus, leurs fonctions métaboliques, notamment hépatiques, sont proches de celles de l'homme, ce qui fournit de précieuses indications sur les conditions susceptibles de nous affecter.

Quand les grenouilles se transforment non plus en princes charmants mais en monstres, c'est que les hommes vont mal...

M.-S. G.



Des pattes surnuméraires qui font froid dans le dos...

COURTESY OF MINNESOTA CONTROL AGENCY

## ORNITHOLOGIE

### PIROUETTES GLOUTONNES

■ Le phalarope (*Phalaropus*), petit oiseau échassier des mers arctiques, a élaboré une technique révolutionnaire pour s'alimenter. Il tourne très rapidement – à raison de sept ou huit coups de patte par seconde – à la surface de l'eau. Le tourbillon provoqué par ses pirouettes entraîne de minuscules poissons. Le phalarope passe alors à

table : en moins d'une demi-seconde, il repère ses proies, puis les gobe au rythme de 180 coups de bec par minute ! Les chercheurs américains et australiens qui ont fait cette

étonnante découverte ont pu étudier le phénomène en aquarium, en rendant les proies potentielles fluorescentes (à l'aide de fluorescéine).

M.-S. G.



C. LITTLEHALES

### LE MOULIN AUX VAMPIRES

● Le Conservatoire du patrimoine naturel de Champagne-Ardenne a déclenché un plan de sauvetage du grand murin (*Myotis myotis*), une chauve-souris en voie de disparition. Les chiroptères ayant de plus en plus de mal à trouver des sites de reproduction, il a commencé par louer les combles d'un vieux moulin de Boulzicourt (Ardenne), où la population de chauves-souris est passée de 400 à 700 individus entre mars et juillet 1996. V. R.



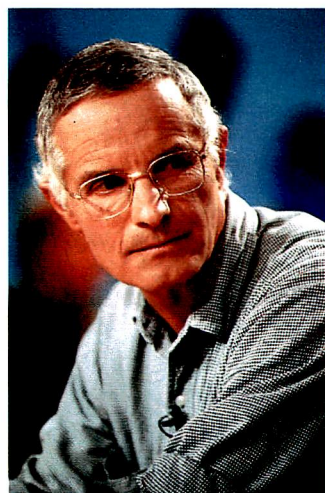
## ENTRETIEN

## LE LOUP ET LE CHIEN

**N**otre article sur le retour des loups en France (voir *Science & Vie* n° 950, p. 80) et l'émission consacrée à ce sujet par la Marche du siècle, sur France 3, le 6 novembre dernier, ont suscité des réactions passionnées. Le point de vue de Pascal Wick mérite d'être rapporté, car cet expert français en économie pastorale, ancien chercheur de l'université du Minnesota, endosse aussi, six mois par an, l'habit de berger, dans le Montana.

**Science & Vie :** Depuis que les loups sont entrés dans le Mercantour, le ton monte entre les défenseurs du prédateur et les éleveurs de brebis. Un demi-millier de bêtes ont été égorgées dans cette région en 1996. Le conflit prend de l'ampleur. Vous paraît-il insoluble ?

**Pascal Wick :** Absolument pas. Trois techniques pastorales permet-



C. RUSSEL/ANPA

**Pascal Wick : «Pour les éleveurs, c'est une question de survie.»**

tent de minimiser la prédation : l'utilisation des chiens de protection, la garde continue des troupeaux et la mise en enclos des moutons, la nuit, dans un lieu inaccessible aux carnassiers.

**S & V :** Si les chiens de protection sont si efficaces, pourquoi ne les utilise-

t-on pas plus ?

**P. W. :** Efficaces, ils le sont. Dans l'Ouest du Canada, l'an passé, 33 000 brebis ont pâturé dans les forêts domaniales de l'Alberta et de la Colombie-Britannique. Ces espaces regorgent de loups, d'ours noirs, de grizzlis, de pumas, de coyotes et autres prédateurs. Mais sept brebis seulement ont été dévorées, parce que chaque

troupeau était gardé par des chiens de protection. Dans le Mercantour, un technicien payé par le ministère de l'Agriculture a placé des chiens chez deux éleveurs, qui ont subi des pertes très inférieures à celles des autres éleveurs de la région. Ceux-ci n'ont pas demandé de chiens pour autant.

Sans doute parce qu'ils espèrent encore se débarrasser des loups...

Accepter des chiens de protection, c'est envisager la cohabitation.

**S & V :** Visiblement, il reste à convaincre les éleveurs. A votre avis, l'Etat s'y emploie-t-il ?

**P. W. :** Non, et c'est incroyable. Il y a franchement peu d'efforts d'information sur la technique des chiens de protection. La mission du technicien payé par le ministère de l'Agriculture s'est interrompue il y a six mois.

**S & V :** Les autres mesures de prévention – berger à temps plein, enclos pour la nuit – coûtent très cher. Le pastoralisme étant déjà largement subventionné, est-ce encore au contribuable de régler la facture ?

**P. W. :** Cela me paraît essentiel. Certaines subventions sont plus ou moins justifiées. Mais celles-là le seraient pleinement. La majorité des habitants de notre pays souhaite le retour du loup. Mais ce retour ne peut se faire au détriment des dernières populations pastorales. Cela serait encore plus injuste dans le cas de l'ours brun, récemment réintroduit par l'homme dans les Pyrénées. Or, pour les éleveurs, c'est une question de survie. Il faut agir le plus vite possible...

**Propos recueillis par Isabelle Bourdial**

**Les chiens de protection tiennent à l'écart du troupeau les prédateurs comme le loup ou l'ours.**



KLEIN - HUBERT/BIOS

● Ont collaboré à cette rubrique :  
Isabelle Bourdial, Loïc Chauveau,  
Marie-Sophie Germain,  
Marie-Laure Moinet, Catherine Perrot,  
Véronique Rochewsky, Frédéric Zinck.



Ce mois-ci dans SVM,  
un bijou de technologie,  
une merveille de simplicité,  
un miracle d'économie...  
Le choc de cette fin d'année !

# INTERNET SANS PC



**SVM en kiosque  
dès le 27 novembre.**

**GRATUIT : LE CD-ROM  
SPÉCIAL JEUX**

**SVM**  
Science & Vie Micro

Web TV de Sony  
**Internet sans PC !**

**Le Mac à 500 MHz**  
C'est pour bientôt

**Encyclopédies sur CD-Rom**  
Aix, Encarta, Larousse, Hachette, Universalis...  
Laquelle choisir?

**Numeris**  
Comment ça marche ?

**Windows 95 version Junior**  
Aménager son micro pour les enfants

**Imprimantes**  
Enfin la qualité photographique à petits prix

Le bijou de technologie,  
une merveille de simplicité,  
un miracle d'économie...  
Le choc de cette fin d'année !



par Germain Chambost



R. GAILLARDE

## Alerte nucléaire : les robots veillent...

Comment décontaminer un site nucléaire  
en cas d'accident sans exposer des vies  
humaines ? En faisant appel à des robots...



R. GAILLARDE

**En cas d'accident nucléaire, les robots d'INTRA pourraient agir à l'extérieur comme à l'intérieur des bâtiments.**

**E**n avril 1986, la catastrophe de Tchernobyl exposa le personnel chargé de la décontamination à des radiations mortelles. Le monde entier prit alors conscience de son incapacité à affronter ce type d'accident sans mettre en péril des vies humaines. C'est pourquoi la France décida, dès 1988, de créer le groupe INTRA (intervention robotique sur accidents). Au bout de huit années de recherche et de mise au point, ce

groupe est aujourd'hui opérationnel.

Son rôle ? Intervenir en vingt-quatre heures au plus sur n'importe quel site français en cas d'accident nucléaire.

Sa mission ? Effectuer la reconnaissance du site contaminé à l'aide d'engins robotisés, prélever des échantillons et analyser le taux de contamination des différentes zones.

Le parc de robots se compose de machines d'intérieur - qui pénètrent

dans les bâtiments - et d'extérieur - qui évoluent sur le site -, ainsi que d'engins de terrassement pilotés à vue à

partir d'un camion dont les opérateurs sont protégés par un blindage qui divise par cent les radiations.

Les robots d'intérieur sont équipés de caméras qui permettent de suivre chacune de leurs opérations. Fabriqués par Giat Industries et Thomson, ils

peuvent supporter des doses de radiation allant jusqu'à 100 000 rems (la loi interdit d'exposer un sauveteur humain à des doses supérieures à 50 rems).

La plupart des robots, dont la vitesse de pointe ne dépasse pas 1 km/h,



sont équipés de bras articulés qui autorisent de nombreux mouvements. Le groupe d'intervention ne comprend évidemment pas que des robots. Il rassemble une équipe de seize permanents (tous pilotes) et 80 pilotes non permanents, mobilisables à tout moment.

Cofinancé par EDF, la COGEMA et l'IPSN (Institut de protection et de sûreté nucléaire), INTRA a conclu un accord de coopération et d'assistance mutuelle avec son homologue allemand KHG. Les deux groupes pourront non seulement intervenir en France ou en Allemagne, mais aussi dans les pays limitrophes, à la demande des autorités. Ils sont également susceptibles d'être employés dans le cadre d'accidents non nucléaires impliquant des matières dangereuses, par exemple des produits chimiques.

F. L.

## DÉFENSE

# Statoréacteur contre navire

**L**a société française Aérospatiale est le numéro un mondial de la technologie des statoréacteurs, qui sont des moteurs à réaction sans compresseur. C'est l'un de ces statoréacteurs qui servira à propulser le futur missile anti-navire de nouvelle génération franco-allemand, qui entrera en service en 2005.

Sur un statoréacteur, la compression est obtenue par la vitesse d'avancement de l'engin. Celui-ci est accéléré durant quelques secondes par des fusées à poudre avant l'allumage proprement dit. Il est ensuite capable d'atteindre trois fois la vitesse du son, avec une

portée de plusieurs centaines de kilomètres : lorsqu'il s'agit d'un engin militaire, il devient quasiment impossible de l'intercepter.

Ce type de moteur est utilisé sur le missile nucléaire air-sol moyenne portée (ASMP) qui équipe les avions Mirage 2000 N (nucléaires) ou les Super-

**Le vecteur à statoréacteur VESTA, mis au point par Aérospatiale, propulsera en 2005 le futur missile anti-navire franco-allemand.**



Etendard de l'Aéronautique navale.

Au mois de septembre, Aérospatiale a signé avec la Délégation générale pour l'armement un contrat de pré-développement d'un vecteur à statoréacteur amélioré, le VESTA, qui donnera naissance à toute une famille de nouveaux missiles. A commencer par le missile anti-navire de 2005, qui sera lancé d'un navire grâce à un puissant accélérateur à poudre, ou d'un avion, comme l'ASMP actuel. Mais VESTA pourra également propulser des missiles de combat air-air (avion contre avion).

## TRAVAUX PUBLICS

# CIMENT RADIOGRAPHIÉ

■ La qualité d'un ciment dépend de sa composition et des proportions relatives de calcaire et d'argile, ainsi que de la qualité propre de ses composants. Mineral Control Instrumentation, filiale de la société australienne Scantech (Adélaïde), a mis au point un analyseur qui radiographie les matériaux de base "en amont", lorsque ceux-ci sont

acheminés par tapis roulant vers la cimenterie. La méthode est bien plus rapide et plus fiable que les analyses habituelles par prélèvements. Baptisée Geoscan, la machine permet un meilleur dosage tout au long du processus de fabrication.

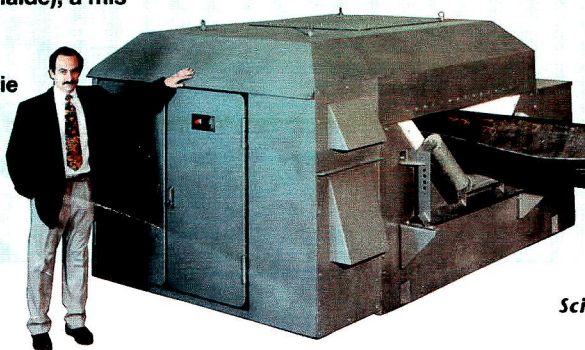


PHOTO X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

**3615  
SCV**

Questions/réponses  
à la rédaction  
(sous 24 ou 48 heures  
selon complexité).



## AUTOMOBILE

### Gardez vos distances

**L**es automobilistes rechignent souvent à observer les distances de sécurité sur les autoroutes, en dépit des marquages au sol et des recommandations de la Sécurité routière. C'est pourtant une arme non négligeable dans la lutte contre les accidents. Hella et Mercedes Benz élaboreront des projets de reconnaissance et de régulation des distances inter-véhicules dans le trafic routier.

A l'horizon de l'an 2000, certains véhicules seront équipés d'un radar, au

niveau de la calandre, dont le signal sera réfléchi par certains obstacles (voiture ou borne dans les virages). Analysant le retour du signal, le système reconnaîtra l'obstacle et agira en conséquence sur le moteur, les freins ou l'accélérateur, afin de "garder les distances". Suivre une voiture sur une route encombrée réclamera donc moins



PHOTO DE PRESSE HELLA

**Ce cercle blanc près de la calandre est le radar anti-obstacle élaboré par Hella et Mercedes Benz.**

d'efforts d'attention, le conducteur ne s'occupant que de la direction.

Celui-ci ne devra pas s'endormir pour autant sur ses lauriers : en cas d'inci-

dent imprévu, que le système ne saura surmonter lui-même, il émettra un signal demandant au conducteur de reprendre les commandes. F. L.

## MÉDECINE

### LE CRABE CHIRURGIEN

■ Ken Simkiss et Marina Taylor, de la School of Animal Microbial Sciences de l'université de Reading, dans le sud de l'Angleterre, ont isolé et étudié des granules issus de cellules du foie de crabe. L'examen de ces particules a montré qu'elles se composent de phosphates

de calcium présents sous forme amorphe et vitreuse. Le crabe, qui ne possède pas de squelette, sécrète d'importantes quantités de ce précurseur osseux, dont d'autres études ont révélé que, au contact d'une solution saline, il se transformait en os. Certaines expériences ont montré qu'un phénomène semblable se produisait lorsque les particules étaient exposées à des fluides corporels tels que le sang. L'équipe de recherche de Reading a réussi à produire des formes synthétiques de cette matière amorphe. Des tests en cours détermineront les possibilités d'utiliser cette matière pour ressouder les os humains fracturés ou pour poser des prothèses de la hanche. De plus, en modifiant la composition de cette pâte, on peut faire varier de plusieurs heures à plusieurs semaines le temps nécessaire à sa transformation en os. G. M.

**Des cellules du foie de crabe pourraient être utilisées en chirurgie osseuse.**



PHOTO X - TOUTS DROITS PRESSENTS



## MATÉRIAUX

# Du bois dont on fait les plastiques

PHOTO X  
TOUS DROITS  
RÉSERVÉS

**L**es chercheurs coréens de l'Institut national d'études génétiques en sylviculture ont mis au point un matériau plastique tiré de l'orme qui présente toutes les caractéristiques d'un plastique dérivé du pétrole. De plus, ce plastique est biodégradable en une période de dix mois.

Les chercheurs coréens ont transféré dans la structure génétique du tremble le gène PHBC d'une bactérie qui vit dans la terre. Ce gène a ensuite été soumis à l'influence de catalyseurs

chimiques qui rendent le plastique biodégradable. Le matériau a ainsi la résistance et l'élasticité d'un plastique dérivé du pétrole, et les qualités écologiques du bois naturel.

Pour le moment, ce

type d'arbre transgénique, ainsi que le matériau plastique qui en est dérivé, ne sont produits qu'en laboratoire.

**Des chercheurs coréens ont mis au point un "plastique" biodégradable issu d'un tremble transgénique.**



## TRANSPORTS

# Camions sous le sceau du secret

**L**es portes des camions frigorifiques ou des camions qui transportent des matières précieuses sont généralement scellées par de petits câbles en plastique ou en métal numérotés, utilisables une seule fois. Fixés sur le sys-

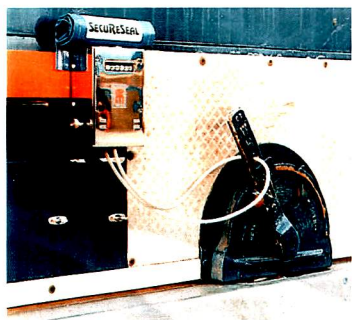
tème de fermeture, leur rupture indique que les portes du véhicule ont pu être ouvertes.

La société britannique OEM Group propose une solution plus rationnelle et moins onéreuse : son sceau, SecuReSeal, qui a la forme d'un manchon, est réutilisable. Un câble d'acier

inoxydable, recouvert de plastique, est passé dans le système de fermeture du camion, et ses deux extrémités sont introduites dans le manchon. Celui-ci affiche automatiquement un numéro de cinq chiffres composé au hasard. Ce numéro, facile à lire sous un verre grossissant, est alors porté sur le bordereau de route du transporteur.

Toute modification du numéro indique que l'appareil a été forcé, car chaque fois qu'on l'ouvre et qu'on le referme un nouveau numéro s'inscrit sur le manchon.

**SecuReSeal, le sceau réutilisable pour camion de la société britannique OEM Group.**



## SCULPTEUR DE CÉRAMIQUE

● Des chocs thermiques largement atténués, donc une absence de craquelures, et une meilleure précision : c'est ce que permet l'emploi du laser dans le travail des pièces en composites à base de céramique de forme complexe. Une machine qui fait appel à cette technique vient d'être mise au point par le Centre laser de l'Institut de technologie de l'Illinois, à Chicago.

PHOTO X - TOUS DROITS RÉSERVÉS



## SÉCURITÉ

## Des bulles pour flotter



PHOTO X - TOUTS DROITS RÉSERVÉS

Ça flotte pour la Corée du Sud ! Le Dr Yong Whan Shin, scientifique et patron de l'entreprise Weekwang Trading, a mis au point un tissu qui permet de confectionner des vêtements flottants de 0,5 mm d'épaisseur.

Ce tissu est composé

d'un film de polyéthylène de faible densité, qui contient plus de 200 000 bulles par surface de format A4. Il conserve la chaleur du corps jusqu'à une température extérieure de

**Ces vêtements flottants d'à peine 0,5 mm d'épaisseur sont issus d'un procédé de l'entreprise coréenne Weekwang Trading.**

- 25 °C et soutient à la surface de l'eau des personnes dont le poids peut aller jusqu'à 130 kg. Quand les Coréens se jettent à l'eau, ils le font avec toute leur technologie... V. R.

## QUAND LES CAMIONS DEVIENNENT TRANSPARENTS...

● Un revolver était caché dans le chargement de ce semi-remorque.

Il a fallu moins de quatre minutes aux douaniers du port

de Hambourg (Allemagne) pour le repérer. Les plus récents des appareils de contrôle par rayons X permettent de fouiller instantanément la cargaison de camions et de conteneurs mesurant jusqu'à 20 m de long.



HEIMANN SYSTEMS



## AUTOMATISME

## Suivez mon regard

Les voyeurs en tout genre vont devoir apprendre à se tenir correctement. Le système de mesure des mouvements oculaires mis au point par l'Institut de contrôle automatique de Silésie (en Pologne) permet de connaître instantanément la direction du regard. Il vient d'être présenté au salon TEC 96 de Grenoble.

Le principe en est le suivant : sur une monture de lunettes, un petit émetteur infrarouge envoie une lumière en direction de la pupille, sur laquelle elle se réfléchit. Huit capteurs (quatre par œil) placés sur la monture reçoivent le signal, qu'ils transmettent à un ordinateur. Celui-ci indique alors très précisément la direction et les mouvements du regard de l'utilisateur.

Ce système trouve des applications, bien sûr, en ophtalmologie, mais également dans le domaine militaire : on peut imaginer qu'un pilote de chasseur guidera un missile vers sa cible simplement du regard. F. L.



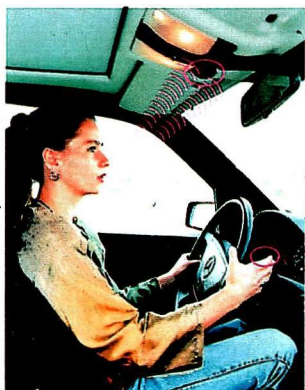
## AUTOMOBILE

# Un téléphone obéissant

Téléphoner en conduisant n'est pas toujours facile. Grâce à l'appareil de reconnaissance vocale de Mercedes, qui sera commercialisé dans quelques années, cette opération ne nécessitera plus de posséder plusieurs paires de bras.

Pour "dérocher", il suffit d'enclencher une petite manette

située derrière le volant, puis de parler à haute et intelligible voix. Un micro se trouve à proximité du rétroviseur central. On peut ainsi énoncer un numéro ou appeler un correspondant dont les coordonnées ont été préalable-



PHOT X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

Plus besoin de lâcher le volant pour téléphoner...

ment enregistrées dans la mémoire d'un petit ordinateur de bord. L'ordinateur reconnaît une vingtaine de mots, prononcés de plus de 200 façons. L'utilisateur peut créer vocalement son répertoire et demander simplement le nom de son correspondant sans indiquer le numéro.

Un système électronique de réduction des nuisances sonores filtre les bruits parasites (par exemple, les sifflements du vent). Le son des appareils hi-fi est automatiquement interrompu par la commande vocale du téléphone. Le prix du système devrait avoisiner 750 DM (environ 3 000 F). F. L.

## LA MÉTÉO DE LA POLLUTION

● L'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) expérimente un logiciel capable de prévoir l'évolution de la pollution dans un espace géographique défini. Il analyse les données sur la topographie du site, les sources de la pollution liée aux transports et à l'industrie, la caractérisation des polluants et, enfin, les conditions météorologiques.

● Ont collaboré à cette rubrique : Isabelle Bourdial, Fabrice Laurent, Gérard Morice, Véronique Rochewsky et Frédéric Zinck.

### COLLECTIONNEZ LE SAVOIR AVEC LA RELIURE SCIENCE & VIE

**BON DE COMMANDE**  
à compléter et à retourner paiement 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..... Prénom.....

ADRESSE.....

CODE POSTAL..... VILLE.....

(\*) Chaque reliure est conçue pour classer 12 numéros. (\*\*) Dans la limite des stocks disponibles

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 96

SV 952

## Choisissez votre CD-Rom\* ... nous faisons le reste!

# 3617 CDROM

Capitalisez vos points CD à chaque appel !  
Un système d'identification sécurisé  
Un suivi des envois par minitel  
Une formation multimédia et des tests

- > Des titres importés exclusifs
- > Des versions françaises recherchées
- > Des stocks importants
- > Un choix permanent de 250 titres !

**Vous trouverez aussi des consoles :**  
Sony, Saturn, Formula1

**Le 11<sup>ème</sup> CD est livré automatiquement dès le 10<sup>ème</sup> envoi !**

**Sécurité et fiabilité 100%**

RCS PARIS 0 20 281 492

\* Sans autres frais que le coût de la communication 5,52 F/mn



GELDERBLONCOSMOS

Les multiples formes du virus du sida rendent difficile la mise au point d'un vaccin.

# Sida : des essais de vaccin prématurés

Les recherches sur le vaccin antisida avaient été supplantées par les nouvelles thérapies. Or, plusieurs essais vaccinaux sont relancés à travers le monde. Est-ce raisonnable ?

**C**ontrairement à ce que laissent entendre les instituts de recherche, les "vaccins antisida" actuellement testés sur l'homme sont de simples avant-projets. Ces essais visent non pas à fournir une protection, mais à vérifier l'innocuité de substances susceptibles d'engendrer une

réponse immunitaire. Ce qui est insuffisant pour parler de vaccin...

Il y a pire. Les Etats-Unis reconduisent pour quatre ans l'essai, en Thaïlande, d'une préparation contenant une protéine du virus, la gp 120 (glycoprotéine). Or, précédemment administrée aux Etats-Unis

à des individus "à risques", une préparation de ce type n'avait pas protégé les vaccinés. Au contraire, certains d'entre eux, ayant contracté le virus, ont développé la maladie nettement plus vite que des séropositifs non vaccinés ! En outre, cet essai thaïlandais utilise la gp 120 d'un

virus américain dont on sait qu'il est différent du virus local... Une autre expérimentation, elle aussi américaine, teste les effets d'un virus atténué dépourvu de gp 120 : les résultats sont pour l'instant mitigés.

En France, l'Agence nationale de recherche sur le sida (ANRS) injecte des portions non pathogènes du virus à des individus dont le mode de vie ne présente pas de "risques". Chez le singe, cette méthode a provoqué une bonne réponse du système immunitaire, mais n'a pas protégé les animaux contre l'infection. Une préparation qui améliorerait



encore la réponse immunitaire sera-t-elle protectrice ? Nul ne le sait. Au mieux, la protection sera probablement limitée aux souches de virus provenant d'une aire géographique donnée.

Dans ces conditions, les meilleurs spécialistes avouent qu'il est beaucoup trop tôt pour procéder à des essais sur l'homme. Si les chercheurs y sont parfois conduits, c'est, reconnaissent-ils, sous la pression des opinions publiques et des associations. « Certes, il ne faut pas abandonner les recherches, déclare un membre de l'ANRS, mais il y a encore beaucoup à faire en laboratoire avant de passer à l'homme. »

## EURO-HÉRO

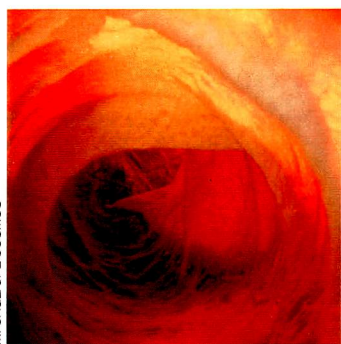
● D'après l'Observatoire européen des drogues, la France est le pays de l'Union européenne qui compte le plus d'héroïnomanes : 280 pour 100 000 habitants (soit environ 160 000 au total). Les adeptes de cette drogue seraient entre 500 000 et 1 million en Europe. La tendance est à la baisse.

## BIOCHIMIE

### Les trèfles porte-santé

Notre estomac se protège avec des trèfles. Non pas la plante, mais de petites protéines baptisées "peptides trèfles" en raison de leur forme. Des travaux effectués en France et aux Etats-Unis viennent de confirmer leur rôle protecteur sur les muqueuses du tube digestif.

Ces peptides, sécrétés par les cellules des parois stomacale et intestinale, les préservent des attaques acides lors de la digestion. Ils pourraient être utilisés contre les inflammations du tractus gastro-intestinal telles que les ulcères gas-



M. CAGE/SPLUCOSMOS

Les parois de l'intestin sécrètent une protéine protectrice.

triques. Et l'un d'entre eux pourrait également jouer un rôle thérapeutique contre le cancer. En effet, l'absence du "peptide trèfle" pS2 est décrit dans la moitié des cancers de l'estomac chez l'homme.

P. L.

## INSTRUMENTATION

### ECOUTEZ VOTRE TEMPÉRATURE

■ Le Thermoscan, ou thermomètre auriculaire à infrarouge, est arrivé. Placé dans la cavité de l'oreille (mais pas au contact du tympan), cet appareil électronique donne en une seconde la valeur de la température tympanique, reflet précis de la température centrale. L'appareil mesure le rayonnement infrarouge émis par le tympan.

Simplicité, économie de temps, meilleure hygiène... Il devrait également faire accepter aux enfants une contrainte qui leur déplaît généralement. F. Z.



BRAUN

### PANSEMENT ÉLECTRIQUE

● Les fragments de substances minérales qui recouvrent la face interne du pansement Amperplast produisent de très faibles décharges électriques en entrant en contact avec l'épiderme. En stimulant les nerfs, ces micro-décharges réduisent la transmission de la douleur et favorisent la cicatrisation. Son inventeur affirme qu'Amperplast est très efficace sur les traumatismes sportifs.



## MÉMOIRE DE FER

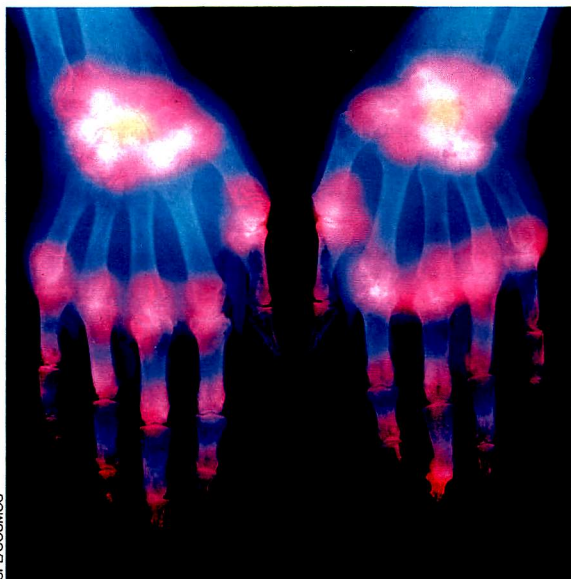
● Environ 40 % des adolescentes souffrent d'une carence en fer qui nuit à leurs capacités intellectuelles. C'est ce qui ressort d'une étude portant sur 98 adolescentes. Ann Bruner et son équipe de l'école universitaire de médecine de Baltimore (Etats-Unis) ont administré deux fois par jour à la moitié des jeunes filles de ce groupe 650 mg de fer ; les autres n'ont reçu qu'un placebo. Au bout de huit semaines, les scientifiques ont noté une amélioration des facultés d'apprentissage dans le groupe "enrichi" en fer.

## RHUMATOLOGIE

### L'arthrite immunisée

L'inflammation des articulations connue sous le nom d'arthrite rhumatoïde, affection très douloureuse et souvent invalidante, céderait-elle devant de nouvelles thérapies immunitaires ? Cette maladie, due à une réaction inadaptée du système immunitaire contre certains cartilages, pourrait être combattue par des anticorps.

Trois sociétés américaines se sont lancées dans cette voie et proposent trois stratégies différentes. Idec Pharmaceuticals a conçu des anticorps dirigés contre les lymphocytes T, car ces cellules sont à l'origine des signaux erronés qui intimement l'ordre d'attaquer à d'autres cellules immunitaires, les macro-



SPL/COSMOS

phages. Immunex propose une approche plus directe : l'administration d'anticorps contre une protéine inflammatoire, le TNF, émise par les macrophages eux-mêmes. Enfin, Amgen a retenu des anticorps qui bloquent une autre protéine inflammatoire, l'IL1.

Les résultats des essais

**Trois nouvelles thérapies soulagent l'arthrite rhumatoïde, affection qui déforme les articulations.**

préliminaires sont encourageants. Cependant, aucune de ces méthodes ne s'attaque à la cause de la maladie : lorsque le traitement est interrompu, les douleurs réapparaissent.

## À LA BONNE HERBE !

● La Californie et l'Arizona viennent de voter une loi autorisant l'usage médical de la marijuana. L'"herbe" est notamment prescrite comme antivomitif dans le traitement du cancer et du sida.



C. LEROY/SIPA PRESS

## PROPHYLAXIE

### Vaccin contre la méningite

En produisant, par génie génétique, une protéine particulièrement antigénique du germe de la méningite, Bernard Brodeur et son équipe de l'université de Laval (Mayenne) ont mis au point un "candidat vaccin". Celui-ci procure une immunisation efficace à 80 % à des souris, des lapins et des singes inoculés avec une

dose de méningocoque (un microbe pathogène) sept fois supérieure à la dose létale.

Ces résultats sont d'autant plus encourageants que, à ce jour, aucun vaccin contre la méningite n'est encore disponible.

Les premiers essais cliniques sur l'homme devraient commencer cette année. F. Z.



## ANTIPARASITE

● Les premiers essais sur l'homme d'un vaccin contre la bilharziose, maladie parasitaire qui menace 600 millions de personnes dans le monde, sont prévus pour cette année. Ce vaccin réduit de 75 % la fécondité des parasites femelles.

## NUTRITION

### Les fruits de la longévité

**M**angez des pommes ! disait en substance le candidat à la présidence de la République Jacques Chirac. Non sans raison, semble-t-il. Une étude britan-



**Jacques Chirac avait raison... La consommation de fruits frais réduit le taux de mortalité.**

nique portant sur 11 000 personnes, suivies pendant dix-sept ans, montre que la consommation quotidienne de fruits frais a réduit de 21 % la mortalité globale (une fois écartés des facteurs de risques comme le tabac).

Elle diminue également de 32 % la mortalité due à des accidents vasculaires cérébraux.

En revanche, les auteurs ont du mal à expliquer ce fait troublant, qui n'avait encore jamais été observé : le régime végétarien est associé à une augmentation de la mortalité due à des cancers du sein. F. Z.

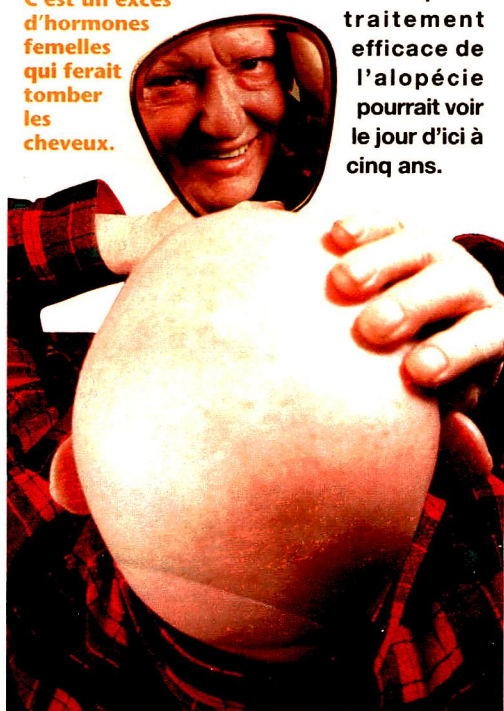
## ENDOCRINOLOGIE

### LE CHAUVÉ EST-IL VIRIL ?

■ Et si la calvitie n'était pas un signe de virilité ? On pensait jusqu'ici qu'un taux élevé de testostérone (l'hormone mâle) était responsable de la chute des cheveux. Or, une équipe de l'université de Caroline du Nord, aux Etats-Unis, vient de découvrir le contraire – du moins, chez la souris : c'est un excès d'œstrogène (l'hormone femelle) qui serait responsable de la faiblesse des follicules pileux. En va-t-il de même chez l'homme ? Les recherches se poursuivent. Si la réponse est positive, les chercheurs estiment qu'un

**C'est un excès d'hormones femelles qui ferait tomber les cheveux.**

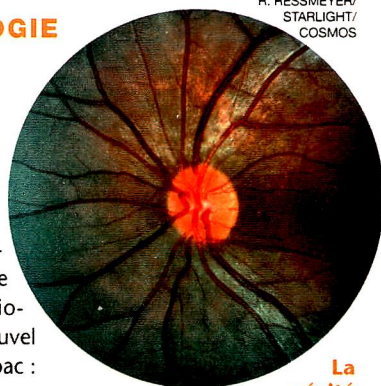
traitement efficace de l'alopecie pourrait voir le jour d'ici à cinq ans.



## OPHTALMOLOGIE

### Tabac : une victime de plus

**A**près les poumons, la gorge et le système cardiovasculaire, voici le nouvel organe victime du tabac : la rétine. D'après deux études récemment publiées dans le *Journal of American Medicine Association*, les fumeurs s'exposent à un risque de deux à trois fois plus élevé que les non-



**La cécité par dégénérescence de la rétine guette les fumeurs.**

fumeurs de dégénérescence maculaire sénile, une lésion progressive de la macula (le point de départ du nerf optique) qui évolue jusqu'à la cécité. Il semble que cesser de fumer ne réduise que faiblement ce risque. ■

**3615  
SCV**

Les forums de  
Science & Vie !  
Les grands débats de  
notre société.  
Exprimez vos opinions.

● Ont collaboré  
à cette rubrique :  
Pascale Lapie  
et Frédéric Zinck.



# 15 ans de **GROSSESSE** en France

■ En quinze ans, les mères ont bien changé... Elles ont des enfants de plus en plus tard, leur grossesse est mieux surveillée. Une enquête nationale confirme les succès de la médicalisation.

PAR SONIA FEERTCHAK

## Qui est la mère ?

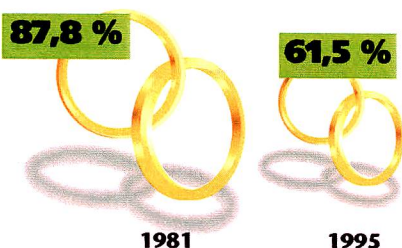
Mère de plus de 35 ans



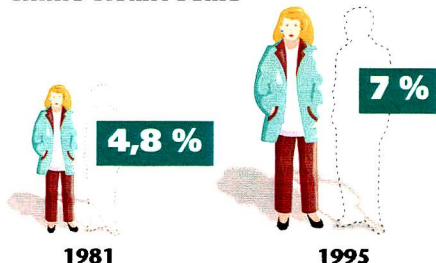
Une cigarette ou plus par jour



Femme mariée

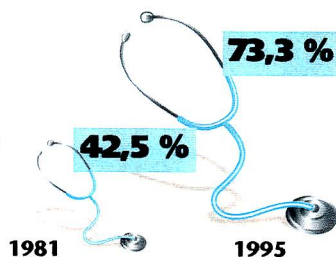


Femme vivant seule

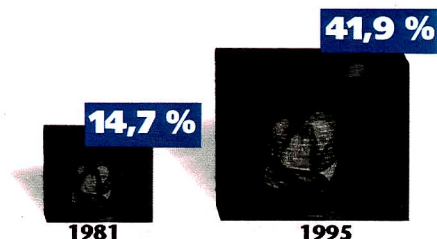


## La surveillance de la grossesse

Plus de 7 visites prénatales



3 échographies



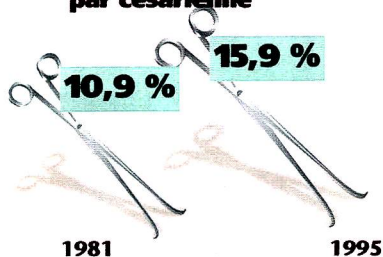
1981

D. O'CLAIR/FOTOGRAF-STON, IMAGES

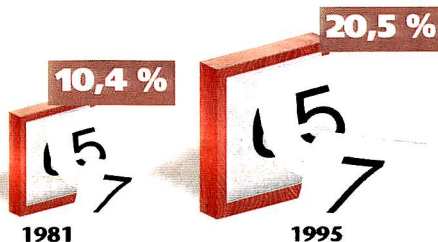


## Le mode d'accouchement

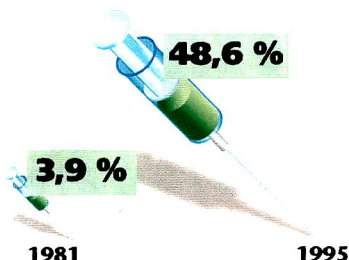
### Accouchement par césarienne



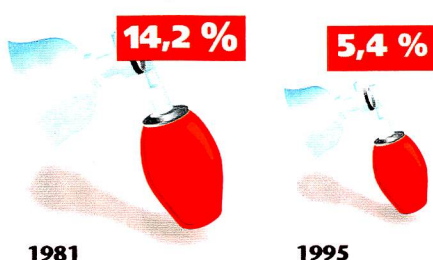
### Accouchement déclenché



### Péridurale

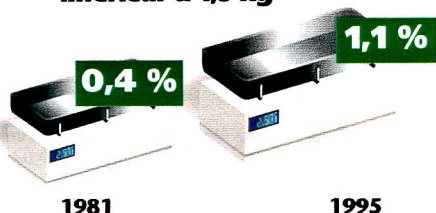


### Anesthésie générale

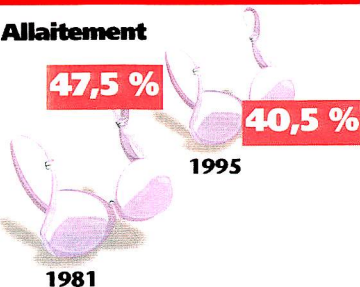


## Le nouveau-né

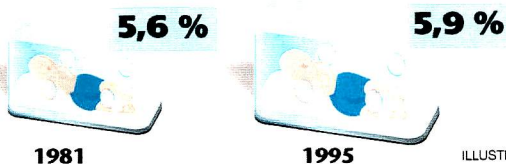
### Poids de naissance inférieur à 1,5 kg



### Allaitement



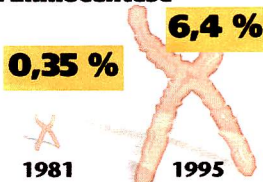
### Enfant prématuré (né à moins de 37 semaines)



ILLUSTRATIONS : J.S.I.

## Le dépistage de la trisomie

### Amniocentèse



■ Depuis 1973, l'amniocentèse (qui dépiste la trisomie 21) est remboursée par la Sécurité sociale aux femmes de 38 ans et plus. Pourtant, le nombre d'enfants mongoliens nés vivants est resté sensiblement le même : 1 000 par an. Notamment parce que les femmes ont des enfants plus tardivement : dès 35 ans, le risque n'est pas négligeable.

1995

L. DUTTON/FOTOGRAF-STONE IMAGES



# GRIPPE

## le retour du virus tueur

■ L'épidémie de grippe espagnole, en 1918, fit 20 millions de morts. Un tel fléau peut-il revenir? Les experts ne l'excluent pas, peut-être dès cet hiver... Pour fabriquer le vaccin, on recherche le virus sur des cadavres conservés dans le froid polaire!

PAR PIERRE ROSSION

**L**es X<sup>e</sup> Rencontres européennes sur la grippe et sa prévention, qui se sont tenues à Lisbonne (Portugal), en septembre dernier, ont soulevé un problème sanitaire inquiétant : une pandémie aussi meurtrière que celle provoquée par le virus de la grippe espagnole en 1918 peut toucher l'Europe. Cette vague grippale avait fait 20 millions de victimes dans le monde. Or, pour fabriquer un vaccin capable d'endiguer cette épidémie, il faudrait d'abord connaître le virus de la grippe espagnole. Les scientifiques estiment en effet qu'il y a de fortes chances pour que le virus redouté ressemble au virus ibérique.

### ÉCHAPPÉ DES PORCHERIES

« Au fur et à mesure que les années passent, la seule certitude, c'est que ce nouveau virus causera de grands dommages et que le jour de son apparition est peut-être proche », a précisé le Pr Claude Hannoun (Institut

Pasteur, Paris), spécialiste de la grippe de réputation mondiale. Selon les médecins les plus pessimistes, rien n'empêche que cette catastrophe planétaire ait lieu cet hiver même. En matière de grippe, il faut s'attendre à tout, à cause de la très grande instabilité du virus et de l'existence de plusieurs milliers de souches distinctes. ■ ■ ■

DR D. KUNKEL/PHOTOTAKE/CNRI

CORBIS/BETTMANN







## Retrouver l'assassin

Pour éviter la tragédie d'une pandémie telle que celle de 1918 (ci-dessus, orphelins nourris par des volontaires, à Cincinnati), les chercheurs vont tenter de retrouver le virus, qui est peut-être conservé dans des corps enterrés dans ce cimetière (flèche) du Spitzberg, un archipel norvégien. Connaître le virus de l'époque permettrait de créer un vaccin pour combattre un virus apparenté qui risque un jour de sévir. Ressemblant au banal virus de la grippe (en toile de fond), le virus redouté sera considérablement plus dangereux.



■ ■ ■ dont la plupart seraient actuellement tapies, en Chine, dans des canards d'élevage. Or, du jour au lendemain, l'un de ces virus peut passer au porc. Si celui-ci est alors infecté par un virus grippal humain ou par le virus grippal d'un autre porc, il risque de se créer un virus hybride qui, s'il s'échappait des porcheries, pour-

notre organisme vacciné entrera en contact avec la "forme sauvage" du virus de la grippe, il se "souviendra" qu'il dispose des armes pour neutraliser l'intrus : les anticorps.

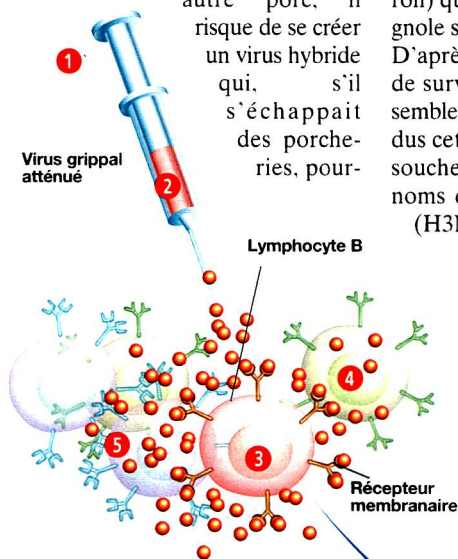
Les experts estiment cependant qu'il y a peu de risques (5 % environ) que le virus de la grippe espagnole se manifeste dès cette année. D'après les pronostics des réseaux de surveillance qui couvrent l'ensemble de la planète, les virus attendus cet hiver en Europe sont trois souches originaires d'Asie. Leurs noms de code : A/Wuhan/359/95 (H3N2), A/Singapore/6/86 (H1N1), B/Beijing/184/93.

Deux d'entre elles sont certes assez dange-

reuses, mais sans rien de comparable avec le virus de la grippe espagnole. Ce sont ces trois souches qui ont servi à la composition du vaccin actuellement en vente dans les pharmacies, vaccin surtout destiné aux personnes âgées ou de santé fragile.

Néanmoins, plus les années passent, plus la pandémie redoutée risque de survenir. Pour se prémunir, il est donc urgent de disposer du virus espagnol. C'est ce à quoi s'attachent plusieurs groupes de chercheurs dans le monde.

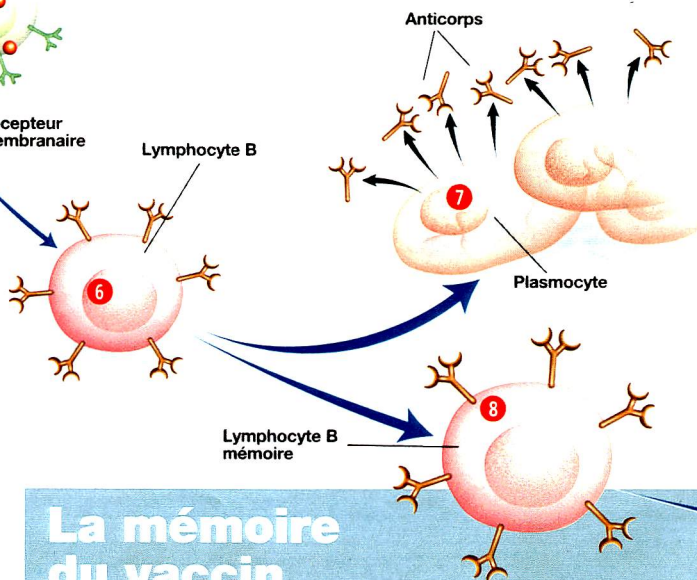
Deux cas de figure peuvent se présenter. Soit le virus est vivant et "hiberne" dans les tissus de personnes décédées de la grippe espagnole : la recherche des facteurs de



rait provoquer de redoutables épidémies. Autre scénario catastrophique : une souche actuellement bien identifiée et peu pathogène peut muter brutalement et se transformer en un terrible assassin. Si c'était le cas, il ne faudrait pas longtemps pour que la population mondiale se retrouve au lit avec une fièvre de cheval.

## TRAQUÉ DEPUIS CINQUANTE ANS

Inutile de dire que, si le virus attaquant cet hiver, on serait complètement démuni, car le vaccin actuellement en stock est sans effet sur lui. Et pour cause : pour fabriquer un vaccin, il faut connaître la "carte d'identité du virus". La technique de vaccination consiste à inoculer à la population une forme atténuée du microbe, qui déclenchera une réponse immunitaire, donc la fabrication d'anticorps. Plus tard, lorsque



## La mémoire du vaccin

La vaccination contre la grippe consiste à injecter 1 une souche virale atténuée 2. Percus par le système immunitaire comme un antigène, les virus atténués se lient aux récepteurs membranaires (en jaune) d'un lymphocyte B spécifique 3. Chez les lymphocytes B qui portent d'autres récepteurs (en vert et en bleu) cette liaison ne peut avoir lieu (4, 5). Stimulé par la liaison antigénique, le lymphocyte B produit d'autres lymphocytes B 6, dont la plupart se transforment en plasmocytes producteurs d'anticorps 7, tandis que les autres deviennent des cellules mémoires 8. Celles-ci sont déjà sensibilisées pour répondre à l'exposition d'un virus grippal sauvage. Si une telle rencontre survient 9, les cellules mémoires produisent rapidement d'autres cellules mémoires 10 et un grand nombre de plasmocytes 11 dont les anticorps vont détruire les virus sauvages 12.



virulence se fera alors sur du virus vivant, qu'on peut cultiver. Soit il est mort, et les analyses seront réalisées à partir de l'élément fondamental qui constitue le virus, à savoir son acide nucléique, en l'occurrence de l'ARN (acide ribonucléique). Si cet ARN est présent en quantité infinitésimale, il devra être multiplié, par la technique d'amplification génique en chaîne (PCR, *polymerase chain reaction*). Après quoi aura lieu le séquençage, c'est-à-dire le décodage de l'information génétique, qui permettra d'isoler les facteurs de virulence.

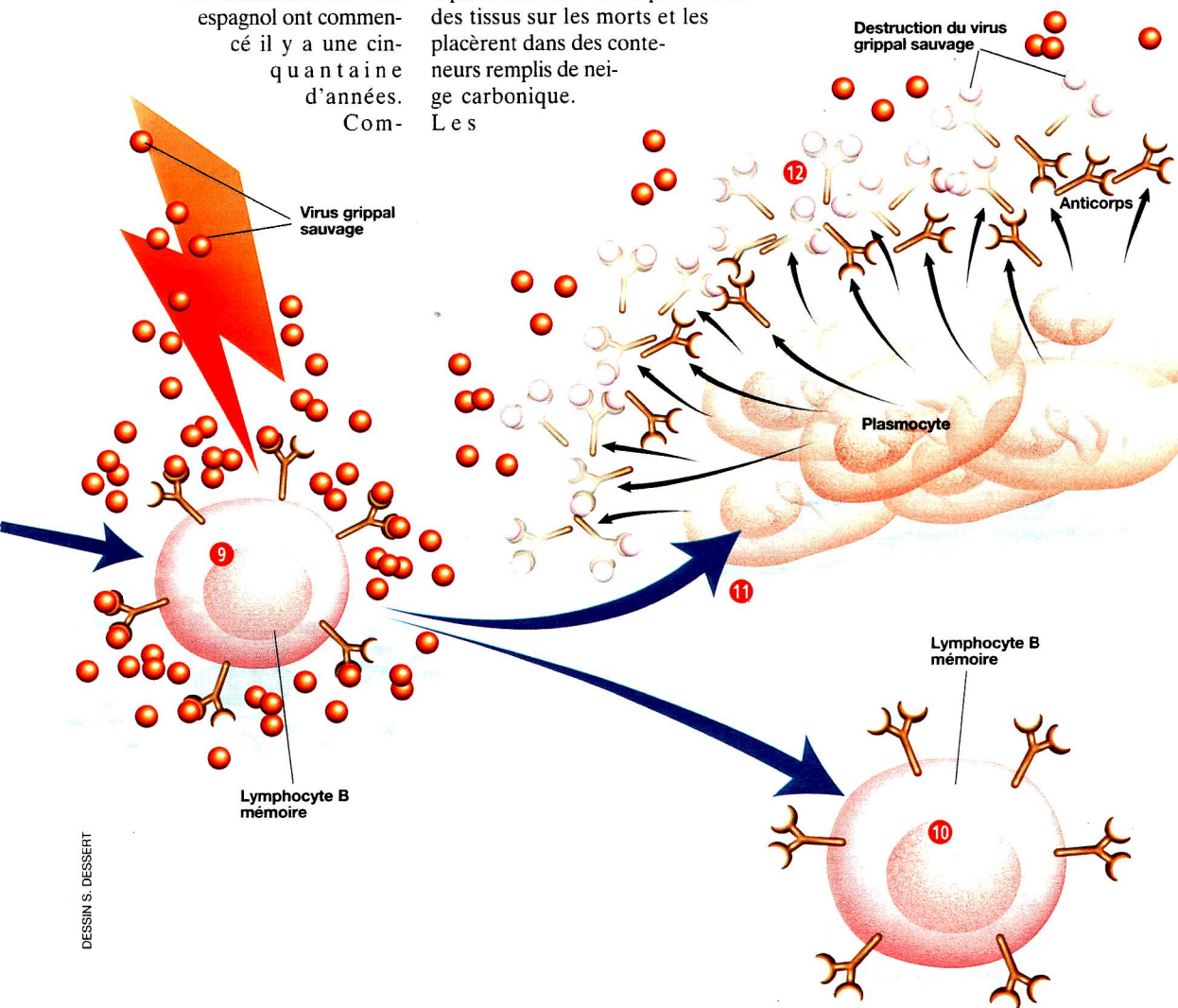
### LES CHERCHEURS FONT CHOU BLANC

Les recherches du virus espagnol ont commencé il y a une cinquantaine d'années. Com-

me, à l'époque, la PCR n'existait pas, le virus fut "traqué" dans des cadavres d'Eskimos, car c'est là qu'il était probablement le mieux conservé, en raison du froid ambiant. En septembre 1950, trois chercheurs américains, Ed Murray, Fred Davenport et Maurice Hilleman, atterrirent, à bord d'un DC3 de l'US Air Force, dans la région de Nome, en Alaska. Mission : exhumar dans des cimetières des Eskimos morts pendant la pandémie de grippe espagnole. Ils avaient l'accord des autorités locales. Avec d'innombrables précautions, pour éviter la fuite dans la nature d'un éventuel virus grippal encore vivant, donc susceptible de déclencher une pandémie identique à celle de 1918, ils prélevèrent des tissus sur les morts et les placèrent dans des conten-

teurs furent expédiés au Walter Reed Institute, à Washington, et à l'université Harvard (Massachusetts), à fin d'analyse.

Les examens consistèrent à inoculer des échantillons des tissus, d'une part dans des œufs embryonnés de poule – qui constituent un terrain favorable à la multiplication du virus –, d'autre part à des rats et à des furets, afin de mettre en évidence d'éventuels symptômes de la grippe. Malheureusement, les chercheurs firent chou blanc. Ils ne trouvèrent aucun virus grippal ni d'ailleurs aucun autre agent pathogène, à l'exception de staphylocoques dorés. Cet échec s'expliquerait par le ■■■■





■ ■ ■ fait que le permafrost (sous-sol gelé en permanence) a subi, entre 1918 et 1950, des variations de température qui ont contribué à dégrader les tissus des cadavres et à détruire le virus grippal.

Les trois chercheurs américains demeurèrent cependant convaincus qu'il devait exister des cadavres congelés en très bon état, dans des régions situées plus près du pôle que Nome. Une seconde expédition, actuellement en préparation, devrait apporter la réponse. Dirigée par Kirsty Duncan, géographe climatologue à l'université de Windsor (Ontario, Canada), elle a pour but de rechercher le précieux virus chez des mineurs norvégiens morts de la grippe espagnole, au Spitzberg, archipel norvégien de l'océan Arctique où la température du sol ne s'élève jamais au-dessus de  $-1^{\circ}\text{C}$  : les tissus des dépouilles ont donc de grandes chances de s'y trouver en bon état de conservation.

## RETROUVÉS GRÂCE À L'INSTITUTEUR

S'aidant des notes d'un instituteur qui avait, à l'époque, méticuleusement noté l'état-civil des victimes de la grippe espagnole, Kirsty Duncan a sélectionné sept Norvégiens, tous âgés d'une vingtaine d'années au moment de leur décès, enterrés au cimetière de Longyearbyen, capitale du Svalbard, possession norvégienne au nord-est du Groenland. Après avoir obtenu les autorisations nécessaires, tant des familles

que des autorités norvégiennes, la géographe prévoit de prélever sur les dépouilles des tissus qu'elle confiera à une équipe de virologistes chevronnés. Les études commenceront dans environ six mois.

La seconde approche consiste à rechercher des séquences du virus

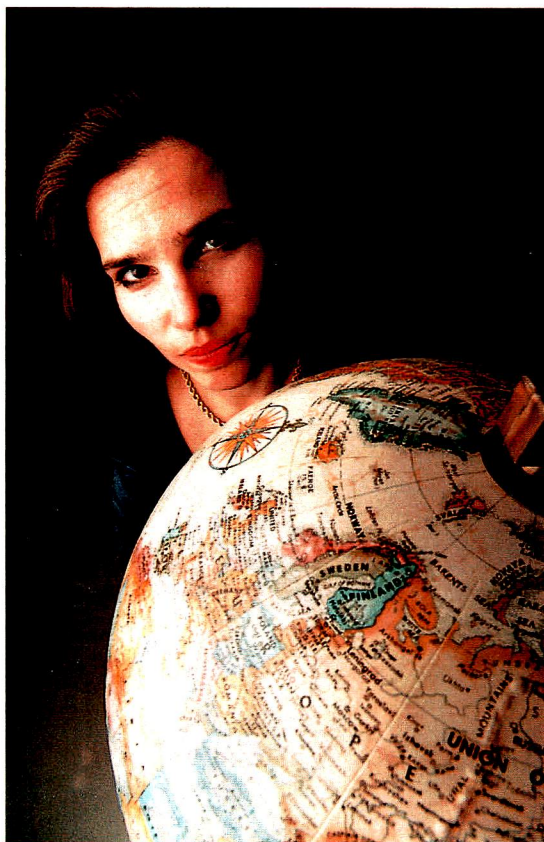
meilleure piste, car la fixation des tissus arrête l'activité des enzymes susceptibles de dégrader l'ARN, alors que les climats polaires peuvent se réchauffer et remettre en route des enzymes nuisibles à l'ARN. En outre, le virus de la grippe, très fragile, ne se conserve vrai-

ment bien qu'en deçà de  $-80^{\circ}\text{C}$  », nous dit Jean-Claude Manuguerra, codirecteur du Centre national de référence de la grippe pour le nord de la France (Institut Pasteur, Paris).

## ÉPÉE DE DAMOCLÈS

C'est ainsi que le Pr John Oxford, virologue au Saint Bartholomew's Hospital de Londres travaille actuellement sur une collection unique de seize poumons et cerveaux de patients morts de pneumonie virale ou d'encéphalite léthargique, à la suite de la pandémie de 1918. Sur ces échantillons, conservés depuis lors, il s'attache à rechercher le virus espagnol et à vérifier s'il n'a pas été également la cause de l'encéphalite léthargique. On connaîtra les résultats de cette étude dans trois ans au mieux. Autant dire que, pendant cette période, une épée de Damoclès va être suspendue au-dessus de l'humanité. Il y a en effet peu de chances qu'on découvre d'ici là les facteurs qui ont rendu

extrêmement virulent le virus de la grippe espagnole. Or, sans connaître ces facteurs, il est impossible de détecter précocement le futur virus tueur et, par conséquent, de préparer un vaccin. ■



P. POWER/TORONTO STAR

## Enquête au Spitzberg

**C'est la géographe climatologue canadienne Kirsty Duncan qui va diriger l'expédition au Spitzberg, au nord-est du Groenland. En prélevant des tissus sur les dépouilles de sept victimes norvégiennes de la grippe espagnole de 1918, elle espère retrouver le fameux virus pour le confier à une équipe de virologistes.**

dans des tissus de victimes de la grippe espagnole, conservés dans du formol, dans de la paraffine ou dans des préparations entre lame et lamelle de verre, destinées à l'étude au microscope. « A mon avis, c'est la



# Au temps des Pharaons

SCIENCE & VIE HORS SERIE vous invite à partir en croisière sur le Nil avec les meilleurs spécialistes de l'ancienne Egypte.

Revivez les périodes pharaoniques et la construction des pyramides.

Assistez aux crues du Nil les plus impressionnantes.

Retrouvez l'âme du temple de Louxor et du site de Karnak...

Partez sur les traces de Ramsès, Toutânkhamon, Khéops et découvrez les splendeurs d'une civilisation raffinée.



EN VENTE PARTOUT



# La comète tant

■ Une simple paire de jumelles révélera de manière éclatante sa queue évanescence sur un tapis d'étoiles... Visible dès ce mois-ci, la comète Hale-Bopp apportera une foule d'enseignements. Surgissant des confins de l'espace, elle délivre le message des origines du système solaire.

PAR PHILIPPE HENAREJOS

Elle n'est pas encore très facile à distinguer, mais elle est bien là. En ce mois de janvier, quelque part dans le ciel, entre les constellations du Serpent et de l'Aigle, assez bas sur l'horizon en direction du couchant, la comète Hale-Bopp arrive. Cette visiteuse tant attendue sera l'une des belles comètes du siècle. Effaçant des mémoires le décevant passage de la comète de Halley en 1986, égalant (au moins) la brillante comète Hyakutake de mars 1996, Hale-Bopp pourrait rejoindre dans la célébrité les grandes comètes du XIX<sup>e</sup> siècle, celles de "Napoléon" (1811), de Donati (1858) ou de Tebbutt (1861).

À la fin du mois de mars et au début du mois d'avril, son éclat devrait la rendre difficile à manquer. Pour l'observer, l'œil nu suffira puisque, en atteignant une magnitude voisine de 0, elle brillera autant qu'Aldébaran, l'un des astres les plus remarquables du ciel. La moindre paire de jumelles révélera alors de manière éclatante sa queue évanescence sur un tapis d'étoiles. De telles apparitions frappaient les Anciens au point que leurs astrologues y voyaient un mauvais présage. D'une période voisine de 4000 ans, Hale-Bopp est certainement déjà venue visiter la Terre dans l'Antiquité, quand Babyloniens et Egyptiens notaient scrupuleusement le passage des comètes.

Pour les astronomes contemporains, elle est une machine à remonter le temps bien au-delà de l'Antiquité, jusqu'au moment où les planètes étaient en train de naître, et le Soleil, de

s'allumer. Surgissant des confins de l'espace, la comète délivre un message, celui des origines. Grâce aux puissants moyens d'observation modernes, les scientifiques ont déjà pu lui soutirer des informations qui, ajoutées à celles déjà livrées par d'autres comètes, complètent le scénario de la formation du système solaire.

Comme toutes les comètes, Hale-Bopp est une boule de glace et de poussières, — un bloc de "neige sale", selon l'expression de l'astronome américain Fred Whipple, qui, dans les années 50, a le premier compris la nature de ces astres chevelus. De même que ses semblables, Hale-Bopp témoigne des premiers âges du système solaire : elle s'est formée avant les planètes, voilà plus de 4,5 milliards d'années.

À cette époque, le Soleil, créé par la contraction d'une vaste nébuleuse de gaz et de poussières, venait tout juste d'acquérir ■ ■ ■



# désirée



ESO

## Un joyau dans le ciel

La comète Hale-Bopp a été découverte le 22 juillet 1995, alors qu'elle était encore très loin du Soleil. Son intense activité de dégazage la rend particulièrement brillante : c'est ce qui a permis de la repérer si loin. Elle est photographiée ici par le télescope européen de 2,20 m de La Silla (Chili), le 14 mai 1996.



■ ■ ■ une masse suffisante pour que s'amorcent en son cœur les réactions thermonucléaires qui en ont fait l'astre du jour.

Autour de lui, une grande partie

## Découverte par deux amateurs au cours de la même nuit !

des résidus de la nébuleuse initiale s'était regroupés en un disque semblable à celui qui entoure aujourd'hui l'étoile Bêta Pictoris. Durant 100 000 ans, les gaz et les poussières de ce disque se sont agglomérés en blocs solides de quelques kilomètres de diamètre. A moins de trois unités astronomiques (1) du Soleil, la chaleur a empêché les gaz de se condenser en glace : seuls des blocs rocheux, les astéroïdes, ont conservé une forme solide. Au-delà, les roches se sont entourées de glaces pour former des corps plus massifs, véritables "icebergs de l'espace", dont font partie les comètes.

### LE SOLEIL A RENDEZ-VOUS AVEC LA COMÈTE

Au bout de 100 millions d'années, l'agglomération d'astéroïdes a donné naissance aux planètes telluriques comme la Terre. Dans le même temps, certains noyaux de glace et de roche sont devenus si massifs qu'ils ont "aspiré" les gaz résiduels de la nébuleuse primitive, formant les planètes géantes comme Jupiter ou Saturne.

De nombreux petits noyaux de glace ont survécu pour devenir des comètes. Certaines ont été déviées par les planètes massives très loin du Soleil, au-delà de Pluton. Parfois, toujours sous l'influence des planètes, l'une d'elles quitte sa

## VISIBLE À L'ŒIL NU...

■ Dès les premiers jours de janvier, la comète Hale-Bopp est, en théorie, visible à l'œil nu. Elle quitte la constellation du Serpent au début du mois pour entrer dans l'Aigle. Il est relativement aisé de trouver Altair, l'étoile la plus brillante de cette constellation, qui peut servir de repère. Cependant, Hale-Bopp reste assez difficile à discerner pour les non-spécialistes, car elle se trouve encore très bas sur l'horizon ouest au début de la nuit. Autant dire que, pour les citadins, il s'agit d'une "mission impossible"...

Mieux vaut, pour l'observer, attendre la fin du mois de mars et la première quinzaine d'avril. Elle devrait alors atteindre son éclat maximal : sa magnitude avoisinera 0 (elle sera comprise entre -1 et +1, selon

l'activité du noyau). Hale-Bopp aura l'aspect d'une grosse étoile, avec une queue diffuse dans son sillage. Elle sera visible sans le moindre instrument d'optique – même si, à l'aide d'une paire de jumelles, le spectacle sera bien plus impressionnant.

Les astronomes amateurs équipés d'un télescope de 150 à 200 mm de diamètre pourront se lancer dans une exploration plus précise de la chevelure de Hale-Bopp. Ils peuvent espérer voir les jets de poussière qui s'échappent des zones actives.

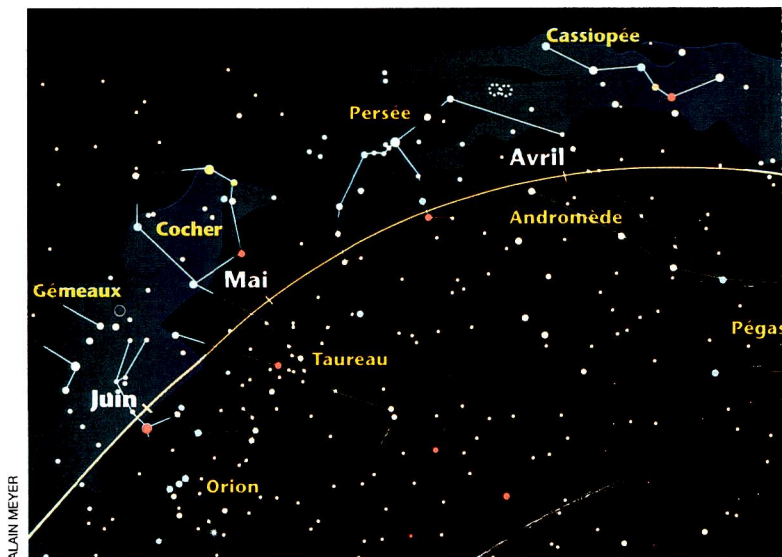
On trouvera la comète au nord-ouest, dans les constellations du Léopard et d'Andromède. Le 24 mars au soir, une importante éclipse partielle de Lune (plus de 92 % du disque sera occulté) donnera temporairement au ciel une tein-

te très sombre, propice à l'observation.

Mais la meilleure période d'observation restera du 26 mars au 12 avril, malgré la lumière diffuse de la Lune, évoluant vers son dernier quartier. Après son passage au périhélie, le 31 mars, la comète s'éloignera progressivement du Soleil. A la fin du mois d'avril, son éclat diminuera assez rapidement, mais elle restera décelable à l'œil nu. Après son passage dans les constellations australes au cours de l'été, elle disparaîtra définitivement sous l'horizon en septembre 1997 pour les observateurs européens.

Ce n'est qu'en octobre 1997 qu'elle disparaîtra totalement dans l'hémisphère nord. On pourra alors l'observer, à travers un télescope, depuis l'hémisphère sud.

### Déplacement de Hale-Bopp dans le ciel boréal de février à juin.



(1) Une unité astronomique (UA) vaut environ 150 millions de kilomètres, soit la distance séparant la Terre du Soleil.



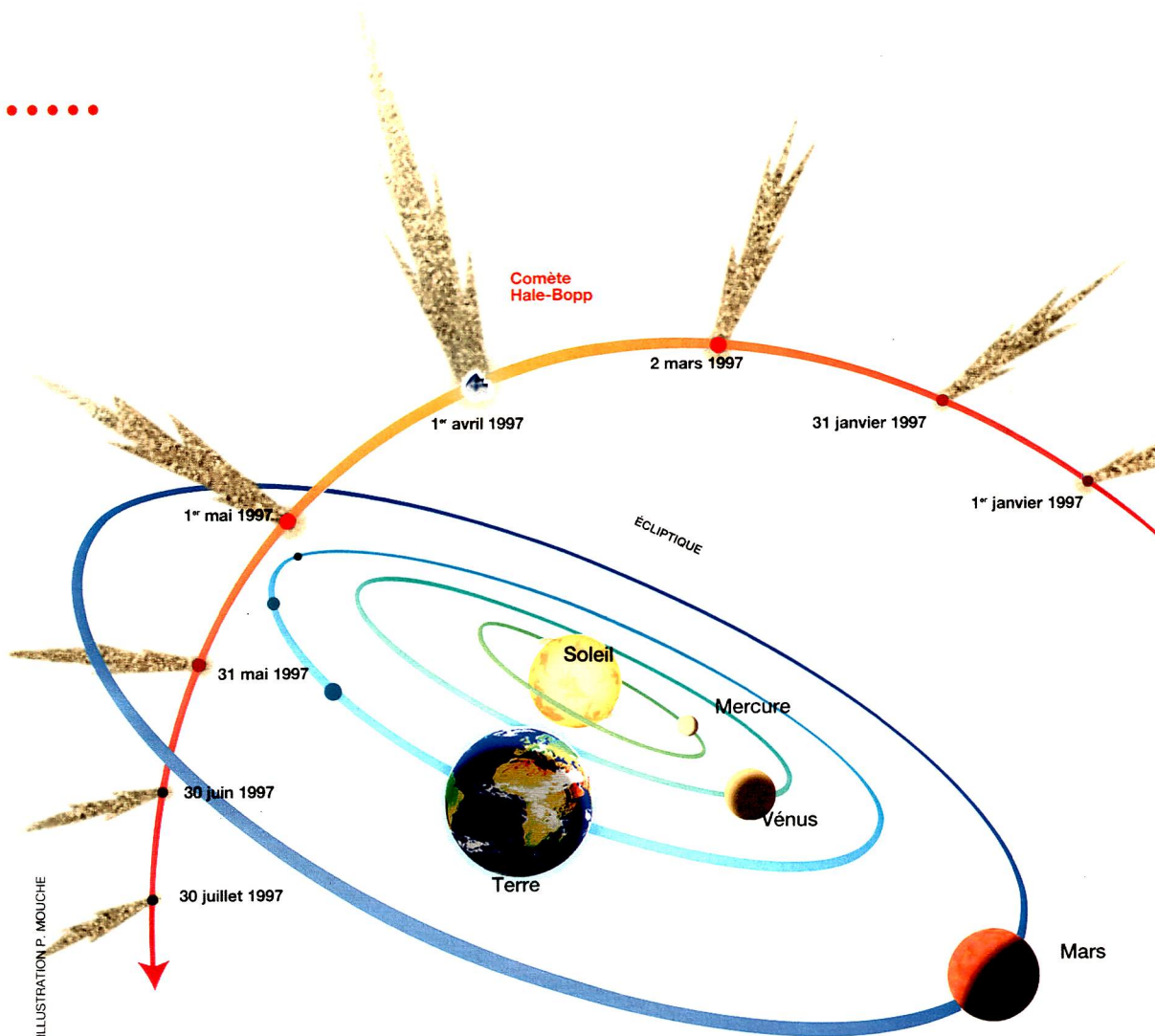
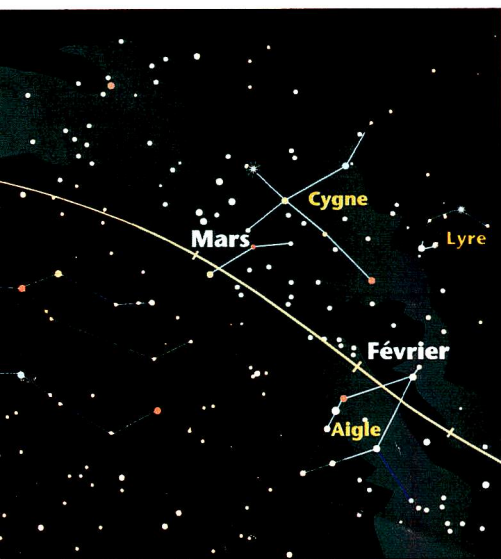


ILLUSTRATION P. MOUCHE



cache pour venir flirter avec le Soleil et avec la Terre. C'est le voyage qu'effectue régulièrement Hale-Bopp depuis des millénaires.

Si la comète devient ces jours-ci visible à l'œil nu, sa découverte remonte au 22 juillet 1995. Deux astronomes amateurs américains, Alan Hale et Thomas Bopp, tombent par hasard, la même nuit, sur le nouvel astre. Ils avaient décidé, chacun de son côté, d'observer l'amas globulaire M 70 à l'aide de puissants télescopes de

400 et 440 mm de diamètre. Or, ils remarquent dans le champ de leurs instruments une petite tache floue ne correspondant à rien de connu... Après vérifications dans différents catalogues d'objets célestes, ils signalent tous les deux leurs observations au Bureau des télégrammes astronomiques, qui confirme aussitôt la découverte.

Dès le premier jour, la comète C/1995 O1, baptisée Hale-Bopp, surprend les astronomes. Alors qu'elle vogue encore à plus de 1 milliard de kilomètres du Soleil, son éclat est déjà de magnitude 11 : c'est-à-dire qu'elle est visible dans n'importe quel petit instrument d'amateur de plus de 70 mm de diamètre. A titre de



■ ■ ■ comparaison, la comète de Halley, à la même distance, était 200 fois moins brillante !

Outre le fait qu'elle présageait un passage remarquable à proxi-

## Deux cents fois plus brillante que la comète de Halley !

mité du Soleil, cette luminosité a suggéré d'emblée que le noyau de la comète devait être assez gros.

« Des observations faites par le télescope spatial *Hubble* indiquent un diamètre d'environ 40 km, alors que le noyau de la comète de Halley ne mesure, dans son axe le plus long, que 15 km », précise l'astronome Jacques Crovisier, spécialiste des comètes à l'Observatoire de Paris-Meudon. Malheureusement, Hale-Bopp ne s'approchera pas à moins de 194 millions de kilomètres de la Terre, distance insuffisante pour que les radio-télescopes d'Arecibo ou de Goldstone puissent affiner ces estimations. Elle se distingue en cela de la comète Hyakutake, intrin-

sèquement beaucoup moins brillante, mais qui, elle, a frôlé notre planète, passant le 24 mars 1996 à "seulement" 15 millions de kilomètres de nous. « Les radars ont pu mesurer son noyau, extrêmement petit, de l'ordre de 4 km de diamètre », dit Laurent Jorda, un astronome de l'Observatoire de Paris-Meudon qui a longuement étudié Hyakutake.

La brillance exceptionnelle de Hale-Bopp, à une distance où la plupart des autres comètes restent invisibles, est une aubaine pour les astronomes. En effet, la quantité de lumière reçue a permis de réaliser des observations spectroscopiques très précoces, alors que le noyau de glace, encore peu chauffé par le Soleil, n'était pas encore très actif. Dès septembre 1995, des scientifiques ont découvert de l'oxyde

de carbone autour de son noyau.

La moisson ne faisait que commencer. Au fil des mois, pas moins de quatorze autres molécules ont été identifiées. A partir de mesures effectuées dans l'infrarouge par le satellite européen *ISO*, l'équipe de Jacques Crovisier a décelé, pour la première fois aussi loin du Soleil (plus de 4,6 UA), des grains de silicate et du gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) dans la chevelure naissante de la comète.

« Toutes les mesures réalisées par les équipes qui étudient Hale-Bopp constituent des records, fait-il remarquer. Des observations aussi précoces ont été possibles





# Sublimée par le Soleil

Une comète est composée d'un noyau de glace et de poussières ❶ qui, chauffé par le Soleil, se sublime en gaz. Ce gaz s'échappe en jets ❷ (visibles sur la photo de Hale-Bopp, ci-dessous), créant l'atmosphère, ou chevelure, de la comète ❸. Soufflée par le vent solaire, la queue de la comète se divise en deux tronçons, l'un contenant du gaz ❹ et l'autre, de la poussière ❺.

ILLUSTRATION P. MOUCHE

parce que, d'une part, la comète est exceptionnelle-ment active et que, d'autre part, les astronomes disposent de nouveaux instruments, tels que le satellite infrarouge *ISO* ou le récepteur radio très performant de l'Institut de radioastronomie millimétrique.»

En traquant les molécules dans les comètes, les astronomes cherchent à déterminer la composition des glaces qui les constituent. Sur ce point, Hale-Bopp a permis quelques avancées importantes. «Nous nous apercevons que ces glaces cométaires ressemblent aux glaces interstellaires observées dans certaines nébuleuses, ex-

plique Jacques Crovisier. Cela semble confirmer l'hypothèse selon laquelle les comètes sont nées de la matière primitive de la nébuleuse protosolaire.»

A mesure que Hale-Bopp se rapproche du Soleil, les astronomes suivent son évolution. Chaque jour, le rayonnement solaire se fait plus intense et la glace se sublime davantage, passant de l'état solide à l'état gazeux en relâchant gaz et poussières.

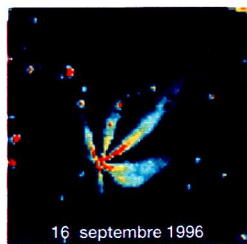
C'est cette sorte d'atmosphère éphémère, baptisée chevelure, qui donne aux comètes leur aspect nébuleux. Sous l'action du vent solaire, elle forme ensuite une queue, qui flotte toujours à l'opposé du Soleil. Celle de Hale-Bopp pourrait être très étendue.

Ce phénomène de "fonte des neiges", qui affecte les comètes tandis qu'elles se rapprochent du Soleil, ne se produit pas de manière uniforme à la surface du noyau. Sur la partie exposée au Soleil, le dégazage (sublimation de la glace en gaz sans passer par une phase liquide) est intense dans quelques zones actives relativement peu étendues, qui laissent échapper de puissants jets de gaz contenant les

poussières (des grains de silicates) emprisonnées dans la glace. Sur la comète Hyakutake, les planétologues du Pic-du-Midi (Hautes-Pyrénées) ont mesuré des vitesses d'éjection

des poussières de l'ordre de 12 mètres par seconde. Sur Hale-Bopp, selon Zdenek Sekanina, du Jet Propulsion Laboratory de Pasadena (Californie), les vitesses d'éjection sont comprises entre 30 et 50 m/s.

En 1992, les astronomes du Pic- ■ ■ ■



G. GARRARD



■ ■ ■ du-Midi avaient également remarqué que les jets s'échappant du noyau de la comète Swift-Tuttle changeaient d'orientation au fil des heures. Ils en avaient déduit

## Des millions d'années pour changer de trajectoire

une période de rotation du noyau sur lui-même de 2,8 jours. En octobre 1995, le télescope spatial *Hubble* a détecté sur Hale-Bopp une remarquable émission de poussières. Le 18 août dernier, grâce au télescope danois de

1,54 m de diamètre situé à La Silla (Chili), sept jets ont été photographiés sur Hale-Bopp, ce qui confirmait l'intense activité de la comète, encore éloignée du Soleil de 3,4 UA. Peu de temps après, en octobre, la production de vapeur d'eau du noyau était établie à 30 tonnes par seconde, soit autant que celle de la comète de Halley au moment de son passage au plus près du Soleil (son périhélie). En revanche, les sept jets n'ont pas semblé bouger significativement, ce qui suggère une rotation du noyau extrêmement lente, voire inexistante.

Ces observations incitent à penser que Hale-Bopp n'est pas une comète "usée" par de nombreux passages près du Soleil. En effet, à chacune de ses "visites", une comète perd un peu de sa masse à cause du dégazage. Ainsi, certains astronomes pensent que, dans

ra plus d'une chevelure. Hale-Bopp n'en est pas là, puisque, selon toute vraisemblance, elle n'a effectué que quelques passages près du Soleil.

Une question s'impose : avant son passage, où était Hale-Bopp ? D'après le scénario élaboré par les astronomes, il y a environ 4,5 milliards d'années, au moment où les planètes géantes ont pris corps, un grand nombre de comètes ont émigré très loin du Soleil : perturbées par les forces gravitationnelles importantes des planètes, elles ont été littéralement éjectées sur des orbites situées à des distances comprises entre 40 000 et 100 000 UA du Soleil.

### DES "RÉSERVOIRS" DE COMÈTES

Là, sous l'influence gravitationnelle d'autres étoiles que le Soleil, elles ont formé un nuage sphérique qui entoure complètement les planètes du système solaire. L'astronome néerlandais Jan Hendrik Oort fut le premier, dans les années 50, à imaginer l'existence de ce nuage, qui porte aujourd'hui son nom.

Si cette structure n'a encore jamais été observée, son existence ne fait aujourd'hui plus de doute. Comment expliquer autrement que les comètes de très longue période – qui viennent donc de très loin – surgissent de toutes les directions ? Hale-Bopp, qui revient tous les

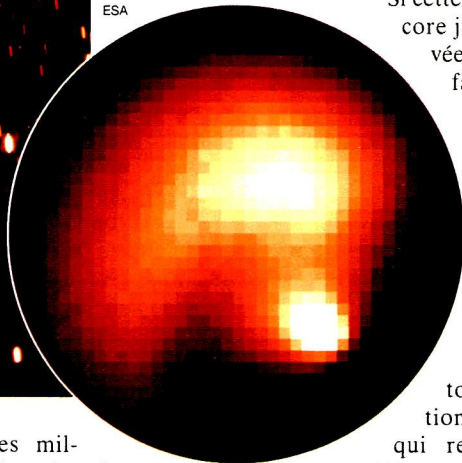
4 000 ans, en est l'illustration : son orbite est inclinée à 89°43' (presque à angle droit) par rapport à l'écliptique, le plan dans lequel tournent toutes les planètes. Si le nuage de Oort était non pas sphérique mais en forme



### Le noyau fait des petits

**Hale-Bopp vue par le télescope spatial *Hubble* le 26 septembre 1995. En gros plan, on voit le noyau (en bas, à droite) en train d'éjecter un morceau de la croûte qui semble plus gros que le noyau lui-même, car il s'est brisé en un nuage brillant de particules.**

ESA

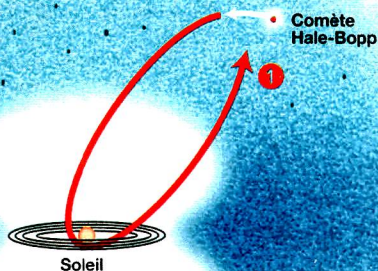


quelques milliers d'années, la comète de Halley, qui revient tous les soixante-seize ans depuis des siècles, aura épuisé tous ses éléments volatils et cessera toute activité. Elle ressemblera alors à un vulgaire astéroïde et ne s'entoure-



## La comète est perturbée

Hale-Bopp est issue du nuage de Oort, qui se trouve à environ 40 000 UA ( $10^{12}$  km) du Soleil. A la suite de perturbations gravitationnelles, la comète a "plongé" vers le Soleil, autour duquel elle a tourné en suivant une orbite très allongée ①. Puis, perturbée par les planètes, elle s'est mise à décrire une ellipse plus courte ②.



d'anneau, toutes les comètes évolueraient dans un plan voisin de celui de l'écliptique. Les comètes de courte période (moins de 200 ans), elles, proviennent de la ceinture de Kuiper, un "réservoir" de comètes plus proche (2), en forme d'anneau.

### FATALE ATTRACTION

Hale-Bopp vient donc du nuage de Oort. Mais pourquoi n'y est-elle pas sagement restée, comme la plupart des cent milliards d'autres comètes qui peuplent probablement ce réservoir ?

« Trois mécanismes conduisent quelques comètes à sortir du nuage de Oort », explique Claude Froeschlé, de l'observatoire de Nice. « Le passage d'étoiles proches change l'orbite de certaines comètes par effet gravitationnel. Le passage d'un nuage interstellaire peut avoir le même effet. Enfin, la galaxie tout entière exerce une attraction perturbatrice. Ces trois phénomènes prennent des millions d'années et ne concernent que quelques comètes par décennie. »

Le destin de Hale-Bopp a donc ■ ■ ■



ILLUSTRATION P. MOUCHE

(2) Juste après l'orbite de Neptune.



été de quitter son refuge. Et de façon définitive : en effet, sous l'influence gravitationnelle des planètes, son orbite a progressivement été raccourcie (voir l'illustra-

## Le rêve des astronomes : envoyer une sonde "voir de près"...

tion page précédente), au point qu'elle ne repasse plus par le lointain nuage de Oort. « Je ne crois pas que Hale-Bopp arrive "directement" du nuage de Oort, car son aphélie [point de son orbite le plus éloigné du Soleil] se situe seulement à 560 UA du Soleil », confirme Laurent Jorda. Son éviction du nuage de Oort remonterait à quelques dizaines de milliers d'années.

### ICEBERG INTERPLANÉTAIRE

Surgi à l'improviste de la nuit des temps, ce morceau de banquise interplanétaire ne sera pas exploré par une sonde spatiale. Aucune photo rapprochée de son noyau ne sera prise, et aucun module n'ira gratter sa surface gelée pour tenter d'élucider les mystères de sa création. Car, si l'on a pu planifier l'observation de la comète de Halley, à la trajectoire parfaitement connue, c'est impossible dans le cas de Hale-Bopp.

Mais, depuis longtemps, l'idée trotte dans la tête des scientifiques

## DÉCOUVRIR UNE COMÈTE

N'importe qui peut découvrir une comète et lui donner son nom. Il suffit d'un minimum de matériel, d'un peu de méthode, de beaucoup de patience et d'énormément... de chance. Dix nouvelles comètes en moyenne sont découvertes chaque année, dont à peu près la moitié le sont par des amateurs. Pour mettre toutes les chances de son côté, il faut commencer par choisir soigneusement le site d'observation : loin des villes, qui diffusent trop de lumière dans l'atmosphère, et dans un endroit où le ciel est bien dégagé à l'est et à l'ouest, puisque la majorité des comètes apparaissent dans ces régions.

Quel instrument choisir ? Si l' Australien William Bradfield a découvert une comète à l'aide d'une simple paire de jumelles 7 x 35, il est cependant recommandé d'utiliser un télescope, l'idéal étant un Dobson (Newton sur monture azimutale) de 400 mm de diamètre. Mais un télescope d'au moins 100 mm, capable d'atteindre la magnitude 12, équipé d'un oculaire à faible grossissement est tout à fait adapté (au moment de sa découverte, Hale-Bopp était de magnitude 11). Car ce qui compte, c'est

de balayer de grands champs stellaires.

Cependant, repérer un objet inconnu parmi les

étoiles suppose de bien connaître la position des nébuleuses et des galaxies qui s'y trouvent, afin de ne pas faire de confusion. Il suffit ensuite de s'armer de patience et de faire preuve d'assiduité. La technique la plus simple consiste à balayer le ciel nocturne par bandes

parallèles, vers l'ouest en début de nuit et vers l'est avant l'aube.

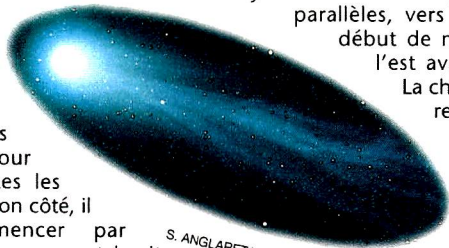
La chance fera le reste. L'Américain David H. Levy, grand découvreur de comètes, a fait

sa première trouvaille au bout de dix-neuf années, soit après 917 heures d'observation. Alan Hale et Thomas Bopp ont été plus heureux, puisqu'ils ont trouvé sans chercher !

Si l'on repère un astre "suspect", il convient de noter sa position et d'effectuer des vérifications. L'objet est-il diffus à un fort grossissement ? Semble-t-il se déplacer par rapport aux étoiles au bout d'une heure ou deux ? Dans l'affirmative, la partie n'est pas gagnée, car il peut s'agir d'une comète déjà connue ou même d'un astéroïde. On peut le vérifier auprès du Bureau des longitudes, à Paris.

La découverte est plus que probable ? Il faut la faire valider auprès du Bureau central des télégrammes astronomiques. Si vous êtes l'un des deux premiers à l'annoncer, la comète portera votre nom.

• Bureau central des télégrammes astronomiques : 60 Garden Street, Cambridge, MA, 02138, Etats-Unis. Courrier électronique : bmarsden@cfa.harvard.edu ou encore dgreen@cfa.harvard.edu



S. ANGLARET/CIEL & ESPACE

P. BOURDIS/  
CIEL & ESPACE



La comète Hyakutake (ci-dessus) a été découverte par un astronome amateur japonais, à l'aide de jumelles 25 x 150 semblables à celles-ci.

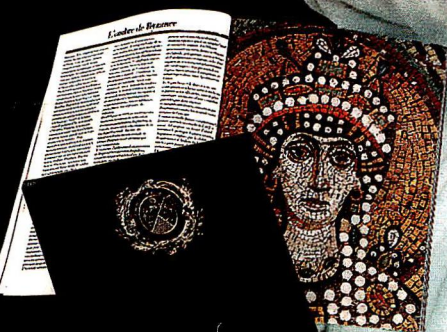
d'envoyer un engin automatique se poser sur une comète. Si tout se passe bien, en 2003, une fusée Ariane 5 lancera la sonde européenne Rosetta à l'assaut de Wirtanen, une comète "usée" de courte période.



# FMR



*de courez l'univers  
précieux et raffiné de  
Franco Maria Ricci*



## ABONNEZ-VOUS

documentation sur demande  
L'agenda FMR 1997 vous sera offert  
pour tout abonnement souscrit.

12, rue des Beaux-Arts, 75006 Paris. Tél : 01.46.33.9

15 Galerie Véro-Dodat, 75001 Paris.

Tél : 01.40.41.02.02 - Fax : 01.40.41.02.33



# La malédiction martienne

**L'échec de la mission Mars 96 sonne sans doute le glas de l'exploration interplanétaire russe. C'est aussi une catastrophe pour la recherche française.**

PAR CHRISTOPHE CHEVALET

**U**ne tragédie pour la science : les avis sont unanimes pour qualifier d'échec la mission d'exploration russe Mars 96. La planète rouge confirme qu'elle est maudite. Elle détient le triste record de dix-huit échecs ou semi-échecs en vingt-six missions de sondes russes et américaines. Pour la première fois, la défaillance est venue du lanceur, ou, plus exactement, du bloc D, le quatrième et dernier étage de l'énorme fusée Proton, pourtant jugée très fiable.

Tout avait bien commencé, le 16 novembre dernier, à 22 h 20 : décollage sans histoire de Baïkonour, puis combustion et séparation normales des trois premiers étages, qui mettent en orbite le "train" spatial, composé du fameux bloc D et de la sonde Mars 96. Au bout de cinq orbites, l'essentiel restait à faire : accélérer la sonde vers Mars.

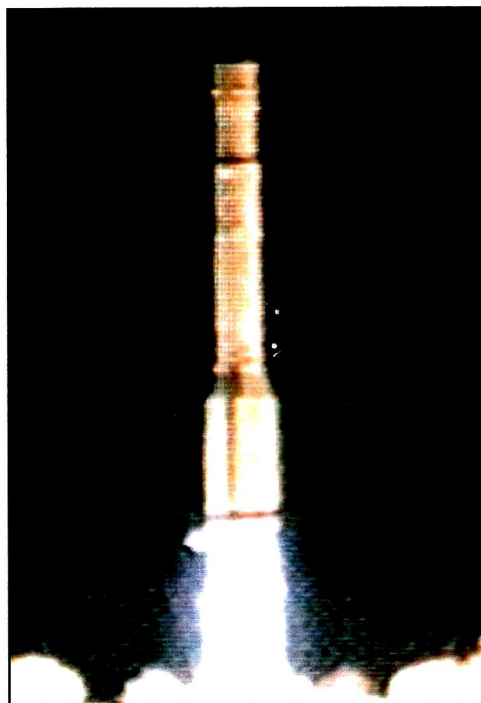
Le bloc D s'allume une première fois, en mode automatique, à 75 % de sa puissance. Tout est normal. Cinquante-trois minutes plus tard, le second allumage a lieu. Mais, après avoir fonctionné pendant vingt secondes, le moteur du bloc D s'arrête, pour une raison inconnue. Résultat : l'accélération n'est pas suffisante pour obtenir la vitesse de 11,2 km/s qui permettrait à la sonde de s'affranchir de l'attraction terrestre. Pour les Russes, elle se trouve de l'autre côté de la Terre, dans une zone

"aveugle". Les antennes de télémesure au sol chargées de la suivre ne sont plus en contact avec elle.

Pour ajouter au cafouillage, alors qu'elle n'est pas sur la bonne trajectoire, son ordinateur autonome lui ordonne de se séparer du bloc D et met prématurément à feu son moteur. D'une masse de 6825 kg, la sonde Mars 96 est en effet dotée d'un moteur principal chargé, d'une part, de fournir un incrément de vitesse lors de l'arrachement à l'attraction terrestre et, d'autre part, de la freiner lorsqu'elle arrive au voisinage de Mars. Trop tard ! L'accélération finale va entraîner la sonde dans les premières couches de l'atmosphère puis la précipiter dans l'océan Pacifique, au large de l'île de Pâques.

Pourquoi le moteur du bloc D s'est-il arrêté au bout de vingt secondes lors de la seconde mise à feu ? Deux réponses plausibles : le moteur a eu un problème mécanique - grippage de la turbopompe ou de l'une des vannes d'alimentation en oxygène ou en kérosène ; ou bien le système de contrôle de vol installé dans la sonde a subi une défaillance et commandé prématurément l'arrêt du moteur.

Une chose est sûre, ce n'est pas



AFP

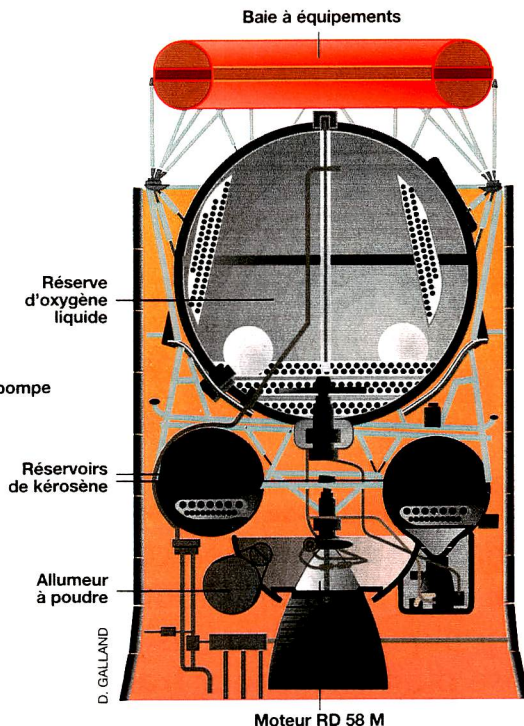
## La fusée universelle

**La fusée Proton est utilisée depuis trente ans pour lancer des charges de 6 à 7 t vers les planètes (ici, la sonde Mars 96, le 16 novembre dernier), ou des modules de 30 t en orbite terrestre basse.**

## APRÈS L'ÉCHEC,

■ Si la NASA déplore l'anéantissement du travail d'une trentaine d'astronomes, en France, l'échec de Mars 96 prend une tout autre ampleur... Outre les 250 millions de francs investis par le Centre national d'études spatiales (CNES), qui sont partis en fumée, une douzaine d'équipes, comprenant chacune une trentaine de techniciens et de scientifiques, travaillaient, depuis 1989, au choix





Moteur RD 58 M

## Un moteur des années 60

Le bloc D, dernier étage de la fusée Proton, est équipé d'un moteur RD 58 M d'une poussée de 8,6 t. Il a été développé au début des années 60 pour servir de cinquième étage à la fusée géante *N-1*, grâce à laquelle les Soviétiques espéraient déposer un homme sur la Lune avant les Américains.

la première fois que les Russes sont confrontés à la défaillance du bloc D. Ils ont essuyé six échecs avant 1987. Le 19 février 1996, c'est un satellite géostationnaire de télécommunications, *Radou-*

*ga 36*, qui faisait les frais d'une mauvaise satellisation.

Le rôle du bloc D est capital. Cet étage très complexe dispose d'un système de guidage autonome. Son moteur RD 58 M à combustion étagée, d'une poussée de 8,6 tonnes, peut être allumé sept fois grâce à un allumeur à poudre. Il est principalement utilisé aujourd'hui pour la mise en orbite des satellites géostationnaires et pour le lancement des sondes planétaires.

Autre cause possible de l'échec : pour des raisons budgétaires, la société NPO Lavochkine, constructeur de la sonde martienne, a probablement réduit au minimum les essais du logiciel du système de commande de vol de la sonde.

Les Russes viennent donc de démontrer que, en dépit de leur expérience, ils n'ont plus la capacité d'envoyer des sondes interplanétaires. Il ne leur reste plus que la station orbitale internationale Alpha...

## UN AVENIR INCERTAIN...

des objectifs et à l'équipement d'une partie de la sonde. Au total, vingt pays ont contribué à la mise au point de Mars 96. Parmi eux, évidemment, les Russes, qui fournissaient le lanceur et la plate-forme. Ils ont travaillé dans des conditions extrêmement pénibles : une grande partie du personnel des usines n'est plus payée depuis des mois.

Mais que deviennent les objec-

tifs scientifiques de Mars 96 ? Aucune des sondes actuelles ou en projet ne possède les instruments capables de les remplir. Les expériences mises au point pour la sonde détruite ont-elles quelque chance de s'envoler à nouveau vers Mars ? Pour le CNES, suspendu à la décision des Russes, il est encore trop tôt pour définir une stratégie.

Philippe Henarejos



# Du rififi dans l'évolution

■ L'homme ne serait pas le fruit du hasard et de la sélection naturelle; son apparition était en quelque sorte prévisible. Cette thèse d'un chercheur français fait souffler un vent sacrilège sur la théorie de l'évolution. En réalité, elle ne résiste pas à un examen rigoureux.

PAR ANNA ALTER  
ET PHILIPPE TESTARD-VAILLANT

**D**e l'art de déclencher une tempête dans un verre d'eau. La polémique fait grincer les dents du petit monde de la paléanthropologie. Objet de la controverse : un article, publié en avril 1996 par le magazine *la Recherche*, d'Anne Dambricourt-Malassé, de l'Institut de paléontologie humaine/laboratoire de préhistoire du Muséum d'histoire naturelle, chargée de recherche au CNRS. Dans cet article (dont *Science & Vie* s'est fait l'écho, voir n° 945, p. 82), on apprend qu'un nombre croissant d'enfants souffrent de déséquilibre... du visage, et que le programme de développement du crâne (1) serait à

l'aube d'une nouvelle mutation.

Et Darwin, dans tout ça ? Sans doute se retourne-t-il dans sa tombe. Le ha-



K. DAHER/GAMMA





C. POUEDRAS/EURELIOS

## Déterminisme contre darwinisme

**Pour Anne Dambricourt-Malassé, l'apparition de l'homme, "chef-d'œuvre" de la nature, était inéluctable. Cette thèse irrite ses confrères, pour qui *Homo sapiens sapiens* est le simple produit du hasard et d'une adaptation réussie, comme en témoigne le célèbre fossile Lucy (représentée ci-contre).**

sard et la sélection naturelle (doublée de la sélection sexuelle, compétition entre mâles pour séduire les femelles et propager leurs gènes) – couple moteur de l'évolution du vivant, aux yeux du naturaliste anglais – s'effaceraient, selon Anne Dambricourt-Malassé, au

(1) Depuis que l'homme est homme, une "mémoire ontogénique" propre à notre espèce positionnerait les os sous le cerveau par des contractions craniofaciales successives, durant tout le développement de l'embryon et de l'enfant jusqu'au stade adulte.

profit d'un mystérieux "apport d'énergie" réservé à *Homo sapiens sapiens*, l'homme moderne. «L'évolution qui mène aux Néandertaliens n'est pas celle qui conduit à l'homme moderne. La première était imprévisible, chaotique, celle qui mène jusqu'à nous ne l'est pas», expliquait-elle dès septembre 1995 dans *l'Actualité religieuse*. La voie menant à l'homme serait une ligne droite parfaite.

Une thèse choquante pour un es- ■ ■ ■

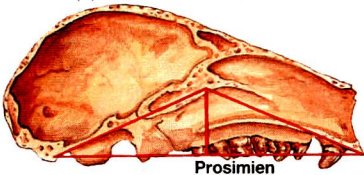


■ ■ ■ prit scientifique mais séduisante pour les orgueilleux qui exaltent l'Homme comme le chef-d'œuvre de la nature. D'où la brise de publicité qui souffle sur cette théorie.

## « L'homme a du mal à assumer son origine animale »

« L'idée que l'homme est le produit d'une évolution ordinaire ne plaît pas à certains », constate Jean-Jacques Jaeger, professeur à l'université de Montpellier et directeur de l'Institut des sciences de l'évolution. « Un taulard qui réussit dans la vie n'aime pas qu'on lui rappelle son passé ! Assumer son origine animale n'est pas chose facile. » Pour ce conteur intrinsèque des "mondes fossiles" (2), « il est en train de se produire une chose extraordinaire. Rien de moins que la remise en cause de la science ». Et de se lancer dans la défense de la méthode scientifique, toujours prête à s'incliner

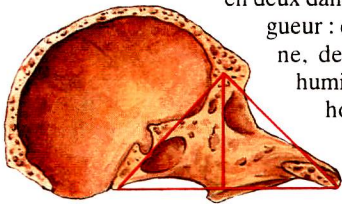
(2) Titre de son livre, éd. Odile Jacob.



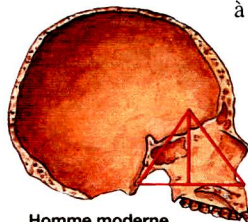
Prosimien

## Loin de la science

Selon Anne Dambricourt-Malassé, cinq "contractions craniofaciales" (mises en évidence en reliant par des droites la base du crâne à la face) auraient conduit des premiers primates jusqu'à l'homme. Une mystérieuse "force" aurait orchestré cette évolution. Théorie qui relève plus de l'intime conviction que de la science...



Australopithèque



Homme moderne

W. FRASCHINI

devant des faits établis. « Je ne mourrai pas pour le néo-darwinisme si l'on me présente un modèle plus performant. Mais, pour l'instant, c'est encore la meilleure explication possible. On n'a pas besoin de faire appel à une force obscure pour expliquer l'évolution : la sélection naturelle suffit. C'est peut-être complètement faux, mais ça marche ! »

Qu'un modèle soit battu en brèche, rien de plus normal. En science, il suffit d'une observation contradictoire pour tout remettre à plat. Dernier exemple en date, l'australopithèque Abel trouvé au Tchad, qui porte un coup à la théorie de l'"East Side Story" chère à Yves Coppens, professeur au Collège de France. Cette mâchoire inférieure et cette prémolaire supérieure datant de 3 millions d'années prouvent en effet que des hominidés étaient apparus en Afrique de l'Ouest en des temps très reculés.

Yves Coppens continue cependant à défendre sa version des faits, fossiles à l'appui : l'hominisation s'est faite en Afrique de l'Est voilà 8 millions d'années, après qu'une faille (le Rift) a coupé le continent en deux dans le sens de la longueur : d'un côté, la savane, de l'autre, la forêt humide, "berceau" des hominidés. Ils auraient ensuite quitté ce berceau (probablement à la suite



J. READER/SCIENCE PHOTO LIBRARY

## Le deuxième homme...

Loin d'être un balourd indigne de faire partie de la famille, Neandertal (à gauche) avait un cerveau plus gros que le nôtre et probablement un langage ! L'existence d'un autre sapiens que l'homme moderne (à droite) contredit complètement la thèse d'Anne Dambricourt-Malassé.

d'un nouveau changement climatique), se répandant en Afrique du Sud ou passant à l'Ouest en empruntant des couloirs de savane. « Si l'on trouve des fossiles vieux de 8 à 6 millions d'années au Tchad, alors, ma théorie tombera à l'eau. Tant pis... La science ne s'accroche pas aux mauvaises branches », concède Coppens, beau joueur.

## UNE BALEINE DANS UNE FORÊT

Selon lui, Anne Dambricourt-Malassé est « quelqu'un d'original, d'assez isolé, qui s'assouplira avec les années. Elle aurait besoin d'être épaulée par des embryologistes de talent ». Cette bienveillance ne l'empêche de se démarquer radicalement de ses positions. « Je n'arrive pas à la suivre sur son petit déterminisme, et je lui répète que je cesserai de croire à l'influence du milieu le jour où je trouverai une baleine dans une forêt. »

Pour Yves Coppens, comme pour tout bon évolutionniste, il n'y a pas de différence entre un hippopotame, un éléphant et un homme : nous sommes tous le fruit d'une adaptation réussie à l'environnement. Si la forêt n'avait pas cédé la place à la savane, « notre crâne serait resté ce



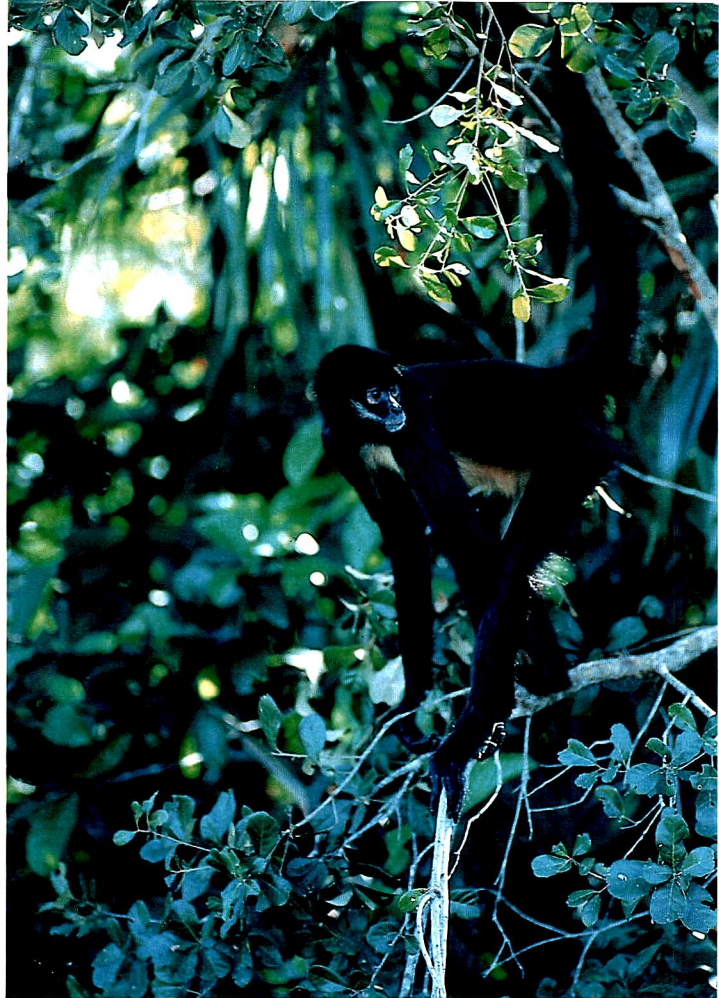
qu'il était il y a dix millions d'années. Notre allure, notre bipédie, notre langage, et même le fonctionnement de notre société, tout correspond à une adaptation à un milieu ouvert et non forestier».

Anne Dambricourt-Malassé, qui étudie les crânes d'adultes, d'enfants, voire de fœtus, « depuis le début des primates jusqu'à nos jours, soit sur une période de 50 à 60 millions d'années », *dixit* Coppens, n'est pas de cet avis. Selon elle, l'évolution en spirale de « la partie face et basique du crâne », marquée par un enroulement et un tassement de la masse de la calotte sur elle-même, indique que cette configuration anatomique propice à l'expansion du cerveau – donc de la conscience – était inéluctable. Bref, l'homme serait devenu homme même dans l'eau : c'était écrit.

## FOI, SCIENCE ET BAZOOKA

Une idée qui tient plus de la croyance que de la science, puisqu'elle ne peut absolument pas être vérifiée... « Il est dangereux de mélanger foi et science, conclut Yves Coppens. Mais ce n'est pas une raison pour lui envoyer des coups de bazooka. » Loin de partager cette mansuétude, ses collègues sont d'autant plus irrités par la publicité donnée aux thèses d'Anne Dambricourt-Malassé que toute remise en cause nécessite une réelle compétence, un protocole expérimental et des publications dans des revues de référence. « Anthropologue de formation, mon amie Anne ne connaît pas du tout les fossiles, encore moins les fossiles de singe (ou elle feint de ne pas les connaître) », affirme Pascal Picq (3), maître de conférences au Collège de France, responsable de l'unité paléanthropologie et anatomie fonctionnelle. « En tout cas, elle n'en tient pas compte. Une lacune d'autant plus grave que notre manière de penser l'apparition de l'homme est en train de changer radicalement : ce n'est plus l'homme

(3) *Lucy et son temps*, Pascal Picq et Nicole Verrechia, éd. Fontaine-Mango (1996).



SUNSET

## Nous vivons l'âge d'or... du singe !

**L'homme, cette espèce triomphante décrite par Dambricourt-Malassé, appartient en fait à un groupe en voie d'extinction : il ne reste plus que 5 genres d'hominoides (primates supérieurs sans queue), contre 20 il y a vingt millions d'années. En revanche, le groupe des singes dotés d'une queue est florissant : une centaine d'espèces (ici, un atèle), au lieu de 2 seulement il y a vingt millions d'années.**

qui descend du singe, mais des hommes qui descendent de singes.»

Et Pascal Picq de planter des banderilles dans les thèses de sa consœur. Tout d'abord, l'homme n'est pas le seul *sapiens* à avoir fait son trou ici-bas. Mais, « visiblement, le Neandertalien [*Homo sapiens neandertalensis*] la dérange : elle a un comportement « paléoraciste » à son égard. Qu'il y ait eu deux espèces biologiquement différentes mais toutes deux complètement *sapiens* met son histoire par terre... »

De fait, pour quelques nostalgiques de l'Université française qui,

en bons héritiers de Lamarck, Bergson, Piveteau et consorts, placent l'homme au sommet de la création. Neandertal continue de passer pour un abruti de premier ordre : un fruste aux os épais qui courait après les lièvres en zigzag, se cognait la tête contre le plafond des grottes, ignorait la chasse et le langage. « Depuis leur découverte, ils en bavent, ces gars-là », plaisante Pascal Picq. « Or, Neandertal était un vrai « sage », doté d'un langage et d'un cerveau plus gros que le nôtre. Il était plus européen que nous : il a occupé le Vieux Continent pendant environ



■ ■ ■ 350 000 ans, alors que nous n'y sommes que depuis 40 000 ans. On ne peut décemment parler de "chaos" à son sujet.»

Autre flèche décochée par Picq :

## D'où part la "ligne droite" qui mènerait à l'homme ?

loin d'être l'espèce triomphante décrite par Anne Dambricourt-Malassé, *Homo sapiens sapiens* appartient à un groupe en voie d'extinction. En effet, il y a 20 millions d'années, d'après les fossiles, il existait au moins 20 primates supérieurs dépourvus de queue (hominoïdes) comme nous, et seulement 2 sortes de singes dotés d'un appendice caudal. Or, aujourd'hui, il ne reste que 5 hominoïdes (chimpanzé, gorille, orang-outan, gibbon et homme), contre une centaine d'espèces de singes. «Pas de quoi se vanter ! Un succès biologique ne se reconnaît-il pas au nombre d'espèces florissant au sein d'un même groupe ? Nous sommes en train de découvrir que l'âge d'or du nôtre remonte à 20 millions d'années !»

Enfin, dernier argument massue : il y a 3 millions d'années coexistaient deux ou trois espèces d'*Homo* et deux ou trois espèces d'australopithèques. Une floraison qui interdit d'affirmer que l'évolution de l'homme a été linéaire. «Où est le point de départ de la fameuse "ligne droite" qui mènerait à l'homme ? » demande Pascal Picq.

«Anne Dambricourt choisit les informations qui l'arrangent pour tracer sa "ligne droite" », renchérit Jean-Jacques Jaeger, un spé-

cialiste montpelliérain de l'évolution des mammifères, qui déplore, lui aussi, l'absence de protocole expérimental : «Le modèle d'Anne Dambricourt-Malassé s'appuie essentiellement sur des convictions intimes et non sur des données établies.»

La jeune femme s'est inspirée des travaux de Robert Gudin, un élève de Jean Piveteau qui, après sa thèse, en 1952, a «un peu disparu de la circulation», selon l'expression d'Yves Coppens. L'étudiant avait eu l'idée de relier, sur des coupes de crânes vus de profil, la base à la face par des droites formant un pantographe. Cette figure géométrique simple permettrait de voir, par exemple, que la "logique architecturale" serait plus contractée chez

*Homo sapiens sapiens* que chez le gorille ; autrement dit, que l'homme a la mâchoire inférieure plus en retrait que le singe, et le cerveau mieux enroulé.

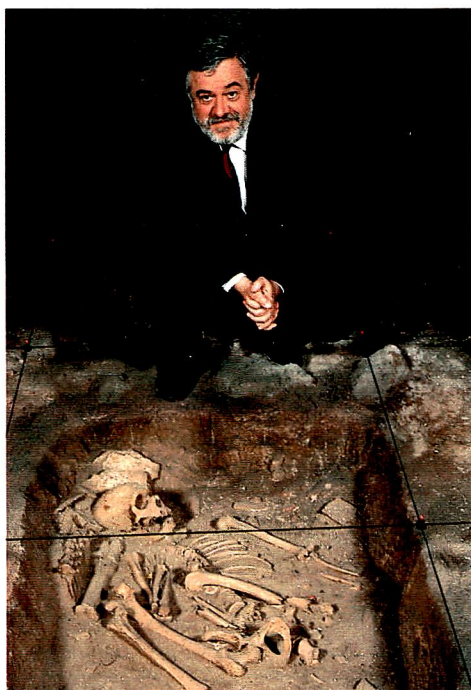
André Leroi-Gourhan, pape des fouilles préhistoriques, avait consacré sa thèse à ce sujet – voie vite abandonnée. Anne Dambricourt-Malassé a repris le flambeau. Selon elle, depuis les premiers primates, il s'est produit cinq contractions craniofaciales, et l'on serait à l'aube de la sixième. Ses études géométriques rappellent la phrénologie du XIX<sup>e</sup> siècle, qui, d'après la forme du crâne, déterminait les capacités intellectuelles des individus. Une discipline sans aucun fondement scientifique, totalement abandonnée.

«Même si, victimes d'un léger rétrécissement de la face, nous avons tendance à perdre notre sixième molaire, nos enfants et nos petits-enfants seront comme nous », assure Pascal Picq. Les orthodontistes ne voient qu'une population pathologique, guère représentative, et c'est une catastrophe quand ils se mettent à parler d'évolution.»

### QUERELLE TRÈS PARISIENNE

Enfin, qu'en est-il des publications – certificats de bonne conduite en matière de recherche ? Nulle trace d'articles signés Anne Dambricourt-Malassé dans les grandes revues de paléoanthropologie. «Sans aller jusqu'à *Nature* ou à *Science*, nous souhaiterions qu'elle publie ses cogitations dans

*Journal of Human Evolution*, dans *Anthropology* ou dans *American Journal of Physical Anthropology*, pour que nous puissions les réfuter », suggère Jaeger. «Encore une querelle très parisienne, conclut-il. La mémoire de l'eau, au moins, reposait sur une démarche expérimentale.» ■



ANDERSEN/GAMMA

## "East Side Story"

**Pour Yves Coppens, l'homme est apparu en Afrique de l'Est il y a 8 millions d'années, à la suite d'une modification de l'environnement. Si la forêt n'avait pas cédé la place à la savane, «notre crâne serait resté ce qu'il était». En d'autres termes, l'apparition de l'homme n'était pas "écrite"...**



# Grands ingénieurs



En 1948, l'ambition d'Alan Turing et de John von Neumann est de créer une machine qui fonctionne sur le modèle du cerveau humain. C'est dans ce contexte que naît la première machine à traiter universellement de l'information. Aujourd'hui, à peine cinquante ans plus tard, l'ordinateur fait partie intégrante de la vie moderne.

Les **CAHIERS DE SCIENCE & VIE** retracent pour vous le récit de cette grande innovation.

**DES HISTOIRES RICHES EN DECOUVERTES**

**EN VENTE PARTOUT**

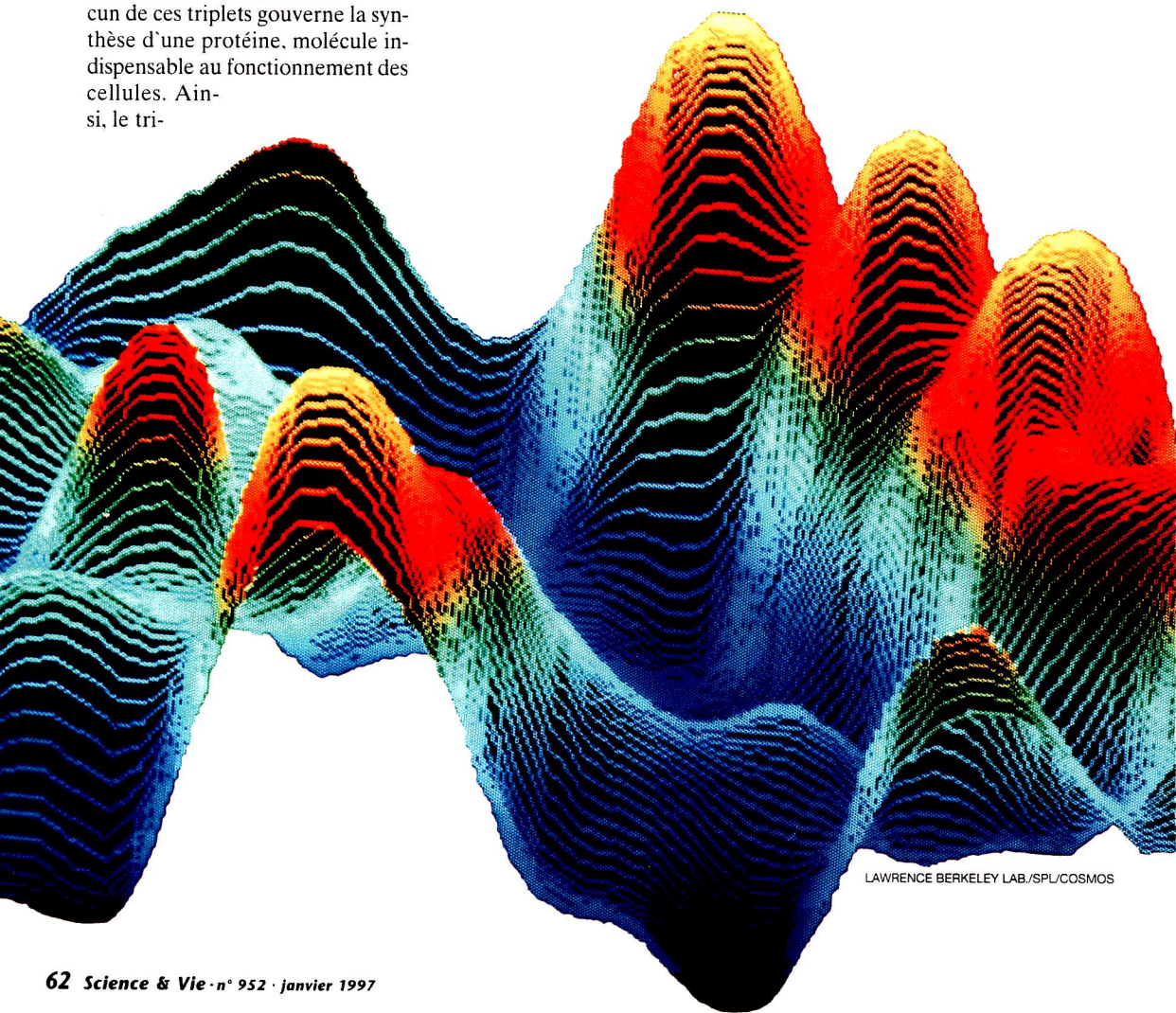


# La face cachée du génome

**L'**ADN (acide désoxyribonucléique) est le support moléculaire des gènes – donc de l'hérédité – chez les êtres vivants. Il est constitué par l'enchaînement des quatre "lettres de l'alphabet génétique" : l'adénine (A), la cytosine (C), la guanine (G) et la thymine (T). Ces quatre bases azotées s'assemblent trois par trois, et chacun de ces triplets gouverne la synthèse d'une protéine, molécule indispensable au fonctionnement des cellules. Ainsi, le tri-

■ 90 % de nos gènes ne gouvernent la synthèse d'aucune protéine. Mais ils ne sont pas pour autant inutiles. Détiennent-ils un second code génétique ?

PAR JEAN FERRARA



LAWRENCE BERKELEY LAB./SPL/COSMOS



plet ACT commande la synthèse de l'acide aminé thréonine. GTC, celle de l'acide aminé valine. TCC, celle de l'acide aminé sérine, etc.

Chaque triplet détient donc le "code de fabrication" d'un acide aminé : on l'appelle un "codon". Les différentes combinaisons en triplets des quatre bases peuvent former  $4 \times 4 \times 4 = 64$  codons. C'est plus qu'il n'en faut pour fabriquer les vingt acides aminés qui constituent les protéines.

## LA BACTÉRIE ET L'ÉLÉPHANT

Après la découverte de l'ADN et le déchiffrement de ses codons, il y a une quarantaine d'années, le principe fondamental de la biologie moléculaire semblait clair – "un gène = une protéine" – et valable pour tout organisme vivant. Le biologiste Jacques Monod, prix Nobel en 1965 pour ses travaux dans ce domaine, l'avait ciselé dans une formule célèbre : « Ce qui est vrai pour *Escherichia coli* [une bactérie commune du système digestif] est vrai pour l'éléphant. » En réalité, ce n'est pas si simple...

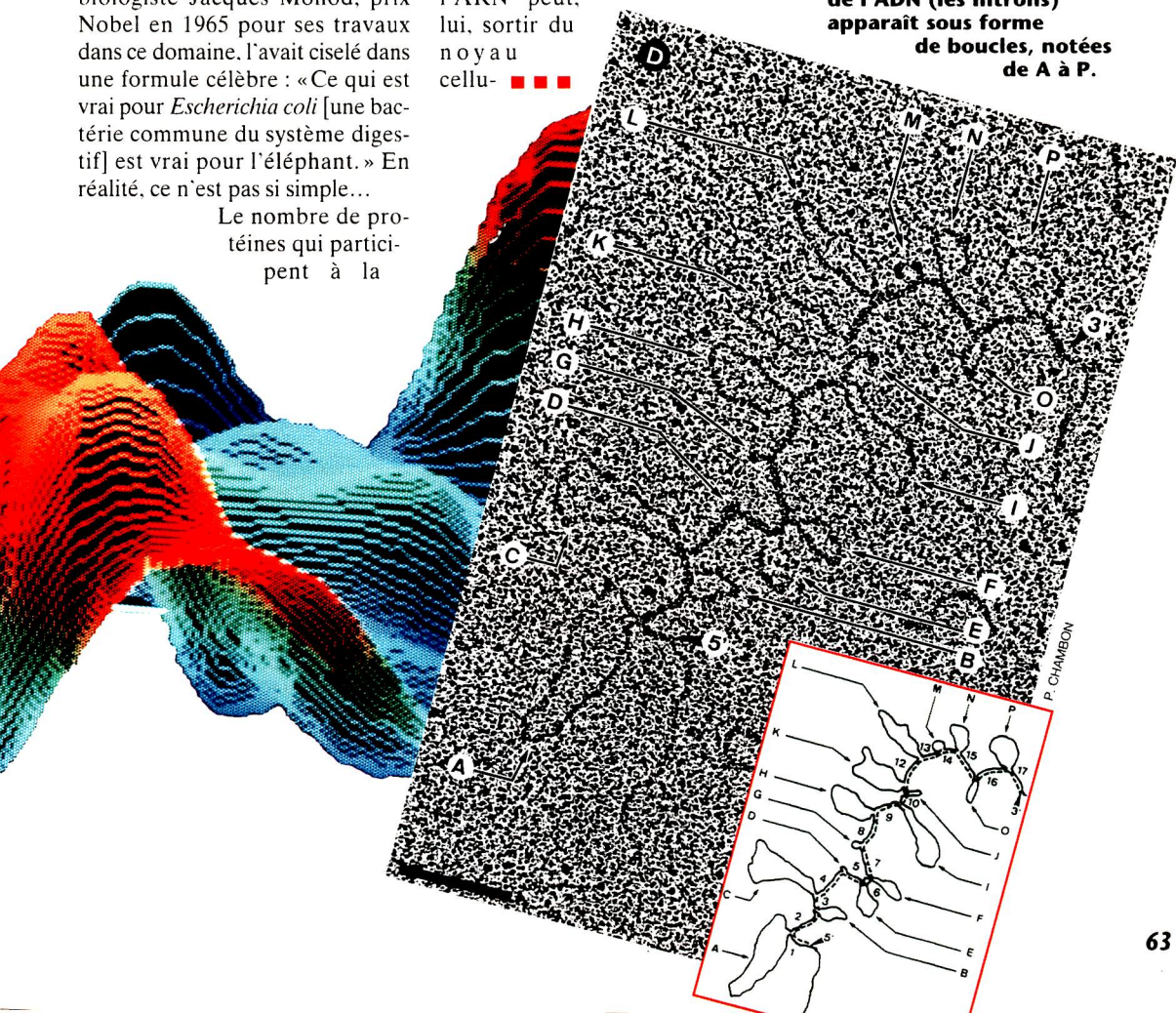
Le nombre de protéines qui participent à la

construction et au fonctionnement d'un organisme complexe est d'une centaine de milliers. Or, la quantité d'ADN contenue dans chaque cellule est largement supérieure à ce qui est nécessaire pour fabriquer les protéines. Il y en a dix fois plus ! Les biologistes américains Richard J. Roberts et Philip A. Sharp (prix Nobel 1993) ont montré que, chez les organismes supérieurs, 90 % environ de l'ADN ne sert pas à la synthèse de protéines. Ces gènes "de trop", qui ne s'expriment pas, sont-ils inutiles ? On l'a cru... mais on a changé d'avis.

L'ADN est conservé à l'intérieur du noyau cellulaire, dont il ne sort jamais. Il transmet son message par l'intermédiaire d'une autre molécule : l'ARN (acide ribonucléique). Sorte de copie de l'ADN, l'ARN peut, lui, sortir du noyau cellulaire.

## L'énigme des gènes "de trop"

Ces images d'une molécule d'ADN, support des gènes, ont été obtenues grâce à un microscope à effet tunnel. A quoi sert la partie "muette" de l'ADN (soit 90 % des gènes chez les organismes supérieurs), qui ne commande la fabrication d'aucune protéine ? Ces gènes "de trop" représenteraient une "banque" où l'organisme peut puiser pour fabriquer de nouveaux gènes. Ils auraient de plus une fonction de contrôle et de coordination des éléments codants de l'ADN (les exons). Sur le document ci-dessous, la partie non codante de l'ADN (les introns) apparaît sous forme de boucles, notées de A à P.



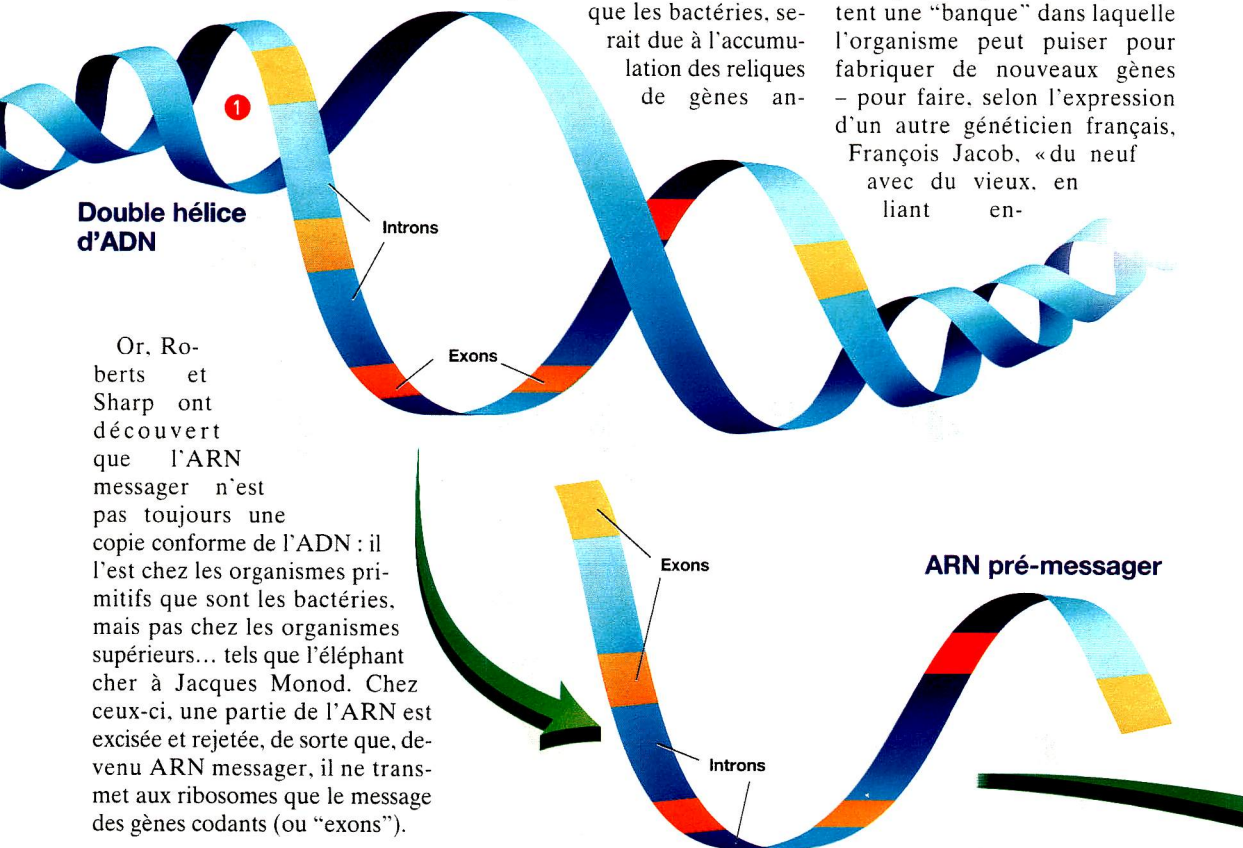


■ ■ ■ laire et ordonner aux ribosomes ("usines" de fabrication des protéines, qui se trouvent dans le corps de la cellule) de produire telle ou telle protéine. Cet ARN, appelé ARN messager, est donc l'intermédiaire entre le noyau et le reste de la cellule.

n'a-t-elle pas expurgé une fois pour toutes le noyau cellulaire de ces pique-assiettes?

Pour certains chercheurs, la présence des introns chez les organismes supérieurs, qui ont évolué au fil de millions d'années à partir d'organismes unicellulaires tels que les bactéries, serait due à l'accumulation des reliques de gènes an-

ciens, devenus inutiles. Mais cette explication, pense-t-on aujourd'hui, est trop simpliste. Non seulement elle minimise la capacité de la cellule à se débarrasser d'éléments périmés, mais elle ne tient pas compte du rôle que les introns peuvent jouer. Ils représentent une "banque" dans laquelle l'organisme peut puiser pour fabriquer de nouveaux gènes – pour faire, selon l'expression d'un autre généticien français, François Jacob, «du neuf avec du vieux, en liant en-



## DU NEUF AVEC DU VIEUX

Lorsqu'on a découvert que les gènes non codants (ou "introns"), présumés inutiles, étaient chez les organismes supérieurs environ dix fois plus nombreux que les exons, biologistes et généticiens n'ont pas caché leur perplexité. Pourquoi la nature, par essence économe, gaspillerait-elle de l'énergie pour reproduire, de génération en génération, une telle quantité de "gènes parasites" ? Pourquoi, alors qu'elle a inventé des enzymes pour se débarrasser des introns au moment de l'activation des gènes,

## Comment le gène délivre son message

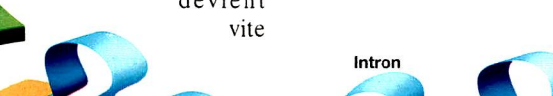
Sur le ruban d'ADN ① qui constitue le gène, les segments portant le message héréditaire (les exons) sont séparés par des portions non codantes apparemment dépourvues de sens, les introns. Le gène transmet son message par l'intermédiaire d'une molécule d'ARN, sorte de copie de l'ADN ②. Des boucles d'introns se forment sur l'ARN. Les exons porteurs d'informations sont reliés bout à bout (épissage), tandis que les introns sont rejetés (excision) ③. L'ARN messager obtenu n'est donc composé que des copies des exons. Quittant le noyau de la cellule, l'ARN messager peut alors commander la synthèse des protéines ④.



En outre, les introns pourraient avoir une fonction de contrôle et de coordination dans l'expression des exons. Un fragment d'ADN "inutile" semble avoir une influence sur la position d'un autre fragment, situé à une grande distance sur la longue molécule d'ADN.

**UN PAS EN AVANT,  
UN PAS EN ARRIÈRE...**

chaotiques, et il devient vite impossible de prévoir le devenir de l'ensemble.



The diagram illustrates a protein structure as a blue ribbon with orange segments. One orange segment is labeled 'Exon', and a gap in the ribbon is labeled 'Intron'. A green arrow points from the left towards the structure. At the bottom, there is a red circle containing the number '3'.

étudié les propriétés fractales de systèmes biologiques tels que le rythme cardiaque et le processus de formation de l'embryon.

Cherchant dans les gènes une propriété fractale, ils imaginèrent une "promenade sur l'ADN", soumise à certaines règles permettant de repérer sur cette molécule, composée de 3 milliards de séquences de base, un ordre caché.

Le protocole est simple. Les quatre bases de l'ADN dérivent soit de la purine (constituant de l'adénine et la guanine), soit de la pyrimidine (thymine et cytosine). Les chercheurs imposeront au "promeneur" une règle simple : s'il avance de  $x$  bases sur la molécule d'ADN et tombe sur une pyrimidine (T ou C), il fait un pas en avant; s'il tombe sur une purine (A ou G), il fait un pas en arrière.

Si les purines et les pyrimidines étaient disposées au hasard, sans aucune corrélation, le promeneur effectuerait l'équivalent d'un mouvement brownien (désordonné), et, après avoir fait quelques milliers de pas, il devrait se retrouver à peu près à l'endroit d'où il est parti. Mais, s'il existait des corrélations à grande échelle, le promeneur se retrouverait loin de son point de départ.

Lors de leurs premières simulations, sur des séquences d'ADN de

virus, de bactéries et de mammifères, les chercheurs bostoniens constatèrent que les degrés de corrélation entre les positions des purines et celles des pyrimidines restaient semblables lors de "marches" sur des distances de 1 000, 10 000 ou 100 000 positions. Une telle similitude, indépendante de l'échelle, correspond tout à fait à la géométrie fractale, dans laquelle des structures semblables réapparaissent à diverses échelles. Elle reflète un déterminisme enco-

# Pourquoi la nature tolère-t-elle ces parasites ?

re inexplicable, selon lequel une base quelconque, disons A, occupant une certaine position sur la molécule d'ADN, déterminerait qu'une autre base, C, doit se trouver à une distance de 8769, ou 11 203, ou tout autre nombre de nucléotides.

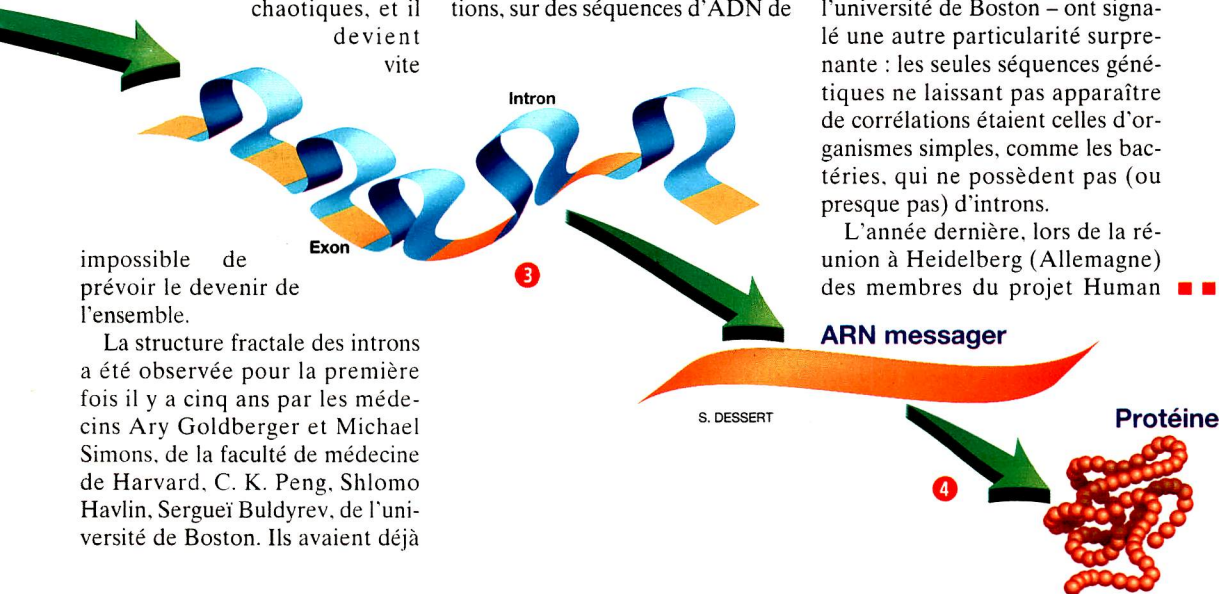
Par la suite, deux des chercheurs ayant lancé la première étude – Ary Goldberger, cardiologue à l'hôpital Beth Israel de Boston, et H. Eugene Stanley, de l'université de Boston – ont signalé une autre particularité surprenante : les seules séquences génétiques ne laissant pas apparaître de corrélations étaient celles d'organismes simples, comme les bactéries, qui ne possèdent pas (ou presque pas) d'introns.

L'année dernière, lors de la réunion à Heidelberg (Allemagne) des membres du projet Human ■ ■ ■

## ARN messenger

S. DESSERT

## Protéine





■ ■ ■ Genome Organization (HUGO) de déchiffrement du génome humain, la communication du Dr Goldberger était très attendue. Depuis ses premiers travaux, l'existence de la

## Le rôle exact des introns reste à déchiffrer

corrélation fractale a été vérifiée par plusieurs chercheurs, sans qu'on puisse l'expliquer. Goldberger a confirmé que les corrélations

prenant l'image d'un bouton de poste de radio que l'on tourne lentement : lorsqu'on tombe sur une émission intelligible – comparable à l'ADN codant –, on perd la corrélation fractale. En revanche, le bruit inintelligible entre deux émissions – comparable à l'ADN non codant – possède la propriété fractale.

Cette découverte est paradoxale. On aurait pu s'attendre à une plus grande cohérence dans l'ADN codant que dans l'ADN non codant. Dans la nature, fait remarquer le Dr Goldberger, le comportement chaotique n'est pas une anomalie. Directeur du laboratoire

les artères et les compartiments cardiaques, accompagnés du bruit des valves qui s'ouvrent et se ferment, sous la direction de l'activité électrique autonome du cœur.

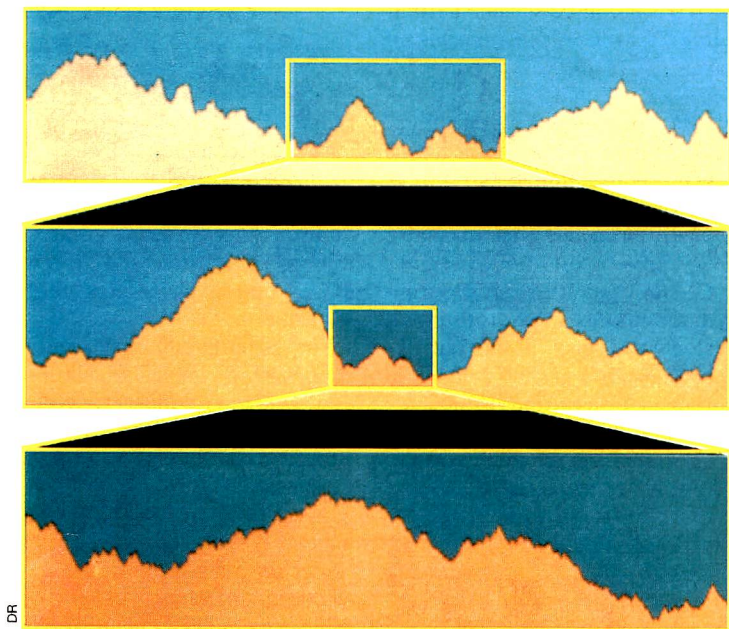
Cette coordination disparaît lors de la fibrillation cardiaque, caractérisée par des contractions rapides et désordonnées : même si certaines parties du cœur semblent bien fonctionner, l'ensemble se dérègle (1).

On pourrait penser que la fibrillation est un phénomène chaotique. Mais, justement, c'est le battement cardiaque sain qui l'est. Golberger et ses collègues ont montré que le rythme cardiaque normal, loin d'être régulier comme celui d'un métronome, présente des fluctuations complexes et imprévisibles qui répondent aux critères de la géométrie fractale, associant déterminisme et imprévisibilité : elles ne se produisent pas complètement au hasard, mais sont causées par plusieurs facteurs qui peuvent s'amplifier l'un l'autre, de sorte qu'il devient impossible de prévoir leur évolution.

### UNE "INJURE" DÉPLACÉE...

Qu'en est-il de l'ADN non codant ? Les généticiens jugent malheureux le terme d'"ADN de pacoille" ("*junk DNA*") qui lui a été attribué peu après sa découverte, car une partie au moins de cet ADN joue un rôle de coordination et d'organisation. Personne n'a encore expliqué pourquoi il a un comportement fractal, mais cette propriété semble aujourd'hui indéniable. Peut-être est-elle le signe de l'existence d'une organisation cachée, d'un système de contrôle, voire d'un second code, plus mystérieux et plus complexe que celui de la traduction des triplets en protéines, et qui reposerait sur les principes du chaos déterministe. Il reste à déchiffrer. ■

(1) La fibrillation peut être traitée par un choc électrique administré par un défibrillateur.



## Sous le chaos, l'ordre caché

Ces trois "paysages" sont le reflet des corrélations existant entre les positions des bases de l'ADN non codant (introns). On retrouve les mêmes formes à différentes échelles : cette propriété d'"autosimilarité" relève de la géométrie fractale. Les chercheurs voient dans le comportement fractal des introns la preuve de l'existence d'un ordre caché. Ce qui plaide en faveur de l'utilité des gènes non codants.

les plus fortes et à plus longue distance se trouvent dans l'ADN non codant (les introns). « L'ADN codant (les exons) ne possède pas ces corrélations », a-t-il déclaré,

des arythmies cardiaques de l'hôpital Beth Israel, il a maintes fois écouté et analysé les bruits complexes mais coordonnés résultant du passage du sang dans les veines,



# Un tirage **LIMITÉ** pour une réédition originale d'une valeur **ILLIMITÉE...**

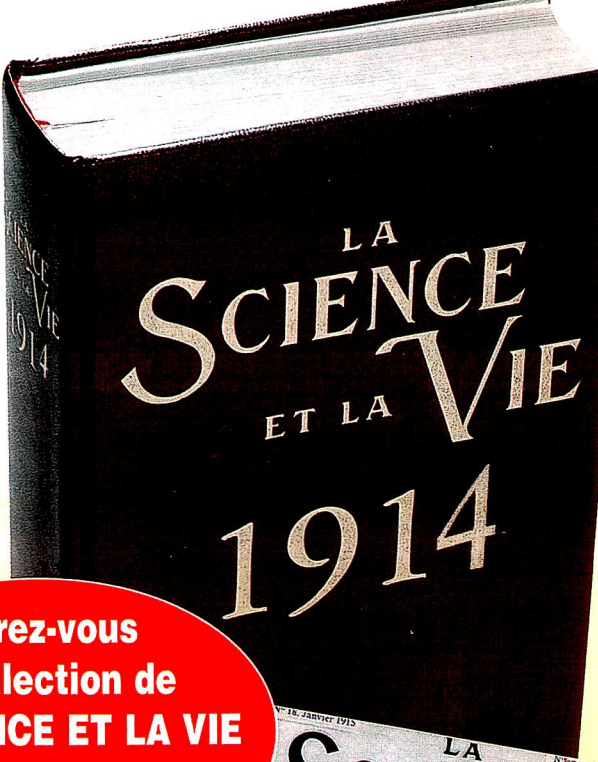
Revivez en direct tous les événements - débats et polémiques - qui ont marqué l'année 1914. Pour vous, **SCIENCE & VIE** réédite, en tirage limité, la collection des neuf numéros de **LA SCIENCE ET LA VIE** parus en 1914. Découvrez cette période qui marque notre mémoire et celle de la France à tout jamais ; vous serez surpris par l'actualité de certains sujets ! Témoignage historique mais aussi valeur sentimentale, cette remarquable collection vous fait remonter le temps. Alors chez vous, pour vous, réservez un emplacement de choix à ce document aussi rare qu'intelligent. Souscrivez à la collection complète de l'année 1914 de **LA SCIENCE & LA VIE** au prix extraordinaire de **373 francs** seulement. Vous recevrez personnellement votre volume relié comprenant ces neuf numéros d'exception.

**Offrez-vous la collection de LA SCIENCE ET LA VIE avec toute l'année 1914**



**VOLUME INTROUVABLE DANS LE COMMERCE**

PHOTOS NON CONTRACTUELLES



## **BON DE COMMANDE**

à retourner accompagné de votre règlement sous enveloppe affranchie à Science & Vie Service VPC - I, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15

**OUI** je commande la réédition originale et limitée en un volume relié façon cuir des 9 numéros de **LA SCIENCE ET LA VIE** parus en 1914 au prix de **373 francs** (dont TVA à 5,5 %) + 26 francs de port soit **399 francs TTC \***

- ☐ Je joins mon règlement de **399 francs** à l'ordre de Science & Vie.
- ☐ J'ai bien noté que je recevrai le (ou les) volume (s) commandé (s), directement à mon domicile.

\* Prix unitaire pour la France métropolitaine.

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

Offre valable jusqu'à fin 97

En application de l'article L 27 de la loi du 6/01/1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et sont exclusivement communiquées au destinataire la traitant. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès d'Excelsior. Vous pouvez vous opposer à ce que vos nom et adresse soient communiqués ultérieurement.



# Faut-il croire ce que

■ Abraham et les patriarches, Moïse, Josué et David ont-ils existé? L'Ancien Testament peut-il être tenu, aussi, pour un livre véridique? L'archéologie commence à apporter des réponses précises à ces questions, jetant un pont entre le mythe et l'histoire.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

**L**a science éclaire d'un jour nouveau le Livre qui est le fondement des grandes religions monothéistes et l'une des sources de la civilisation occidentale. Bien que les recherches en archéologie, en paléographie, en géologie, en génétique même, contredisent certains textes bibliques, il y a bien des raisons de penser que l'Ancien Testament comprend des éléments historiques, transformés sans doute lors de sa transmission orale et de ses réécritures. La Bible peut servir de guide aux archéologues et aux historiens, comme l'Iliade guida l'Allemand Heinrich Schliemann vers le site de l'antique Troie et vers l'acropole des Atrides à Mycènes.

On estime mythiques les onze premiers chapitres de la Genèse – premier livre de la Bible –, qui racontent la création du monde et de l'homme, le déluge, la tour de Babel et la cacophonie des langues; ils auraient été inspirés par des légendes de Mésopotamie, de Babylone et de Canaan.

Qu'en est-il des personnages bibliques qui ont précédé Moïse? Les patriarches – Abraham, Isaac, Jacob et Joseph – ont-ils vraiment existé, entre 2000 et 1500 av. J.-C.? Joseph, vendu par ses frères à des caravaniers, esclave en Egypte, est-il devenu premier ministre du pharaon?

Selon la Genèse, Abraham émigra d'Our (ou Ur), cité sumérienne à l'embouchure de l'Euphrate, au pays de Canaan, entre le Jourdain et la Méditerranée. Abraham était hébreu, terme dont l'origine est discutée: pour certains, il vient d'Eber, un descendant de Sem, l'un des trois fils de Noé; pour d'autres, il dérive de Hapirou, ou Habirou, "les errants", terme qu'on retrouve dans des inscriptions égyptiennes du XIII<sup>e</sup> et du XII<sup>e</sup> siècle av. J.-C.

Fondée au IV<sup>e</sup> millénaire, Our était le centre d'une civilisation développée. Au XVIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère, Abraham et les siens quittèrent cette cité et parcoururent plus de 2 000 km, jusqu'en Palestine. « Ils se mirent en route vers le pays de Canaan et ils y arrivèrent » (Genèse XII, 5).

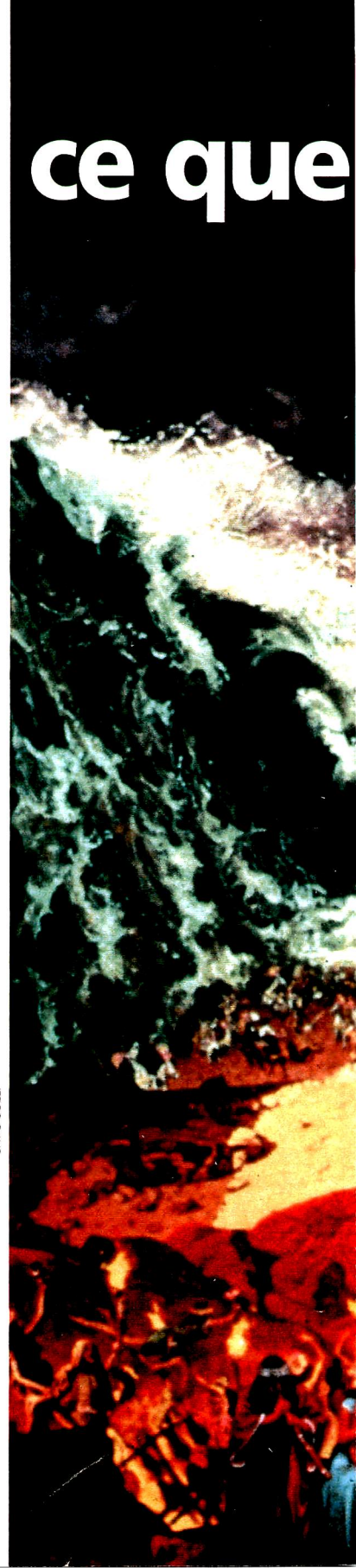
On retrouve dans l'histoire la



## La colère de Moïse

**Descendu du mont Sinaï, Moïse, irrité par l'idolâtrie de son peuple, brise les Tables de la Loi (ici, dans les Dix Commandements de Cecil B. de Mille). Les archéologues israéliens n'ont trouvé aucune trace du séjour des Hébreux dans le désert du Sinaï.**

CAT'S COLL.





**dit la**

**Bible?**





■ ■ ■ trace de ces nomades, parfois regardés avec méfiance. Un texte en sumérien datant du début du II<sup>e</sup> millénaire mentionne des nomades qui « occupent la steppe, ignorent céréales, maisons et cités, mangeurs de viande crue, inéducables, ingouvernables et qui ne sont même pas ensevelis selon les rites ».

## La génétique confirme la parenté des Juifs et des Arabes

Le pays de Canaan était occupé, depuis le III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., par des Sémites, descendants de Sem. Une famine incita Abraham à continuer jusqu'en Egypte. Enrichi, il revint au pays de Canaan, où il acquit, à Hébron, la grotte de Makpela, dont il fit le tombeau familial, le fameux tombeau des Patriarches, jamais retrouvé.

Restée sans enfant pendant de longues années, Sara, l'épouse d'Abraham, le poussa à s'unir avec sa servante, Agar, qui lui donna un fils, Ismaël. Plus tard, Abraham, âgé de 100 ans, et Sara de 90, eurent un fils, Isaac, le promis de Dieu. Selon la tradition, Isaac est l'ancêtre des douze tribus du peuple juif, tandis qu'Ismaël est celui des douze tribus arabes du désert.

### LE PRIX DES ESCLAVES EN PLEINE INFLATION...

Arabes et Juifs seraient donc issus de demi-frères, tous les deux, bien sûr, sémites. Une étude génétique, réalisée voilà cinq ans par le Pr Gérard Lucotte, de l'Institut international d'anthropologie (Paris), confirme cette origine commune. Lucotte avait analysé des marqueurs inscrits dans l'ADN du chromosome Y (qui caractérise le sexe masculin) de centaines d'Européens, de Juifs et d'Arabes du Proche-Orient. Il constata que deux marqueurs (haplotypes, ou variantes de séquences de base), numérotés 7 et 8, sont en-

viron dix fois plus fréquents chez les Juifs que chez les Européens non juifs. Or, ces marqueurs sont également prédominants chez les Arabes. Cette étude génétique, certes, ne confirme pas le récit biblique, mais du moins s'accorde avec lui.

Les études linguistiques en font autant. Les langues dites sémitiques constituent le groupe le plus important de la famille chamito-sémitique (de Cham, un autre fils de Noé), dite aussi afro-asiatique. Alors que les autres groupes de cette famille se sont éteints (égyptien), ou sont en recul (berbère), ou encore survivent dans de petites communautés (cou-

## Le choix d'Abraham

**Abraham chasse sa servante Agar et son fils Ismaël. Ce dernier donnera naissance au peuple arabe, alors que son demi-frère, Isaac, est l'ancêtre des douze tribus d'Israël.**

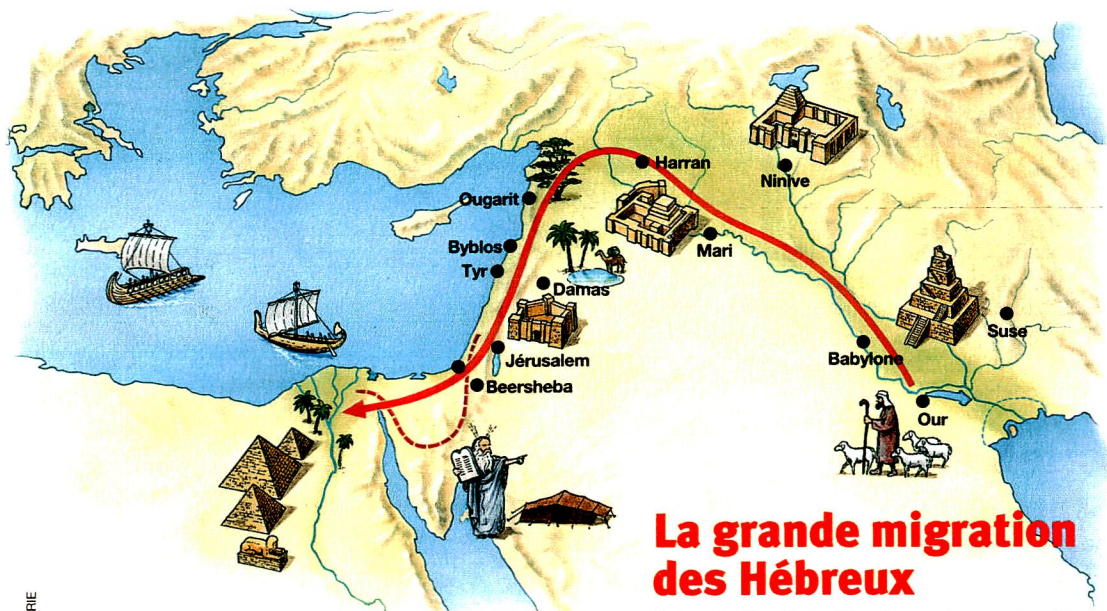
chitique, tchadin), le groupe sémitique s'est répandu du Moyen-Orient à l'Afrique du Nord.

Toujours selon la tradition, une famine poussa les douze tribus d'Israël à émigrer en Egypte, où elles connurent un sort heureux pendant

AGAR CHASSÉE PAR ABRAHAM PAR VERNET/GIRAUDON







## La grande migration des Hébreux

Selon la Genèse, Abraham et son peuple quittèrent la cité sumérienne d'Our pour gagner le pays de Canaan. Ce périple de plus de 2 000 km leur fit traverser tout le Proche-Orient. Poussés par la famine, ils poursuivirent jusqu'en Egypte, avant de revenir en Palestine. Cette émigration aurait eu lieu au XVIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère.

deux ou trois siècles, puis y furent réduites en esclavage, ou du moins astreintes à entreprendre, comme les autres sujets du pharaon, des besognes peu familières aux nomades des champs» (Exode I, 13-14).

L'égyptologue Kenneth Kitchen, de l'université de Liverpool, a étudié la plausibilité des migrations des patriarches. Il compare, à diverses époques, le prix des esclaves mentionné dans la Bible, avec celui d'autres documents de la région. Ainsi, Joseph, jeté par ses frères dans une citerne, en fut retiré par des marchands madianites (peuple nomade de l'Arabie du nord). «Ils vendirent Joseph aux Israélites pour 20 sicles d'argent, et ceux-ci le conduisirent en Egypte» (Genèse XXXVII, 28). Le sicle était un poids d'une dizaine de grammes et une monnaie d'argent largement employée au Proche-Orient (il a donné son nom au shekel, l'unité monétaire israélienne). Des documents historiques des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles av. J.-C., tels que le Code d'Hammourabi (sixième roi de la première dynastie de Babylone, 1792-1750 av. J.-C.) et

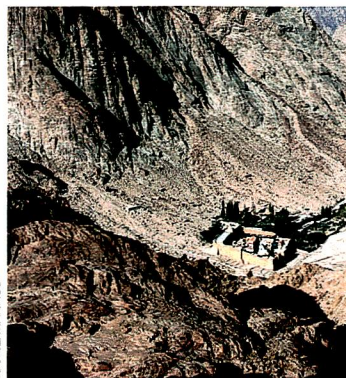
les Archives royales de Mari (cité-Etat de Mésopotamie), mentionnent justement que le prix d'un esclave était de 20 sicles.

Plus tard, lorsque Moïse donne à son peuple les lois auxquelles ils devront se conformer dans la Terre promise, l'une de ces lois prescrit que, «si c'est un esclave ou une servante que le bœuf encorne, son pro-

priété sera le prix – 30 sicles – à leur maître, et le bœuf sera lapidé» (Exode XXI, 32). Des documents de Nouzi (Mésopotamie) et d'Ougarit (côte syrienne actuelle) montrent eux aussi que le prix des esclaves a... augmenté et qu'il est passé à 30 sicles. L'inflation se poursuit : au V<sup>e</sup> siècle av. J.-C., dans l'Empire perse, un esclave vaut de 90 à 120 sicles.

L'argumentation de Kenneth Kitchen est la suivante : si, comme le pensent nombre d'archéologues et d'épigraphistes, les premières versions écrites de la Bible datent "seulement" du VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C., pourquoi les scribes n'auraient-ils pas indiqué le prix en vigueur à leur époque, à savoir une centaine de sicles ? La concordance des prix cités avec les prix pratiqués tout au long d'un millénaire plaide plutôt en faveur de l'authenticité des récits bibliques.

Kitchen compare également les traités de la région, avec ceux de la Bible, et constate que leur forme et leur structure évoluent dans le temps de la même façon. Il trouve ■ ■ ■



## Sur la montagne sacrée

**Le monastère Sainte-Catherine dans la péninsule du Sinaï. D'après la tradition chrétienne, c'est à cet endroit que Moïse reçut de Dieu le Décalogue.**



■ ■ ■ une concordance similaire dans la législation de l'héritage : à l'époque des patriarches, il n'est prescrit, ni dans la Bible, ni dans le code d'Hammourabi, ni dans le code du roi sumérien Lipit-Ishtar, que l'aîné doive recevoir une part d'héritage plus importante que les autres fils. A l'époque de l'Exode (XIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère), la loi attribue à l'aîné "double part", «car ce fils, pré-

## Moïse s'est-il inspiré du monothéisme d'Akhenaton?

mices de sa vigueur, détient le droit d'aînesse» (Deutéronome, XXI, 17). A la même époque, les lois de Mari et de Nouzi attribuent également une double part à l'aîné. Coïncidence? C'est l'opinion des sceptiques endurcis, qui refusent de reconnaître tout fondement historique au "mythe" biblique.

Coïncidence également, le fait que, moins d'un siècle avant l'Exode, Akhenaton imposa à l'Égypte une religion monothéiste?

Ce pharaon abolit le culte d'Amon auquel il substitua celui d'Aton, symbolisé par le disque solaire. Le jeune Moïse fut-il témoin de cette révolution religieuse pendant le séjour des Israélites en Égypte? S'en inspira-t-il?

Pour autant que Moïse ait existé... Car on ne trouve aucune mention, ailleurs que dans la Bible, ni de Moïse, ni de l'esclavage des Hébreux en Égypte, ni de l'Exode, que la quasi-totalité des archéologues situent pendant le long règne de Ramsès II (vers 1279-1213 av. J.-C.). Aucun des événements relatés par l'Ancien Testament – qui auraient pourtant ébranlé la terre des pharaons – ne se trouve dans les écrits égyptiens : ni les eaux du fleuve changées en sang, ni les taons et les moustiques qui envahirent le pays, ni la mort des premiers-nés, hommes et bêtes, ni la destruction de la puissante armée du souverain, lancée à la poursuite des Juifs et noyée dans les eaux d'une "mer" (mer de Suph, mer des Roseaux?) dont la localisation reste incertaine.

L'archéologue britannique Kent R. Weeks, qui dirige actuellement, dans la vallée des Rois, les fouilles du gigantesque



## La domination de Pharaon

**Le pharaon Ramsès II.**  
On suppose que c'est sous son règne que les Hébreux s'enfuirent d'Égypte, où ils étaient esclaves. Mais il n'y a aucune mention de l'Exode dans les écrits égyptiens.

tombeau souterrain des cinquante fils de Ramsès II, ne croit pas qu'on y découvrira quoi que ce soit qui puisse confirmer cet épisode. «Il y avait peut-être des Israélites en Égypte, mais je doute sincèrement que l'Exode soit un compte rendu exact. J'espère bien qu'il ne l'est pas, ajoute-t-il avec humour, avec toutes ces histoires de l'Eternel qui frappe les premiers-nés et transforme le Nil en fleuve de sang!»

Aucune trace non plus des quarante années d'errance de Moïse et de son peuple dans le désert du Sinaï, bien que les archéologues israé-



## La rencontre des mythes

**Le héros légendaire mésopotamien Gilgamesh (entre deux demi-dieux).** A l'instar de la Bible, son Épopée raconte une création du monde et un déluge. On estime que les onze premiers chapitres de la Genèse en sont inspirés.



liens y aient mené de nombreuses recherches pendant l'occupation de la péninsule, de 1967 à 1982, et qu'ils y aient découvert des objets datant de l'âge de pierre.

C'est sur le mont Sinaï que Dieu donna à Moïse les dix commandements, gravés sur les Tables de la Loi, et signa le pacte d'alliance avec les Hébreux. Depuis le IV<sup>e</sup> siècle de notre ère, la tradition chrétienne place le mont dans le sud de la péninsule, au djebel Moussa (2 245 m), mais d'autres exégètes le situent en Arabie, où des volcans étaient encore en activité («or, la montagne du Sinaï était toute fumante», Exode XIX, 18) ou encore dans le sud de la Palestine.

### ON CHERCHE TOUJOURS L'ARCHE D'ALLIANCE

L'Alliance fut placée dans l'Arche, décrite avec précision : elle était en bois d'acacia recouvert d'or, surmontée de deux chérubins d'or. Elle mesurait «deux coudées et demie de long, une coudée et demie de large et autant de haut» (Exode XXXVII, 1), soit environ 1,20 m de long, 70 cm de large et autant de haut. Il va sans dire que l'Arche est le Graal des archéologues bibliques. On ne l'a jamais retrouvée...

Après la mort de Moïse, les Hébreux, conduits par Josué, pénétrèrent enfin en Terre promise. Cette conquête se situerait aux alentours de 1220-1200 av. J.-C. Les Israélites, s'étant emparé de Jéricho, «vouèrent à l'anathème tout ce qui se trouvait dans la ville, hommes et femmes, jeunes et vieux, jusqu'aux taureaux, aux moutons et aux ânes, les passant au fil de l'épée» (Josué VI, 21).

Exagération toute biblique ? Les plus récentes découvertes semblent indiquer que la conquête du pays de Canaan fut plutôt graduelle et paisible. L'archéologue britannique Kathleen Kenyon, au bout de six



## Le tombeau des tombeaux

**Le tombeau des Patriarches à Hébron, en Israël. Sacré pour les juifs comme pour les musulmans, ce lieu de culte a été édifié à l'emplacement de la grotte de Makpela dont, selon la Genèse, Abraham fit le tombeau familial. Il y serait enterré, ainsi que son fils Isaac et son petit-fils Jacob.**

années de fouilles à Jéricho, n'y a décelé aucune trace de destruction violente. L'Israélien Magen Broshi, curateur des manuscrits de la mer Morte, pense que Jéricho et d'autres villes palestiniennes, ainsi que les collines de Judée et de Samarie étaient quasiment désertes depuis le XV<sup>e</sup> siècle avant notre ère. Israël Finkelstein, de l'université de Tel Aviv, suggère que plusieurs peuplades, y compris les Israélites venus d'Égypte, se seraient établies en Terre promise. En tout cas, pour cette époque du XIII<sup>e</sup> siècle, on n'a encore trouvé aucune mention d'Israël, ni de Josué, en dehors des écrits bibliques.

Le premier document connu mentionnant Israël est la stèle, découverte à Thèbes, du pharaon Minneptah, fils de Ramsès II, qui régna de 1213 à 1204 av. J.-C. Ce monolithe en granit comprend un texte en hiéroglyphes qui raconte la campagne de Minneptah en terre de Canaan, où il défait le peuple d'Israël. Cette défaite n'est pas mentionnée dans la Bible : peut-être pour la même raison qui veut que la défaite de l'armée de Ramsès II n'est pas gravée dans la pierre en Égypte : on préfère conserver pour la postérité la mémoire des victoires plutôt que celle des défaites.

L'histoire coïncide encore plus avec la Bible quand apparaissent les Philistins, l'un des «peuples de la mer», sans doute des Mycéniens ou des Crétois, qui tentèrent d'envahir l'Égypte vers 1180 av. J.-C., furent repoussés par Ramsès III, débarquèrent sur la côte palestinienne et conquièrent au moins une partie de la Judée. «Les Israélites recommencèrent à faire ce qui est mal aux yeux de Yahvé, et Yahvé les livra aux mains des Philistins pendant quarante ans» (Juges XIII, 1).

David, vainqueur de Goliath, est indubitablement un personnage historique. Aux alentours de l'an 1000 av. J.-C., ce jeune berger (un rouquin de belle apparence, précise la Bible) accepte le défi de Goliath, champion des Philistins, et le tue d'une pierre lancée par sa fronde. Devenu roi de Juda, puis d'Israël, il régnera pendant une quarantaine d'années. Il conquiert Jérusalem, tenue par les Jébuséens, défait les Philistins, les Moabites, les Araméens de Damas, les Edomites, rassemble les tribus d'Israël : il est le véritable fondateur du royaume d'Israël, ayant Jérusalem pour capitale.

Une stèle moabite en basalte fut trouvée en 1868 à Dibon, à l'est de la mer Morte (elle se trouve au- ■ ■ ■



■ ■ ■ jour d'hui au Louvre). Rédigée en moabite, elle mentionne la victoire sur les Israélites du roi Mesha, qui, lui, est plusieurs fois mentionné dans la Bible.

André Lemaire, professeur au Collège de France, a reconstitué sur la stèle les mots "Maison de David". Deux chercheurs israéliens, Avraham Biran et Joseph Naveth, ont déchiffré une inscription en araméen à peu près de la même époque, découverte à Tel Dan, au nord du lac de Tibériade, mentionnant aussi la "Maison de David". Les sceptiques ne peuvent guère nier l'existence de David.



VALENTIN DE BOULOGNE/GIRAUDON

## L'empire de Salomon

**Le jugement de Salomon. Le règne du fils de David marque l'apogée du royaume d'Israël. Salomon construisit le temple de Jérusalem, dont il ne reste que le mur des Lamentations.**

Il séduisit Bethsabée, la femme d'un mercenaire hittite qu'il envoya se faire tuer à la guerre, et l'épousa. Elle lui donna un premier fils, qui mourut, puis un second, Shlomo (Salomon), qui devint roi d'Israël vers 970 av. J.-C. Salomon construisit le temple de Jérusalem et édifia un véritable empire. Il lança des expéditions maritimes, établit des réseaux commerciaux, domina les routes caravanières.

Sa rencontre avec la reine de Saba est mentionnée par plusieurs sources. Elle ne régnait sans doute pas sur le pays de Saba, au sud-ouest de l'Arabie (Yémen), mais sur une colonie sabéenne en Arabie du Nord. Selon la tradition éthiopienne, la reine de Saba, nommée Makeda,

eut de Salomon un fils, Ménélik, fondateur de la dynastie royale d'Éthiopie.

À la mort de Salomon, en 931 av. J.-C., les impôts sont lourds, les mécontents nombreux. Sous le règne de son fils Roboam (931-913 av. J.-C.), l'empire périclité. Les tribus du nord font sécession et forment le royaume d'Israël, tandis que les descendants du grand roi ne conservent que le royaume de Juda, au sud. Les voisins profitent de cette faiblesse : dès - 920, le pharaon Shéshonq I<sup>er</sup> envahit la Palesti-

ne. « Il se fit livrer les trésors du temple de Yahvé et ceux du palais royal » (Rois I, XIV, 25-26).

## C'EST A BABYLONE QUE LA BIBLE PREND FORME

Guerres et escarmouches se succèdent pendant trois siècles. Le prophète Jérémie, né en Judée au VII<sup>e</sup> siècle avant notre ère, se lamente sur le sort de Jérusalem et des Israélites. Son secrétaire, Baruch, enregistre ses prophéties; Nahman Avigad, de l'université hébraïque de Jérusalem, a récemment identifié son nom sur un sceau en argile.

En - 597, Nabuchodonosor II, roi de Babylone, prend Jérusalem. En - 587, il détruit la ville et le temple, annexe le royaume et déporte la population. À Babylone, les Juifs en exil recensent les traditions orales et écrites, mettent en ordre les textes existants et entreprennent la rédaction de la Bible. ■

## La preuve de l'existence de David

**La stèle de Mesha (au Louvre). Sur la pierre funéraire de ce roi moabite, André Lemaire, professeur au Collège de France, a déchiffré l'inscription "Maison de David".**

GIRAUDON



Les citations bibliques sont tirées de la *Bible de Jérusalem*, traduite en français sous la direction de l'Ecole biblique de Jérusalem et publiée en 1981 par les éditions du Cerf.



**LE  
POINT  
SUR**

# La révolution textile

■ L'avenir de l'industrie textile se joue dans les laboratoires. D'extraordinaires microfibres ultra-légères (10 km de fil pèsent 1 gramme !) permettent de fabriquer des vêtements confortables et multifonctionnels. Une véritable "seconde peau" ... Des vêtements qui seront bientôt façonnés à nos mesures, en moins d'une heure, dans le magasin où nous les achèterons. Chaque jour, naissent de nouveaux tissus qui chauffent, rafraîchissent, massent, évacuent la transpiration, sèchent instantanément, résistent aux chocs les plus rudes, remodelent la silhouette, stimulent, soignent, aident à mieux dormir... Des tissus à base d'acier, de cuivre, de cristaux de quartz, et même de céramique !

**Nous  
serons  
vêtus  
d'une  
seconde  
peau**  
p. 76

**Magiques  
microfibres**  
p. 79

**Les vêtements  
du bonheur**  
p. 82

**Les textiles  
du <sup>xxi</sup>e siècle**  
p. 85

Symbole de la révolution textile, ce maillot de bain sans couture est en fibres composites mises au point lors de la guerre du Golfe : il sèche instantanément...

PAR FRANÇOIS BAUDEZ



LE  
POINT  
SUR

LA RÉVOLUTION TEXTILE

# Nous serons vêtus d'une seconde peau

■ Les habitants des pays riches réclament des vêtements plus confortables, multifonctionnels et même capables de les soigner ! Une véritable "seconde peau"... L'avenir de l'industrie textile se joue dans les laboratoires.

L'industrie européenne du textile annonce une perte de 120 000 emplois en 1996. C'est bien inutilement que les rapports catastrophe se succèdent depuis vingt ans. Car l'avenir du textile ne se joue pas dans les ministères ou à Bruxelles, mais dans les laboratoires des entreprises qui ont misé sur l'innovation technologique. Et ce pari est en passe d'être gagné.

Débarrassons-nous d'abord d'une idée reçue : à l'échelle mondiale, le textile n'a pas connu de crise depuis 1900. Sa croissance a toujours été positive, y compris pendant la grande dépression ou pendant les deux guerres mondiales. Aucune autre activité industrielle n'a connu de si belles performances, qui s'expliquent par deux phénomènes, la croissance

démographique continue et la quasi-disparition d'une population de non-consommateurs : aujourd'hui à peine 3 millions d'êtres humains vivent nus.

Le vêtement est considéré comme une première nécessité même dans les pays sous-développés : au plus fort des famines tragiques, on continue à se vêtir. Le dénuement, au sens de "dépouillé de ses vêtements" n'existe plus : on meurt encore de faim, mais habillé...

Alors, pourquoi parler de crise ? Parce que les cartes ont été redistribuées. En 1939, l'Europe et l'Amérique du Nord représentaient 47 % de la consommation mondiale. Aujourd'hui, elles en assurent moins de 9 %, pour une consommation globale double.

## DES COLLANTS CONTRE LES JAMBES LOURDES

Il n'en reste pas moins que les chiffres d'affaires des géants du textile sont impressionnants. L'activité fibres et nouveaux textiles de DuPont de Nemours équivaut à 520 fois le chiffre d'affaires du roi de l'informatique Microsoft (975 milliards de dollars contre 1,875 milliard).

Depuis dix ans, les leaders mondiaux du textile revoient leurs stratégies : les populations des pays développés veulent des vêtements beaucoup plus confortables et multifonctionnels. À côté du "marché de masse" mondial émerge un nouveau secteur, fort en valeur ajoutée, celui de la "seconde peau". Dotée de vertus nouvelles de confort, de bien-être, de

## L'ÉTIQUETTE QUI PARLE

Obligatoire sur tous les vêtements, l'étiquette devient aussi complexe qu'une notice de médicament. Bientôt, une puce et une antenne, cousues sur le tissu, détermineront, par ondes radio, le programme approprié de la machine à laver.







## ALLÉGÉ, LE SKIEUR S'ENVOLE

**Thermastat, la fibre creuse de polyester du numéro un mondial du textile, DuPont de Nemours, emprisonne l'air, ce qui en fait un remarquable isolant thermique. On peut ainsi skier vêtu d'une tenue fine et légère.**

protection, de soins, la seconde peau a pour vocation non plus de couvrir le corps, mais bien, par une sorte de greffe, d'en faire partie intégrante.

La reconversion de l'industrie traditionnelle vise à habiller "en seconde peau" 1 milliard d'habitants à hauts revenus. Les milliards d'autres hommes étant "abandonnés" à la production de masse du tiers monde, avec laquelle il est impossible d'être concurrentiel. L'industrie du monde développé fait le pari de la valeur ajoutée contre celui du volume.

Au départ de ces formidables grandes manœuvres, se trouve l'élasthanne. Créé en 1959, il

a progressivement remplacé les fils de gomme élastiques produits à partir du latex naturel. L'élasthanne est une fibre complexe où alternent des segments rigides et des segments élastiques, à base d'uréthane de polyester ou de polyéther. Cette alternance permet un "retour" parfait après traction, alors que le latex, matière vivante, se déforme à chaque mouvement.

L'élasthanne n'est jamais employé seul, mais toujours associé à une fibre rigide dans des proportions de 5 à 25 %. Le premier producteur mondial d'élasthanne, l'américain DuPont de Nemours, commercialise sa fibre sous le nom de Lycra. Sa place de leader le

contraint à innover sans cesse. Dans le domaine de la finesse, avec le Lycra 11 décitex (1); dans le domaine de la blancheur ou de la transparence; dans le domaine, enfin, de la résistance au chlore et aux acides.

Quelles sont les applications de ces nouvelles fibres? L'exemple du collant est sans doute le plus frappant. Il est, par essence, le premier produit de seconde peau. Accessoire de mode, il devient un vêtement réellement "interactif" avec le corps humain. Son élasticité varie tout au long de la jambe, afin d'améliorer la circulation veineuse: conçu sur mesure, il peut intégrer - expérimentalement - des substances médicamenteuses destinées à supprimer la sensation de jambes lourdes que connaissent près de 95 % des femmes.



(1) Le décitex est l'unité de mesure du poids des fibres: 1 décitex représente 1 gramme pour 10 km de fibres.



■ ■ ■ Depuis 1965, le prix de vente du collant en Europe n'a cessé de chuter – moins de 3 francs la paire dans certaines grandes surfaces aujourd'hui. Il y a cinq ans, la direction de Lycra (la fibre élasthanne de DuPont de Nemours qui entre dans la composition des fils de collant) a mené une enquête sur les attentes des consommatrices en matière d'esthétique et de confort. D'où une nouvelle génération de produits, où le Lycra est présent dans tous les fils tricotés sans être au contact de la peau. Le succès est tel que ces collants, les Lycra 3D, peuvent être vendus 50 % plus cher. Belle performance en période de déflation du marché !

## LE SUR-MESURE PILOTÉ PAR ORDINATEUR

■ Sur le plan technologique, on pourra faire du sur-mesure grâce à une unité de tricotage pilotée par un système informatique. Le détaillant prend les mesures précises de sa cliente, lui propose une palette de motifs de dentelles et de broderies, introduit dans la

machine une cassette de fils de la couleur choisie et lance l'opération de tricotage. Les finitions peuvent être réalisées après le premier essayage : couture de collage à l'entrejambe et aux bretelles pour un body, renforts de culotte pour un collant.

Chaque saison, le détaillant recevra de nouveaux fils – matière et coloris – et de nouveaux programmes de dentelles et de broderies sur CD-Rom, qui lui permettront de suivre l'évolution de la mode.

Le problème

que pose ce dispositif, c'est qu'on passe directement de la fourniture du fil au produit fini. Ce pourrait être un enjeu très intéressant pour des chaînes de mercerie-lingerie. Mais que vont devenir les producteurs de tissus et les confectionneurs ? L'un des responsables de l'association des producteurs japonais de machines textiles répond que le défi, pour les marques, sera de pérenniser la diffusion de leur image et de leurs marques par des programmes de tricotage.

Le professionnalisme de la distribution reprend toute sa valeur.



P. PLAILLY/EURELIOS

Plus surprenant encore, à Osaka (Japon), s'est ouverte la première boutique qui fabrique les collants devant la cliente, à ses mesures et en fonction de ses points douloureux. Et ce n'est pas fini : aux Etats-Unis, la société Hue expérimente un collant à l'intérieur duquel ont été déposées des microcapsules (3 micro-mètres de diamètre) libérant au fur et à mesure un médicament qui facilite la circulation sanguine.

L'industrie est désormais capable de suivre jusqu'au bout l'évolution de la demande des consommateurs...

Ce qui est arrivé au secteur du collant s'étend aujourd'hui à tout le secteur dit de seconde peau, où les "dessus" et les dessous se confondent. L'aventure textile du XXI<sup>e</sup> siècle commence tout de suite. ■

## LA MACHINE À COLLER : PLUS SOLIDE QUE LA COUTURE !

■ Rien n'est plus fragile que la couture : le fil qui assemble deux étoffes les déforme. La solidité d'une soudure par collage est incomparablement plus grande, puisque les fils ne se croisent plus dans l'étoffe. C'est ainsi qu'Olivier Lapidus

a conçu une machine à coller avec l'Allemand Durkopf. Semblable à une machine à coudre, la machine à coller utilise l'une des dernières générations de colles,

souples et ne transperçant pas le tissu. Le collage est certainement l'une des techniques qui vont révolutionner

la confection. Les recherches en cours sur des microbulles de colle, dispersées en émulsion, permettront d'assembler "en sandwich" des tissus élastiques sans modifier leurs propriétés, et de réaliser des collages fibre par fibre.



D. R.



LE  
POINT  
SUR

LA RÉVOLUTION TEXTILE

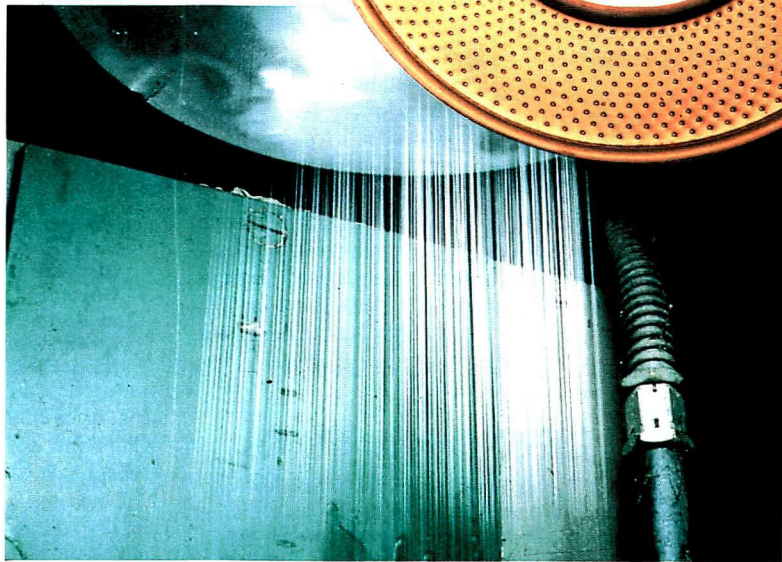
# Magiques microfibres

■ Dix kilomètres de microfibres pèsent 1 gramme ! Ces extraordinaires filaments peuvent tout faire : évacuer la transpiration, sécher instantanément, résister aux chocs les plus rudes... Et le génie génétique est prêt à en inventer d'autres.

**A**mincir, sécher, aérer, chauffer, évacuer ou supprimer la transpiration : le textile dit de "seconde peau", composé de fibres dont on peut associer les propriétés à l'infini, a les applications les plus surprenantes. Il suffit de demander pour obtenir. Au chimiste et, demain, au biologiste.

Produire un filament de polyester est apparemment fort simple. Il suffit de stocker le polyester dans la "filière", une cuve au fond de laquelle sont percés des trous de 4 micromètres. Un "fil" de polyester coule alors comme de la guimauve. Il va s'enrouler autour d'un cylindre qui tourne à grande vitesse, donc l'étire. Plus le cylindre tourne vite, plus le filament sera fin. On obtient aujourd'hui, sur 1 tonne de polyester, des écarts de longueur des molécules inférieurs à 2 %, au lieu de 3 000 % il y a seulement quatre ans !

En étirant le filament plusieurs fois de suite, on obtient une microfibre. Comme il s'agit d'une industrie "traditionnelle", on ne mesure pas le diamètre de la fibre, on parle toujours en poids, comme pour les balles de coton. Une microfibre est une fibre d'un poids inférieur à 1 décitex, c'est-à-dire à 1 gramme pour 10 km de fibre !



## DU MAGMA NAÎT LA FIBRE

**Pour filer du polyester, on le verse à 230 °C dans une cuve dont le fond est constitué d'un disque (ci-dessus) percé de trous de 4 micromètres de diamètre. Les filaments de polyester s'écoulent à travers les trous, puis seront étirés autour d'un cylindre.**

Aujourd'hui, le polyester, produit en filament continu, "titre" couramment 0,5 décitex. S'ils sont discontinus (coupés en petits tronçons), pour leur utilisation notamment dans le non-tissé, les filaments peuvent atteindre 1 millième de décitex, soit 1 gramme pour 10 000 km !

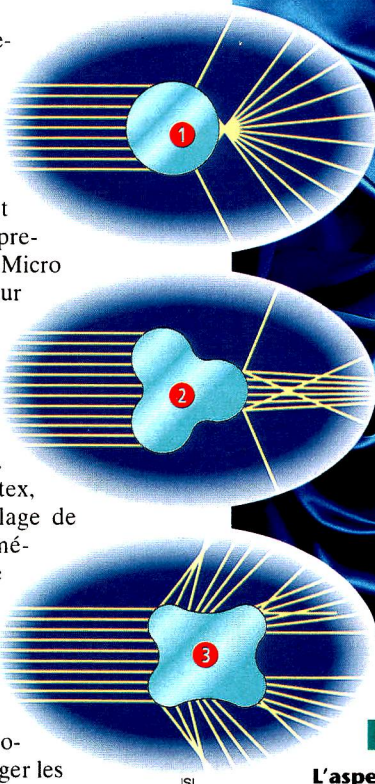
Dans le secteur des fibres artificielles, l'innovation majeure a consisté à transformer le processus de production d'une fibre cellulosique cente- ■ ■ ■



■ ■ ■ naire, la viscose (appelée aussi rayonne). Pour la fabriquer, on utilise un solvant intégralement recyclable. Ce solvant "écologique" a permis d'améliorer la qualité de la fibre, donc d'en diminuer la section et d'obtenir, l'année dernière, les premières microfibrilles artificielles, Micro Modal ou Micro Tencel selon leur marque.

En ce qui concerne les fibres végétales, la société suisse Nelo a produit, grâce à une sélection de plants de coton, un fil d'un numéro métrique de 500. (Si, en fibre, on mesure en décitex, en fil, c'est-à-dire en assemblage de fibres, on mesure en numéro métrique, qui donne la longueur de fil nécessaire à l'obtention de 1 gramme. Bien que ce soit contraire aux usages, on peut noter qu'un numéro métrique de 500 correspond à 20 décitex.)

Mais à quoi servent les microfibrilles ? En premier lieu, à corriger les défauts d'origine des plastiques. On se souvient des chemises Tergal (nom commercial d'un polyester) des années 60. Pour ce qui est de la transpiration et des odeurs, elles laissaient à désirer : tissées avec du "câble", elles étaient dures, hermétiques. La microfibre, elle, constituée de dix à



JSI

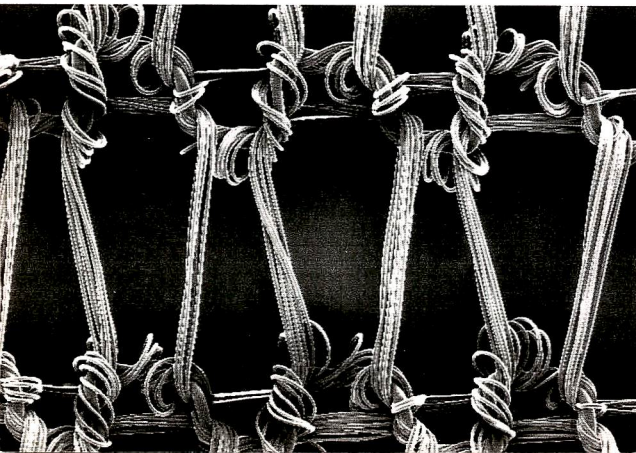
## ET LA LUMIÈRE FUSE

L'aspect d'un tissu en polyamide dépend de la structure de sa fibre. Si la fibre est à section circulaire ①, elle disperse la lumière : on aura un tissu mat. Une section trilobée ② concentre le faisceau et donne des éclats lumineux. Une section quadrilobée ③ donne un chatonnement de porcelaine (photo ci-dessus).

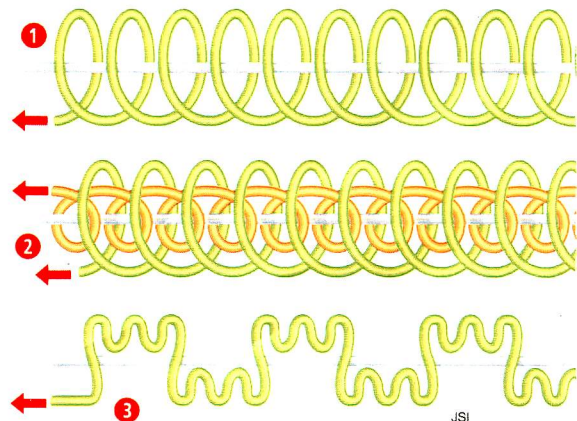
M. LAPORTE

## L'ÂME DES COLLANTS

Pour créer un fil élastique, on enroule autour d'une âme en Lycra un fil rigide (coton ou polyamide) : c'est le guipage ①. Autre méthode : on enroule deux fils en sens contraire ② (double guipage). Par des jets d'air chaud alternatifs, on peut aussi enchevêtrer un fil autour de l'âme ③. Sur la photo ci-dessous, un collant composé de fil rigide et de fil guipé (entortillé).



DOC. TACTEL/LYCRA



JSI

cent brins en un fil mousseux et soyeux, respire. Chimique, elle devient "naturelle" par ses nouvelles qualités. Artificielle, elle devient résistante.

Deuxième avantage, plus on a de brins fins, plus on peut les associer, pour obtenir des tissus qui combinent les qualités des différentes matières : la brillance de la viscose, le soyeux des fibres animales, la "respiration" des fibres polyamides... Près de 300 des 480 fibres artificielles et chimiques



produites aujourd'hui dans le monde sont des micro-fibres ou des brins fins. D'où une combinatoire presque infinie.

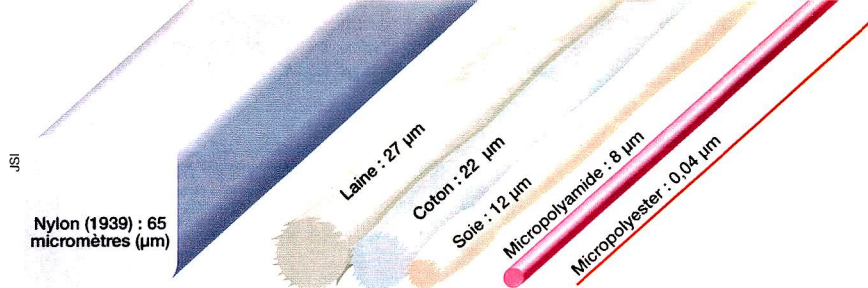
La structure des fibres est tout aussi variée. Une fibre à section ronde réfléchit la lumière dans tous les sens : elle est donc mate. Une fibre à section triangulaire, comme un prisme, décline, à la lumière, toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Une fibre à section "en os de chien" la réfléchit comme de la porcelaine, avec une intensité étrange.

Les microfibres ont également des propriétés fonctionnelles étonnantes. Pour évacuer la transpiration, une fibre à surface cannelée fait merveille : le Coolmax transporte la transpiration de la peau vers l'extérieur vingt fois plus vite qu'une fibre normale. Pour emmagasiner la chaleur, des fibres creuses, emprisonnant de l'air, transforment les tissus en véritables thermos. Et, pour avoir chaud sans transpirer, il suffit de mélanger ces deux fibres...

## GILET PARE-BALLES EN TOILE D'ARAIGNÉE

La guerre du Golfe a permis, dans ce domaine, des progrès considérables. En effet, il a fallu concevoir des sous-vêtements capables de faire supporter aux soldats des écarts de température de  $-5^{\circ}\text{C}$  (la nuit, dans le désert) à  $+45^{\circ}\text{C}$  (le jour, sous un abri non climatisé), et qui renforçaient le dispositif anti-agression chimique de leur tenue de combat. On a donc mélangé, autour d'une âme en Lycra, une fibre crénelée et une fibre creuse, toutes les deux polyester, et des microfibres polyamides aptes à capturer d'éventuelles particules chimiques. Compte tenu de son coût, l'application aurait pu se cantonner au domaine militaire. Mais la société suisse Fogal a repris ce fil, dans d'autres coloris, pour une ligne de justaucorps de stretching, baptisée In Action, qui est donc à la fois une lingerie seyante, grâce aux microfibres, un vêtement de sport et un maillot de bain qui sèche instantanément.

Et voici que pointent à l'horizon les fibres obtenues par génie génétique. L'idée de base : emprunter au ver à soie sa technologie de fabrication du fil pour l'industrialiser. Expérimentalement, ça fonctionne, et même très bien, puisque le fil obtenu n'a pas l'irrégularité de la



## LE CÂBLE ET LE FILAMENT

**En 1939, le Nylon était un "câble" trois fois plus gros que la fibre de coton. Aujourd'hui, les fibres synthétiques et artificielles sont considérablement plus fines que les fibres naturelles.**

production du ver. Or, dans la nature, il existe un autre fil souple, résistant à l'eau (à la rosée), contrairement à la soie, et aux chocs des insectes qui s'y font piéger en plein vol : le fil des toiles d'araignée. Les premiers échantillons de tissus composés de clones de ces fils arachnéens ont été présentés aux Etats-Unis. Ils ont montré une application inattendue : la protection physique. En effet, tirée à 5 mètres de distance sur un tissu tendu dans un cadre, une balle de 6,35 mm ne le traverse pas ; elle rebondit dessus. Si le tissu est collé sur une planche, la balle s'enfonce de 9



M. PETERS/DOD/SIPA PRESS

## DU GOLFE À LA PISCINE

**Lors de la guerre du Golfe, le T-shirt en fibres composites de ce soldat américain lui a permis de supporter des différences de température extrêmes. Des dérivés de ce textile sont utilisés pour fabriquer des bodys multifonctionnels (lingerie, sport, natation...).**

mm, au lieu de 52 mm si la planche n'en est pas recouverte. Bref, si le porteur d'un sous-vêtement en tissu de fil d'araignée se fait tirer dessus, il s'en sortira avec une côte cassée.

Lors de la prochaine guerre, l'armée américaine devrait enregistrer encore moins de pertes... ■



# LE POINT SUR LA RÉVOLUTION TEXTILE

## Les vêtements du bonheur

■ Remodeler son physique, skier en tenue de ville, remplacer les somnifères par un... pyjama, se soigner grâce à des microcapsules intégrées aux vêtements : autant d'étonnantes possibilités bientôt offertes par les textiles de "seconde peau".

Dans le domaine de la "seconde peau", le sport est le domaine de prédilection de la recherche. Dès 1991, le tennisman américain Andre Agassi expérimentait un caleçon Lycra de couleur rose dépassant de son short noir. Comprimant le muscle pour atténuer les risques de claquage, le caleçon de ce bûcheron des courts lui permet de jouer en force quatre heures durant. Il est d'ailleurs adopté dans de nombreux sports où force et durée se conjuguent, tels que le football et le rugby.

Puisque le vêtement améliore la performance

du sportif, allons plus loin. Prenons un coureur de marathon : voici un athlète qui, durant plus de deux heures, va consacrer 95 % de son énergie à produire de la chaleur et 5 % à se déplacer et à respirer. Quel gâchis ! En modifiant ce rapport de 3 % (92 % et 8 %), notre coureur soutiendra pendant 42,195 kilomètres le rythme d'un coureur de 1 500 mètres. Grâce aux microcapsules de son maillot, qui favoriseront l'absorption de l'oxygène par la peau, et y inséreront des produits stimulateurs parfois utilisés pour les grands brûlés. S'agit-il de dopage ? En l'état actuel de la réglementation, non, car ces substances ne traversent pas le derme et sont donc assimilables plutôt aux cosmétiques qu'aux médicaments.

### CONCURRENT DE LA CHIRURGIE ESTHÉTIQUE

Cette technologie, qui fait ses premiers pas dans le sport de compétition, va s'étendre à la grande consommation. Un maillot de bain à réaction thermique équipera bientôt les ama-

teurs de week-end à Deauville en novembre ou en mars. Des microcapsules réchauffeuses seront également employées dans les combinaisons de survie en mer. On pourra aussi faire du ski ou du surf des neiges habillé en toute liberté, mais surtout pas en tenue de skieur !

La seconde peau modifie la fonction première du vêtement, qui est de cacher la nudité. Car elle exhibe le corps. A merveille, lorsque la femme est une Vénus de Milo et l'homme un Apollon du Belvédère. C'est rarement le cas,

### TISSUS THÉRAPEUTIQUES : LA FRANCE EN RETARD

■ Les microcapsules sont de fines billes (de 1 à 5 micromètres de diamètre) simplement collées soit sur le fil avant le tissage, soit sur le tissu. On en fabrique de deux sortes. Des billes incassables, pour fixer définitivement des métaux, des cristaux qui ne supporteraient pas l'air ; elles confèrent leurs propriétés au tissu : conductibilité ou renvoi de rayonnement infrarouge. Ou des billes fragiles, qui libèrent un liquide ou une crème : parfum, médicament, réactif à "débit" contrôlé lors de

la fabrication de la bille.

De technologie très simple, ces microcapsules sont déjà largement utilisées dans le domaine médical et sont appelées à un fort développement dans tous les textiles dits de seconde peau. Seule limite pour le France, compte tenu de la législation actuelle : la nécessité d'obtenir une autorisation de mise sur le marché (AMM).

Le système américain de la Food and Drug Administration est souple : une seule autorisation suffit pour toute nouvelle for-

mule, quel que soit son conditionnement (crème de beauté ou vêtement). En France, en revanche, chaque emploi doit être agréé. Et toute référence textile (une par taille et par coloris) enrichie en médicaments doit faire l'objet d'une demande d'AMM. Pour l'instant, l'industrie française recule devant une réglementation aussi lourde et ne fabrique pas ces vêtements "enrichis". Aux Etats-Unis, les premiers collants libérant des substances anti-jambes lourdes viennent d'être commercialisés.



convenons-en. L'industrie a donc imaginé de modifier la silhouette. D'où le succès du "Wonderbra", relancé par la société britannique Gossard sous le nom d'"Ultrabra", qui donne à la femme des seins volumineux. On voit apparaître des gaines "remonte-fesses", voire des collants remonte-fesses... Le "remodelage" (la chirurgie esthétique) impliquait jusque-là qu'il fallait "souffrir pour être beau". Dans le monde de la seconde peau, la souffrance est abolie.

La recherche technologique travaille aujourd'hui sur l'hologramme. En imprimant un vêtement de motifs hologrammes (c'est-à-dire qui fournissent une image virtuelle en relief), on pourra modifier à loisir l'apparence de la silhouette.

### UN NOUVEAU "PLACENTA"

La seconde peau reprend à son compte l'une des fonctions du vêtement : le leurre, l'artifice de la séduction. Etre "bien dans sa peau", ce sera donc s'approprier sa seconde peau. D'autant qu'un autre secteur de recherche se précise : le remodelage physique. Associé à un régime simple ou médical, le concept de seconde peau "massante", ou "drain", est l'objet de nombreuses études, essentiellement aux Etats-Unis où le marché de la "big size" ("grande taille") est le plus rentable.

Dans un tout autre secteur, sinistré dans les pays développés, la lingerie de nuit, la recherche s'oriente vers des produits qui font de la seconde peau un nouveau "placenta". Comme la plupart des gens dorment dans le noir, la fonction "vêtement" perd de son importance. En outre, le chauffage des maisons et l'usage des couettes atténuent le rôle thermique de cette lingerie. Les industriels étudient donc des vêtements de nuit qui amélioreront le sommeil, en assurant une meilleure respiration de la peau, une action sur l'irrigation sanguine, des micro-massages et la régulation de l'électricité statique du corps humain. Comme ce fut le cas pour le collant de contention, la recherche s'effectue en étroite collaboration avec le monde médical : 30 % des Français ont recours à des médicaments pour mieux dormir. Bientôt, le port d'un pyjama seconde peau remplacera, dans certains cas, les coûteux somnifères. ■

## ARTIFICES DE SÉDUCTION

**Avec ce nouveau principe de soutien-gorge, connu sous le nom d'Ultrabra, la société Gossard a été le pionnier du concept de remodelage de la silhouette. La clé du succès : un assemblage de 52 éléments, contre 25 pour les soutiens-gorge classiques.**



D. R.



## PLUS VITE, PLUS SAIN, PLUS PAISIBLE...



R. MARTIN/VANDYSTADT

### Des fibres pour gagner

■ Pour gagner quelques centièmes sur 100 mètres, l'idéal est de nager entouré d'un "coussin d'air". Les fibres PBT (polyester à basse température), tel l'Elité de la société franco-italienne Nylstar, favorisent la pénétration dans l'eau grâce à leurs propriétés hydrophobes. En outre, le maillot est parfaitement sec quand on sort de l'eau.

### Des tissus qui chassent insectes et acariens

■ Imprégnés d'un apprêt anti-insecte ou anti-acarien inoffensif, ces nouveaux tissus ont été d'abord développés pour habiller les allergiques. La vogue des voyages dans les régions tropicales et équatoriales et la difficulté de se prémunir contre le paludisme conduisent à étendre ces vêtements au secteur des loisirs. On trouvera bientôt le maillot de bain idéal pour se baigner dans l'Amazonie sans redouter les mygales ou les moustiques !

### Les tissus à mémoire de forme

■ Certains polymères présentent un effet de mémoire de forme. On utilise aussi des alliages métalliques (nickel-titane ou cuivre-zinc-aluminium). Un soutien-gorge livré à plat épousera les formes du corps sous l'effet de la température, lorsqu'il sera porté. Ce concept de "gain de place" (ces textiles seront également très fins) devrait largement se développer ces prochaines années.

### Les tissus antistress

■ Contre le "mal du siècle", des fils incorporant un matériau conducteur (carbone-céramique-métal) favorisent l'écoulement des charges d'électricité statique autour du corps. Des "nœuds" placés sur la face interne du tissu entraînent un effet de micro-massage de la peau et accélèrent donc la circulation sanguine superficielle.

### Australie : indice obligatoire

■ En raison de l'accroissement du nombre des cancers de la peau, le gouvernement australien exige que l'étiquette des maillots de bain signale leur indice de protection solaire. De nombreux laboratoires étudient de nouveaux traitements des tissus les plus fins pour renforcer cet indice. Des textiles anti-UV, ayant subi un traitement à base de microcapsules de céramique anti-reflet et d'agents absorbants identiques à ceux des produits solaires, protègent aussi bien qu'une crème d'indice 20.



D. R.



LE  
POINT  
SUR

LA RÉVOLUTION TEXTILE

# Les textiles du XXI<sup>e</sup> siècle

■ Habiller 8 milliards de consommateurs, tel est l'enjeu des vingt prochaines années. L'industrie mondiale devra diversifier ses matières premières. On tisse déjà de l'acier, du cuivre, des cristaux de quartz ou de la céramique !

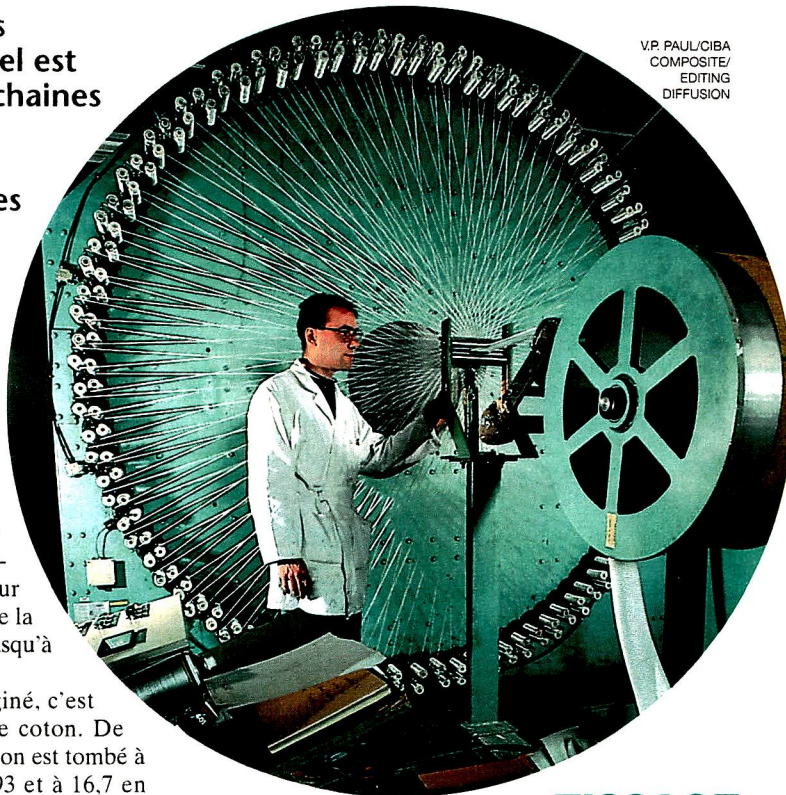
**E**n 1993, les 5,6 milliards d'habitants de la planète ont acheté 40,5 millions de tonnes de fibres textiles. Les prévisionnistes en déduisaient, pour bientôt, un fort accroissement de la production mondiale de coton, jusqu'à 32 millions de tonnes.

Ce qu'ils n'avaient pas imaginé, c'est l'effondrement des récoltes de coton. De 20,1 millions de tonnes en 1991, on est tombé à 18,7 millions de tonnes en 1993 et à 16,7 en 1995 (1). Trois facteurs se sont conjugués pour faire dérailler les prévisions :

- la pénurie d'eau dans les pays producteurs, notamment en Ouzbékistan et en Egypte ;
- de graves maladies du coton dues à des insectes et à des champignons parasites, en Chine, en Inde et au Pakistan. Elles ont transformé ces pays exportateurs en pays importateurs ;
- la mise au point de brins de plus en plus fins, qui nécessitent donc, à production égale en volume, un moindre tonnage.

Mais, pendant que la production de coton baisse, la demande de textile ne cesse d'augmenter. Imaginons qu'en 1997 tous les Chinois adoptent le pantalon et la veste en jean : 1,2 milliard d'habitants se rueraient en même temps sur 1,2 kg de coton chacun – 1,44 million de tonnes au total,

(1) La campagne 1996 marque la fin de cette chute.



V.P. PAUL/CIBA  
COMPOSITE/  
EDITING  
DIFFUSION

presque un dixième de la production mondiale...

Alors, quelles fibres se partageront le marché dans une vingtaine d'années ? Malgré les aléas de la prévision, les évolutions en cours peuvent en donner une idée générale.

A tout seigneur, tout honneur, commençons par la laine. Voyons la garde-robe de nos enfants : où sont passés les gros pulls de laine que nous portions jadis ? Le molleton de coton, les vestes polaires les en ont chassés. Les couvertures sont remplacées par des couettes, les matelas de laine par des matelas de mousses complexes. Dans nos pays, la laine n'est plus la matière de ■ ■ ■

## TISSAGE EN TROIS DIMENSIONS

Utilisé pour la réalisation de tuyères de fusée, le tissage tridimensionnel permettra de concevoir des vêtements sculptures en matières composites.



■ ■ ■ base pour lutter contre le froid.

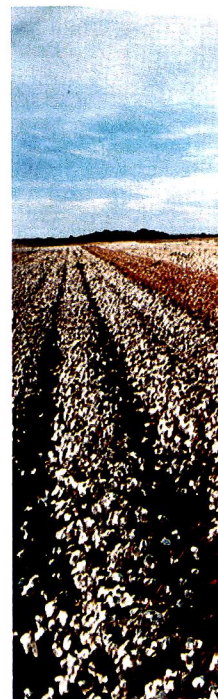
Elle évolue dans deux directions : la recherche de fibres plus performantes (angora, cachemire, fibres longues), afin de répondre à la demande de la clientèle "haut de gamme", qui existe toujours ; et la recherche de standards de base, afin de mieux pénétrer le marché du tiers monde.

Ensuite, le coton. C'est, par essence, une fibre à problèmes... Quelques parasites, un champignon, pas assez de pluie, et voilà tous les opéra-

teurs mondiaux dans l'angoisse. Heureusement, le coton américain a connu un développement extraordinaire, qui fait dorénavant des Etats-Unis le premier exportateur mondial. La recherche y a porté sur des plants peu avides d'eau et peu consommateurs de pesticides et d'engrais. Ces plants ont accru la rentabilité des agriculteurs, la superficie des champs et la production, facilement écoulee du fait de la pénurie mondiale.

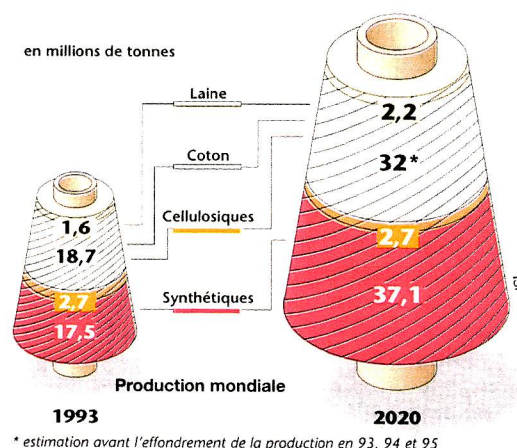
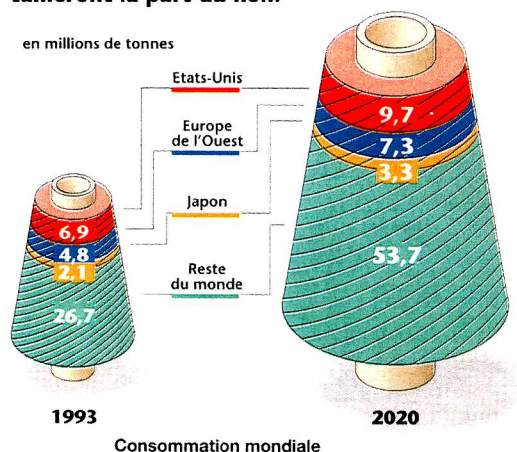
Bien que marginale, la Fox-Fibre (voir *Science & Vie* n° 921, p. 139), fibre de coton colorée naturellement, occupe une part non négligeable du marché américain : elle bénéficie d'un label "écologique", ses brins sont fins et surtout de couleurs qui s'intensifient au fil des lavages.

Avec des rendements trois fois plus grands qu'il y a trente ans, les Etats-Unis sont en passe de retrouver la superficie qu'ils cultivaient avant la dernière crise du coton. Dans le tiers monde, la culture du coton a provoqué des catastrophes écologiques, car le volume d'eau qu'il réclame a asséché bien des fleuves et même des mers (l'exemple le plus célèbre est celui de la mer d'Aral). La création de nouvelles familles de plants plus résistants et moins consommateurs d'eau devrait accroître la production des pays sous-développés sur des surfaces équivalentes.



## LES FIBRES SYNTHÉTIQUES PRENNENT LA RELÈVE

**D'ici à 2020, la croissance de la population mondiale entraînera inévitablement une augmentation de la consommation de textiles, amplifiée par la hausse du niveau de vie des pays asiatiques. Les textiles synthétiques se tailleront la part du lion.**







A. SACKS/FOTOGRAF-STONE

## LE COTON PERD LE FIL

**Grosse consommatrice d'eau et de pesticides, la culture du coton devra se transformer pour survivre. La recherche en génie génétique travaille à la création de nouveaux plants sobres et résistants.**

La recherche s'oriente vers la conception et la production industrielle de filaments combinant plusieurs métaux. La microfibre bimétallique (moins de 10 micromètres de diamètre

des programmes de coopération canadiens et français. Contrairement aux prévisions de stabilité, la production mondiale de fibres cellulose-siques devrait donc augmenter.

Développées après la Seconde Guerre mondiale, les fibres synthétiques, nées de la chimie du pétrole, sont aujourd'hui les plus utilisées dans l'industrie textile, avant le coton. Polyamide, polyester, acrylique, c'est une palette de quelque 500 fibres, dans différents titrages qui vont de la microfibre au "câble". Compte tenu des réserves mondiales d'hydrocarbures, il n'y a pas de souci à se faire pour les vingt-cinq prochaines années... Après, ce sera une autre histoire. Seule ombre au tableau : le marché mondial du pétrole. Un envol des cours, et les belles prévisions de progression (un quasi-doublement) s'effondreront comme un château de cartes.

À côté de ces fibres naturelles ou synthétiques, sont apparues des inventions qui méritent qu'on s'y arrête. Un textile minéral a eu son heure de gloire dans les années 60 : l'amiante. Non tissée ou tissée en mélange, cette fibre a été quasiment abandonnée, à cause de ses propriétés cancérogènes. Un autre procédé est en train de naître : celui du filage de certains cristaux. L'objectif est de produire une "laine de verre" en cristal qui ne provoque pas d'allergie. Quelques échantillons ont été produits à ce jour.

Les métaux existent sous forme de fil depuis longtemps. La créatrice de mode Fanny Liautard a même présenté l'année dernière une ligne de lingerie en cote de mailles. Le gros défaut du métal est de n'être souple que s'il est très fin. Mais, lorsqu'il est fin, il est peu résistant...

pour un acier/cuivre laminé) sera certainement l'une des dernières fibres que créera le  $XX^e$  siècle.

La céramique est également utilisée comme fibre textile. On maîtrise parfaitement la production des filaments de céramique, utilisés essentiellement, en raison de leur coût, pour les tissus techniques de protection. Les premières tentatives de guipage (voir "Magiques microfibres", p. 79) sont en cours, avec pour objectif la production d'une nouvelle génération de mailles.

## LE CHANVRE, TEXTILE DE L'AN 2000 !

Quant à la fibre de carbone, elle est de plus en plus fine : 60 micromètres de diamètre actuellement. Elle devrait gagner le statut de microfibre à l'horizon 2000. Ses avantages : légèreté, très haute résistance et excellente conductibilité.

Le lin, première matière textile de l'Antiquité, devrait connaître un regain d'intérêt grâce à son cousin le chanvre (l'illustre cannabis...). La Communauté européenne a imposé aux agriculteurs une politique de jachère pour endiguer la surproduction. Seul secteur épargné : le non alimentaire. Dans cette perspective, l'Institut national de la recherche agronomique a sélectionné par croisement des plants de chanvre permettant la production de brins de plus en plus fins, souples et soyeux : 86 000 hectares ont été plantés dans le sud de la France, qui seront récoltés en mars-avril 1997.

Tout, ou presque, étant matière à fabrication de fibres, il règne une grande ambiguïté dans l'évolution du textile. Les grandes manœuvres se poursuivent !



# Immaculée création

■ Voleur de couleurs ! L'albinisme touche aussi les animaux, qu'il prive de mélanine, un pigment de la peau de couleur foncée. Ils arborent une robe blanche comme neige et des yeux pâles. La nature recèle un fantastique bestiaire immaculé : voici une galerie de portraits de ces étranges animaux.

PAR  
**MARIE-SOPHIE  
GERMAIN**  
PHOTOS ERIC ROBERT  
ET  
SYLVIE BERGEROT

## Le dragon aux yeux bleus

Le zoo d'Audubon, à La Nouvelle-Orléans, abrite de pures merveilles : dix-huit alligators "leucistiques", c'est-à-dire à peau blanche. Bien plus racés que leurs cousins colorés, ces alligators aux yeux bleu ciel semblent irréels. Ils ont une étrange particularité : sous l'effet du stress, leur peau devient rose !





## Née au zoo

Le zoo de San Diego (Californie) devient une pépinière d'albinos : il abritait déjà un koala (voir pages suivantes), une tortue blanche (ci-contre) vient d'y naître... L'albinisme est une anomalie génétique qui se produit au moment de la formation des ovules et des spermatozoïdes. Elle se traduit par une absence de pigments mélaniques (noirs et rouges) au niveau de la peau, des poils et des yeux.

# REPTILES sans tache

## Pesant mystère!

L'Américain Bill De Jesus s'est fait offrir, il y a quelques années, un jeune python. Son pensionnaire est progressivement devenu blanc : un mystère pour les scientifiques. Ce "monstre" affiche une parfaite santé et des dimensions exceptionnelles : long de 5 m, il pèse 48 kg !





## IMMACULÉE CRÉATION

**Samson  
le mutant**

Le tigre Samson n'est pas un véritable albinos, c'est un mutant, dit "chinchilla". Les animaux possédant plusieurs gènes de l'albinisme, on trouve chez eux des types plus ou moins marqués. Leur pelage laiteux prend au fil du temps une teinte jaunâtre.

**Flocon de neige,  
le père blanc**

Mascotte des JO de Barcelone (1992), Flocon de neige est le père d'une nombreuse progéniture, dont la mère est une femelle gorille non albinos. Il n'a aucun descendant blanc.

Même s'il trouvait une compagne albinos, un quart seulement de leur descendance pourrait être à leur image.





# MAMMIFÈRES en habit de cérémonie

## Le fantôme de la savane

La girafe du parc Tarangire, en Tanzanie, est d'un blanc éclatant. Cette différence a fait d'elle un animal solitaire : les siens l'ont rejetée. Très visible, elle est très vulnérable. Mais son handicap s'est transformé en avantage : ce fantôme de la savane a décuplé son acuité visuelle pour déjouer les pièges de ses prédateurs. Elle a aujourd'hui plus de 20 ans, longévité exceptionnelle chez les girafes.

## Goolara, le chétif

Goolara, le koala du zoo de San Diego, est le seul représentant albinos de son espèce.

Chez lui, cette anomalie génétique a provoqué une photophobie (extrême sensibilité des yeux à la lumière), et sa santé très fragile l'expose à de fréquentes infections.



## La parade du nandou

Proches cousins des autruches, les nandous sont généralement brunâtres : celui du parc Six Flags Great Adventure, dans le New Jersey, est un vrai albinos. Chez certaines espèces d'oiseaux, telles que la perdrix, la blancheur est un phénomène hormonal saisonnier. La perdrix brune devient blanche en hiver pour se confondre avec la neige et échapper à ses prédateurs.





# Candides OISEAUX

## Un sauvage décoloré

Ce paon n'est pas affublé de la scintillante parure propre à son espèce. Il existe des variétés de paons domestiques dont la blancheur est obtenue par croisement. Celui-ci est naturellement blanc, phénomène très rare chez les paons sauvages.



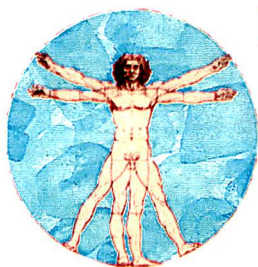
## Archie sauvé des eaux

Archie, manchot des terres australes, est un albinos aux yeux clairs. Son ventre est blanc et orangé, mais son dos ne présente pas la pigmentation noire de l'élégant costume du manchot. Dans les eaux sombres de l'Antarctique, Archie ne passait pas inaperçu : il aurait fait une proie facile. Récupéré près de l'île Marion, au large de l'Afrique du Sud, il est aujourd'hui en sécurité au zoo de Pretoria.



# HIBERNATION

## Enquête sur l'immortalité



■ Des dizaines d'Américains se sont fait congeler après leur mort dans l'espoir que la médecine des siècles futurs pourra les "ressusciter". Le marché de la "vie suspendue" est en pleine euphorie. Mais ce rêve fou est-il scientifiquement fondé ?

PAR ROMAN IKONICOFF

« **A** son dernier anniversaire, Michael rêva de sa vie future. Souffrant d'un sida déclaré, cet homme de 54 ans mourut à l'hôpital de Portland (Oregon, Etats-Unis), victime d'une pneumonie. Immédiatement après le décès, le corps de Michael fut enfermé dans de la glace et expédié à Scottsdale, où on le congela dans de l'azote liquide, au centre de conservation de la société Alcor Life Extension. »

Ainsi commence la chronique d'une congélation humaine effectuée par la société américaine Alcor, qui se targue de ses « treize corps et dix-neuf têtes humains congelés » à  $-196^{\circ}\text{C}$  (température de l'azote liquide). La technique est simple : dans les deux minutes qui suivent la mort clinique du "patient", le corps est mis dans de la glace. Puis on l'achemine vers le centre de conservation, où il est vidé de son sang, qu'on remplace progressivement par une solution physiolo- ■■■



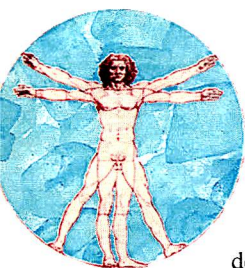
A person wearing a full-body yellow protective suit, including a hood and gloves, is shown from the back. The suit has black elastic cuffs and a black waistband. The person is standing in a white, misty or snowy environment.

## Une arnaque...

Des sociétés américaines congèlent des êtres humains (ou simplement leur tête) à  $-196^{\circ}\text{C}$  pour un prix allant de 300 000 à 700 000 francs. Mais leur promesse de "résurrection" est mensongère, car la technologie actuelle l'exclut : dès qu'ils sont congelés, les organes sont déchiquetés par les cristaux de glace.

H. RAGUET/EURELIOS





## HIBERNATION

# Ces animaux qui savent

■ ■ ■ gique contenant un "antigel" à base de glycérol. Lorsque la concentration de l'antigel dans le corps est suffisante (30 % d'antigel), le patient est refroidi pendant une douzaine de jours jusqu'à ce qu'il ait atteint la température de l'azote liquide et conservé en l'état. Cette opération a un prix : de 300 000 francs à 700 000 francs (1). Plus de soixante-dix corps et têtes reposent ainsi dans des super-thermos aux Etats-Unis.

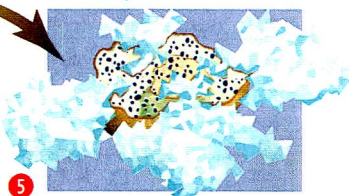
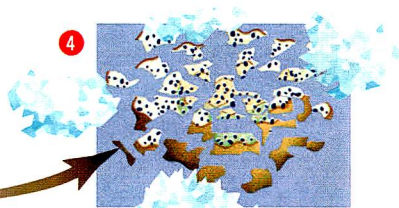
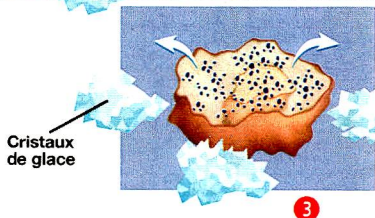
Et ce n'est qu'un début... Alcor, la plus importante des six firmes nord-américaines qui se partagent ce - juteux - marché, a déjà signé des contrats avec 400 particuliers, et l'on estime à plus de 1 000 le nombre de personnes sous contrat avec l'ensemble des firmes. Le marché se chiffre donc à plus de 500 millions de francs !

(1) 300 000 francs, si l'on souscrit au programme de congélation de la tête ("neuroconservation"), et 700 000 francs si l'on opte pour la congélation du corps entier.

Le rêve d'un état de "vie suspendue" débouchant, des siècles plus tard, sur un réveil miraculeux dans le monde de nos lointains descendants est certes alléchant. La littérature et le cinéma l'ont maintes fois caressé. Pragmatiquement, la congélation de systèmes vivants (cellules, organes, corps) pose des problèmes scientifiques et techniques, dont certains pourraient se révéler insolubles, tout bonnement parce qu'un homme dont on fait baisser la température d'une dizaine de degrés seulement, meurt. Après des millions d'années d'évolution naturelle, transformer l'être humain en un mutant "hibernante" exigera une recette autrement complexe que la simple congélation dans de l'azote liquide d'Alcor.

Pourtant, il a suffi que la revue *New Scientist* annonce, dans son numéro du 28 septembre 1996, qu'une équipe de cryobiologistes de Pretoria (Afrique du Sud) a réussi à congeler à - 196 °C un cœur de rat, puis à le faire "repartir", pour qu'un vent de folie souffle sur la profession. Mais, à ce jour, la publication de ce travail n'a pas été acceptée par les *referees* (arbitres) de la très sérieuse revue *Cryobiology*.

Congeler un organisme revient à congeler une grande quantité d'eau. En gelant, l'eau cristallise et se dilate, formant des micro-lames acérées qui vont déchirer les membranes des cel-



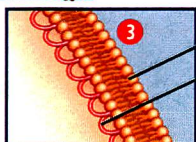
LIAISONS/GAMMA



## Les cristaux assassins

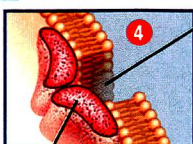
Lors de la congélation d'un corps (photo), l'eau sort de la cellule, tandis que le soluté y entre: La plupart des cellules sont détruites par les cristaux de glace qui se forment progressivement (1, 2, 3). Ils pompent toute l'eau de la cellule et la font "implorer" 4. Ou bien, ils percent sa membrane comme le ferait une lame acérée 5.





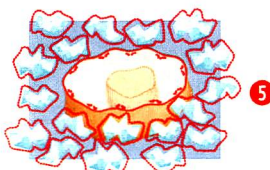
Membrane  
Tréhalose

DESSINS S. DESSERT



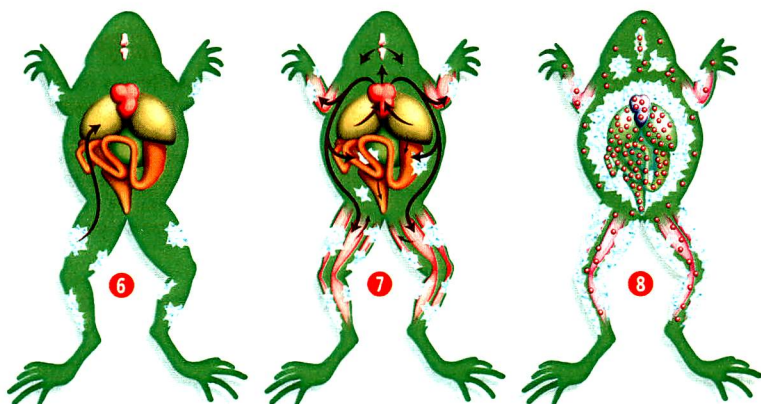
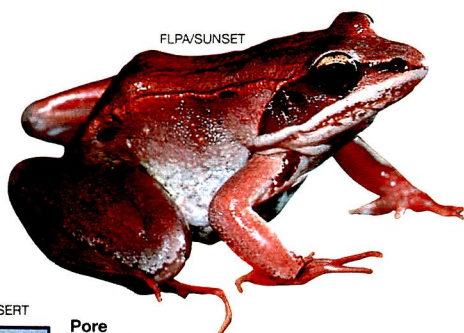
Tréhalose

Pore  
obstrué



## La stratégie de la grenouille

Certains animaux, tels que la grenouille sylvestre, utilisent soit de l'antigel moléculaire, qui abaisse la température de cristallisation de l'eau **1**, soit des protéines antigel qui "ceinturent" les cristaux de glace, les empêchant de croître **2**. En outre, d'autres substances, par exemple le tréhalose (un sucre), renforcent les membranes cellulaires **3** et arrêtent la fuite d'eau des cellules **4** qui survivent ainsi au gel **5**. A l'échelle des organes, lorsque la glace se forme **6**, le foie sécrète du glucose (antigel) que le cœur répartit dans tout le corps, sous le contrôle du cerveau **7**. De la sorte, même gelée à 65 %, la grenouille sylvestre survira **8**.

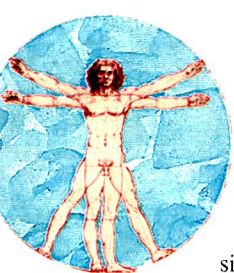


lules, puis déchiqueter les tissus et enfin les organes. Faut-il pour autant abandonner l'espoir de voir éclore l'espèce *Homo hibernatus*? Non! Le secret se cache même dans la biodiversité de la planète : certains animaux parviennent à dompter les grands froids. Des insectes, tels que la chenille du bombyx du Groenland; des poissons, comme le bocasson émeraude; des reptiles, tels que la tortue peinte; des batraciens, par exemple la grenouille sylvestre. Celle-ci passe une partie de l'hiver gelée à  $-10^{\circ}\text{C}$ , puis dégèle au printemps et retrouve son métabolisme normal. En étudiant la façon dont ce batracien (et d'autres animaux supportant la congélation) pénètre dans cet état de "vie suspendue", les chercheurs ont jeté les bases de la cryobiologie.

Ces animaux ont plus d'une leçon à prodiguer

aux hommes. Leurs organismes déploient des trésors d'ingéniosité pour éviter la mort cellulaire. Quand la température descend à  $0^{\circ}\text{C}$  (température de cristallisation de l'eau), des cristaux de glace naissent et commencent à croître à l'extérieur de la cellule, dans le liquide physiologique qui l'entoure. Avec la glace, croît aussi le risque de déchirement des membranes cellulaires. Mais un autre danger guette : l'effondrement de la cellule sur elle-même. En effet, la glace qui se forme ne contient que de l'eau pure, puisée dans le liquide physiologique "extracellulaire". Toutes les substances (sels, minéraux, protéines) qui baignent dans ce liquide s'accumulent dans une réserve de plus en plus réduite de liquide, ce qui se traduit par l'augmentation de leur concentration au voisinage de la cellule. ■ ■ ■





## HIBERNATION

# Aucun organe humain n'a

■■■ Intervient alors un autre phénomène physique, l'osmose. Lorsqu'on plonge un sachet de thé dans de l'eau, on crée une pression osmotique : les particules de thé vont diffuser vers l'extérieur du sachet à travers ses pores, jusqu'à ce que leur concentration dans l'eau soit la même à l'intérieur et à l'extérieur du sachet, c'est l'équilibre osmotique. Si l'on ajoute du lait dans l'eau du thé, on rompt l'équilibre. Une nouvelle circulation s'instaure de part et d'autre de la membrane, grâce à laquelle des particules de lait sont transportées vers l'intérieur du sachet : l'équilibre est rétabli. Pour survivre, la cellule doit maintenir un déséquilibre osmotique entre l'intérieur et l'extérieur de sa membrane.

En effet, celle-ci est une véritable passoire. L'eau et les petites substances physiologiques entrent et sortent librement de la cellule par simple filtration. Or, l'intérieur de la cellule doit rester à des concentrations stables en eau et en certaines substances telles que les ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) et les ions potassium ( $\text{K}^+$ ). Pour maintenir ces concentra-

tions, la membrane possède des pompes à sodium-potassium : celles-ci rejettent vers l'extérieur le so-

## La glace est rompue

La protéine antigel ① utilisée par certains animaux se "greffe" sur la surface d'un cristal de glace ②, ce qui empêche l'agglomération de nouveaux cristaux.



P. PLAILLY/EURELIOS

## Première étape

**Les scientifiques maîtrisent parfaitement la congélation des tissus osseux, de la peau, des spermatozoïdes, des cellules de la rétine, etc. Mais on ne sait pas congeler et "ranimer" un organe entier.**

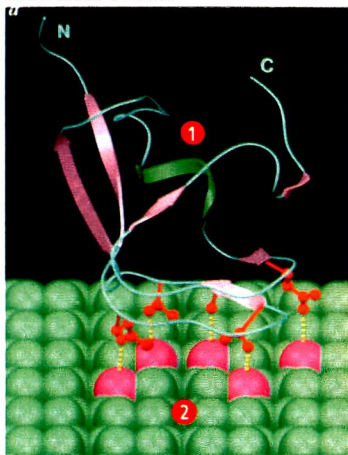
dium, qui envahit la cellule par filtration osmotique, et entraînent vers l'intérieur le potassium qui fait défaut. La concentration en potassium est ainsi plus forte à l'extérieur, et celle en sodium plus faible. Il y a déséquilibre osmotique.

Lorsque la glace se forme dans le liquide où baigne la cellule, la concentration de ces substances dans le liquide augmente et celle de l'eau diminue. Or, le froid bloque les pompes. La conséquence est qu'avec l'apparition de cristaux de glace, la cellule se remplit de substances physiologiques et se vide de son eau. En d'autres termes, elle se dégonfle. Soit elle finit par "implorer" : ratatinée, sa membrane se déchire (on estime que les cellules se déchirent lorsque

plus de 65 % de l'eau du corps est à l'état de glace). Soit, si le refroidissement est trop rapide pour que la cellule ait le temps de se dégonfler, les cristaux de glace se formeront à l'intérieur et déchireront, comme des couteaux, la membrane cellulaire. Aucune chance de survie.

Les grenouilles résistant à la congélation, ainsi que tous les êtres vivants dotés de la même faculté, ont des armes pour se défendre. D'abord, l'organisme de certains d'entre eux sécrète des protéines antigel, les AFP (Anti-Freeze Protein), dont la structure vient, pour la première fois, d'être modélisée par des chercheurs canadiens de l'université de Kingston, dans l'Ontario (2). Ces molécules empêchent les cristaux de croître, en créant autour de chaque "noyau" de glace une véritable ceinture de contention, sorte de bouclier chimique (voir illustration ci-contre). Le foie de la grenouille sylvestre sécrète un antigel, le glucose (les insectes utili-

QUEEN'S UNIV., KINGSTON



(2) Voir *Nature* du 21 novembre 1996, p. 285.



# jamais survécu à la congélation



PHOTOTAKE/CNRI

sent du glycérol) qui agira à la manière des antigels dans les radiateurs des voitures : ils abaisseront la température de cristallisation de l'eau.

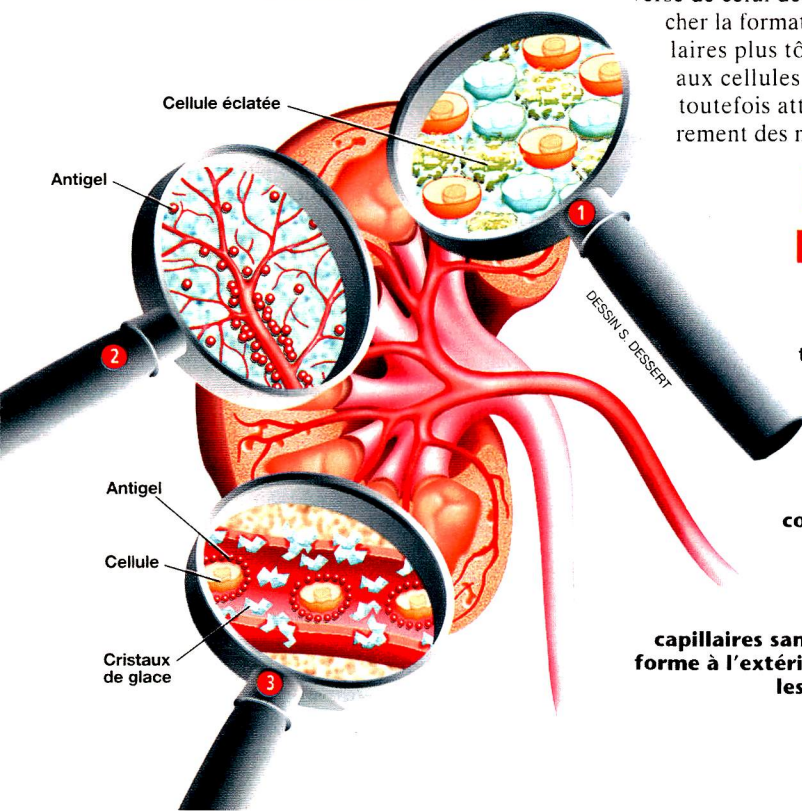
En effet, s'il est d'usage de considérer que l'eau gèle à 0 °C, plusieurs facteurs peuvent modifier ce point de solidification. D'abord, la vitesse de refroidissement, si elle est très grande, peut créer un état de surfusion : l'eau pure "échappe" à son point de solidification et continue sa course vers les températures négatives sans se solidifier. Mais l'état de surfusion est "métastable", c'est-à-dire que sa stabilité est extrêmement fragile : la moindre impureté peut déclencher alentour une cristallisation brutale qui s'étendra très rapidement à l'ensemble du liquide. Pour permettre à l'eau pure de passer en deçà de sa température de cristallisation sans solidifier et sans se retrouver dans un état de surfusion métastable, on ajoute des antigels, dont l'action à l'échelle moléculaire va abaisser la température de solidification. Ainsi, une eau dans laquelle on a dilué 40 % de glycérol ne se solidifiera qu'à - 15 °C. Cette fois, il n'y a pas de surfusion métastable : impuretés ou pas, la solidification ne se produira pas au-dessus de - 15 °C.

Mais les animaux ont un autre atout : une protéine "de nucléation", qui joue un rôle inverse de celui des antigels ! Elle va déclencher la formation de cristaux extracellulaires plus tôt, donnant plus de temps aux cellules pour se contracter (sans toutefois atteindre la limite de déchirement des membranes). D'autre part, ■■■

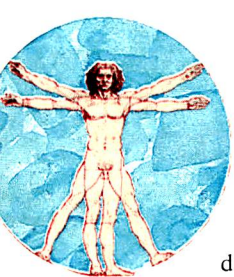
## Le problème des greffes

Une greffe (ci-dessus, transplantation cardiaque), doit être menée très rapidement, car les organes peuvent être refroidis mais pas congelés. Chaque type des cellules d'un organe devrait être congelé à une vitesse qui lui est propre. Si l'on congelait l'organe d'un seul coup, on détruirait certaines cellules ❶.

D'autre part, l'antigel ne se répartit pas de façon homogène jusque dans les capillaires sanguins ❷. Enfin, la glace qui se forme à l'extérieur des cellules déchiquette les vaisseaux de l'organe ❸.







## HIBERNATION

# Le rêve d'immortalité n'est

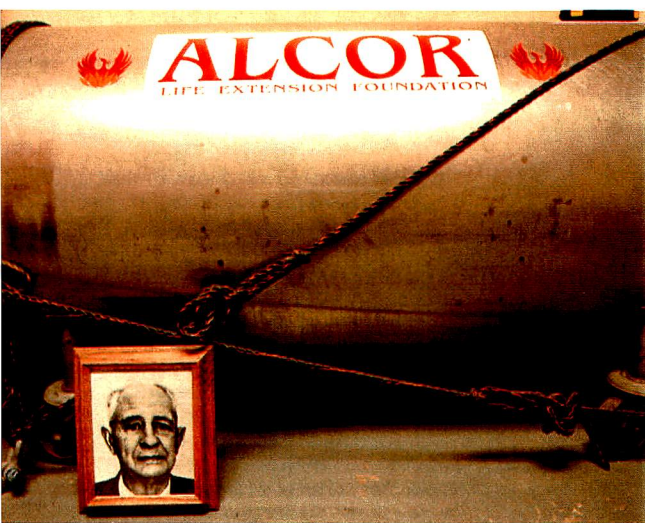
■■■ elle favorisera la formation de centaines de cristaux minuscules. Au lieu d'être envahie par de gros cristaux de glace, la cellule se retrouve entourée de nombreux petits cristaux. Or, le danger pour la cellule vient non pas de la présence des cristaux mais de leur taille. Les micro-cristaux qui cernent la cellule sont, eux, parfaitement inoffensifs.

Reste à renforcer les membranes cellulaires, pour éviter qu'elles ne se déchirent sous l'effet de dégonflement ou de perte d'eau de la cellule. Le tréhalose (sucre) y pourvoira. Cette symphonie anticongélation est, bien sûr, orchestrée par le cerveau, qui ordonne au foie de sécréter le glucose qui servira d'antigel et de nutriment aux cellules.

L'homme, s'inspirant de ses ancêtre du monde animal, a mis au point des techniques de congélation de cellules (spermatozoïdes, ovules...) et de structures simples (embryons peu développés, moelle osseuse, peau, cornée, artères...) dont le principe repose sur la dilution d'un cryoprotecteur (ou antigel moléculaire) et de nutriments dans la solution aqueuse qui les contient. Plusieurs types de cryoprotecteurs sont déjà au point. Les principaux sont le glycérol, le diméthylsulfoxyde (ou DMSO) et le 1,2-propanediol.

## Un business fructueux

**Alcor, numéro un mondial de la cryogénisation humaine, et six autres sociétés ont déjà congelé 70 corps et têtes dans des "super-thermos" (photo). Plus de 1 000 personnes attendent leur tour : un marché de 500 millions de francs.**



SANDER/LIAISONS/GAMMA

Ce dernier antigel, mis au point par Pierre Boultron, chercheur au CNRS et spécialiste des cryoprotecteurs, a été utilisé pour la congélation d'embryons humain peu développés.

Dès lors, pourquoi les techniques de conservation des organes humains, capitales pour les greffes, sont-elles si peu au point ? Jamais un cœur humain, ni un foie, ni un rein, ni tout autre organe complexe n'a pu être congelé puis ramené à la vie. Au mieux, on réussit à diminuer le métabolisme, donc la nécrose, des organes par "ischémie froide" (arrêt de la circulation du sang et refroidissement) à quelque 5 °C. Mais les organes se conservent bien peu de temps : un cœur, six heures ; un foie, douze ; un rein, soixante-douze.

## ICI, ON TUE PAR EMPOISONNEMENT

Si les grenouilles parviennent à survivre à la congélation, pourquoi pas nous ? Parce que nous sommes plus grands. Les écueils qui en découlent sont, pour l'instant, infranchissables. Car l'un des paramètres qui permettent de contrôler la croissance des cristaux est la vitesse de refroidissement. Plus la taille de l'organe est importante, plus le froid aura du mal à y pénétrer. Impossible d'appliquer une vitesse optimale de refroidissement à l'organe tout entier. A moins de le refroidir très lentement. Mais il risque alors d'entrer en décomposition avant d'avoir pu figer son métabolisme.

La deuxième difficulté vient de l'impossibilité de répartir le cryoprotecteur dans l'organe de façon homogène. Chez la grenouille, le cryoprotecteur (l'antigel moléculaire) imbibe naturellement l'ensemble des organes. Il est porté par la circulation sanguine, qui par définition pénètre dans tous les recoins du corps. Dans les organes humains, l'ajout de la substance, via l'une des artères, se fait après l'ischémie, c'est-à-dire après l'arrêt de la circulation sanguine. Il faut donc aller très vite, au risque de voir l'organe se nécroser. Si les régions situées au voisinage des principales artères seront bien imbibées de cryoprotecteur, les régions irriguées par de simples vaisseaux capillaires risquent de se trouver en manque d'antigel. Des cristaux de glace apparaîtront, ce qui mettra les cellules en danger.

La troisième difficulté découle de l'existence de nombreux types de cellules dans le même organe. Chacun exigera une vitesse de refroidissement et une concentration d'antigel spécifiques. Bref, quand telle cellule survit au



# pas près de s'accomplir

froid, telle autre pèrit.

Enfin, même si l'on résolvait les trois problèmes précédents, l'apparition de cristaux de glace extracellulaires, inoffensifs pour les cellules, détruirait la structure de l'organe. En effet, quand l'eau gèle, elle se dilate. Dans l'organe, au fil de la congélation, le volume initial d'eau est remplacé par un volume plus important de glace. Comme la bouteille, les capillaires vont exploser sous la pression de la dilatation.

En résumé, si la grenouille présente une mécanique extrêmement sophistiquée, l'homme ne dispose que d'outils grossiers.

N'y a-t-il vraiment aucun espoir ? Au contraire ! Ce domaine de recherche est extrêmement dynamique. Une nouvelle méthode de cryopréservation gagne du terrain, la vitrification des organes, développée aux Etats-Unis par l'équipe de Gregory M. Fahy, des Naval Medical Research Laboratories.

La thermodynamique (discipline qui étudie les échanges thermiques) nous apprend qu'un liquide, refroidi au-delà d'une certaine température, cristallise. Mais elle nous enseigne aussi que, dans des conditions extrêmes (refroidissement ultra-rapide avec surfusion), la cristallisation cède la place au phénomène de vitrification. Alors que la cristallisation d'un liquide s'accompagne, au niveau microscopique, d'un réaménagement moléculaire – ce qui explique la dilatation de l'eau qui gèle –, la vitrification, elle, découle de l'immobilisation pure et simple des molécules. Il n'y a plus de variation notable du volume. Le fluide devient solide, sans cristalliser. Tous les problèmes soulevés par les cristaux "assassins" disparaissent... tandis que d'autres surgissent. En effet, on obtient l'état vitreux d'un organe en l'imprégnant d'une grande quantité de cryoprotecteur, qui empêchera l'eau de cristalliser pendant qu'on abaisse sa température. Or, une trop grande concentration de cryoprotecteur se révèle toxique pour l'organe. Bref, on tue ici non pas par cristallisation mais par empoisonnement.

Des solutions partielles existent. En 1995,



## Mais pourquoi pas demain ?

**Pour l'instant, l'"hibernation artificielle" n'existe qu'au cinéma (ici, Sigourney Weaver, dans *Alien*).**

Gregory M. Fahy a pu refroidir des reins de lapin à  $-32^{\circ}\text{C}$  pendant une demi-heure, les réanimer puis les retransplanter sur le lapin avec succès. La clé de sa réussite ? Un mélange savamment dosé de plusieurs cryoprotecteurs, qui annulent mutuellement leur toxicité, du moins partiellement. Hélas, la question de la taille interdit toujours de transposer l'expérience à l'homme.

Mais, pour les chercheurs, tels que Pierre Boulton – qui a beaucoup étudié les conditions de vitrification – la congélation des organes humains n'est pas du tout une chimère, c'est seulement une question de temps.

En attendant, qu'en est-il des organes des soixante-dix corps (et têtes) conservés dans de l'azote liquide par des sociétés de congélation ?

Le *modus operandi* décrit par Alcor laisse présager de graves complications : nécrose des organes pendant le trajet vers le centre de conservation, mauvaise répartition du cryoprotecteur dans l'ensemble du corps, hétérogénéité de la vitesse de refroidissement... Et, au bout du compte, éclatement d'une grande proportion des cellules, tissus et organes des malheureux corps gelés.

## DES MICRO-ROBOTS POUR RÉPARER LES CELLULES ?

Certes, comme le promet la brochure d'Alcor, les avancées en nanotechnologie médicale pourraient, dans quelques décennies, fournir une solution : des micro-robots introduits dans l'organisme seraient capables de réparer une à une les milliards de cellules et de structures endommagées par la congélation. La difficulté de la tâche paraît néanmoins insurmontable, même dans un avenir lointain.

Bref, la volonté de "restaurer" le corps ou le cerveau d'êtres humains congelés est aussi insensée que le rêve de Frankenstein, qui prétendait construire un homme à partir d'un tas de chair inerte. De quoi donner des frissons au pauvre Michael, suspendu entre la mort et la mort, dans son super-thermos à  $-196^{\circ}\text{C}$ . ■



# BOMBE H

## De l'épopée à la

■ Le 12 août 1953, explose la première bombe thermonucléaire. Elle est soviétique. Comment l'URSS est-elle parvenue à devancer les Etats-Unis ? Hier enfants chéris du régime, les physiciens russes survivent aujourd'hui dans la misère. Une extraordinaire et dramatique épopée, racontée pour la première fois.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

**L**e soir du 31 octobre dernier, Vladimir Netchaï, directeur du centre nucléaire Tcheliabinsk-70, se tire une balle dans la tête.

Agé de 60 ans, ce physicien était entré au centre en 1958, dès la fin de ses études. Il avait participé à l'élaboration des armes thermonucléaires les plus avancées de l'Union sovié-

tique et s'était distingué par son sens de l'organisation et des responsabilités. Il avait reçu les plus hautes distinctions – la médaille de Lénine, l'ordre de l'Amitié des peuples. Nommé directeur du centre en 1988, il avait conservé ce poste après la disparition de l'Union soviétique, lorsque Tcheliabinsk-70 obtint le statut de centre nucléaire de la Fédération de Russie.

Cet épisode tragique clôt un chapitre peu connu de l'extraordinaire épopée qui permet à l'URSS de devancer les Etats-Unis d'Amérique dans la course à la bombe thermonucléaire – la bombe H. En voici le récit, pour la première fois publié en France.

Depuis 1945, les Etats-Unis disposent de la bombe atomique. La première bombe à usage militaire a été larguée au-dessus d'Hiroshima, le 6 août. Les dirigeants soviétiques, Joseph Staline et Lavrenti Beria en tête, veulent à tout prix acquérir l'arme terrible. Le programme de recherche est conduit

### Il s'est suicidé

Vladimir Netchaï dirigeait le centre nucléaire Tcheliabinsk-70. Il s'est donné la mort le 31 octobre 1996. Le délabrement de la Russie est tel qu'il ne pouvait plus payer ses phycisiens.



D. BALTERMANTS/NOVOSTI



par le physicien Igor Vassiliévitch Kourtchatov, alors âgé de 43 ans. En 1946, il achève la construction de la première pile atomique (réacteur nucléaire) d'Europe. Trois ans plus tard, il fait exploser la première bombe atomique soviétique – copie conforme de celle que les Américains ont expérimentée à Alamogordo (Nouveau-Mexique), le 16 juillet 1945. L'espionnage a bien rempli sa tâche...

Kourtchatov dirige, à Moscou, l'institut qui plus tard prendra son nom. Un jour du printemps 1946, ■ ■ ■



# tragédie



ROGER-  
VIOLET



## L'orgueil et la force

Les Américains avaient mis au point les premiers la bombe A. Les dirigeants soviétiques (ici, Staline, Malenkov et Beria) feront tout pour avoir la bombe H avant les Américains. La force de frappe soviétique sera rituellement exhibée lors des parades sur la place Rouge.



# Un espion révèle à Moscou le projet

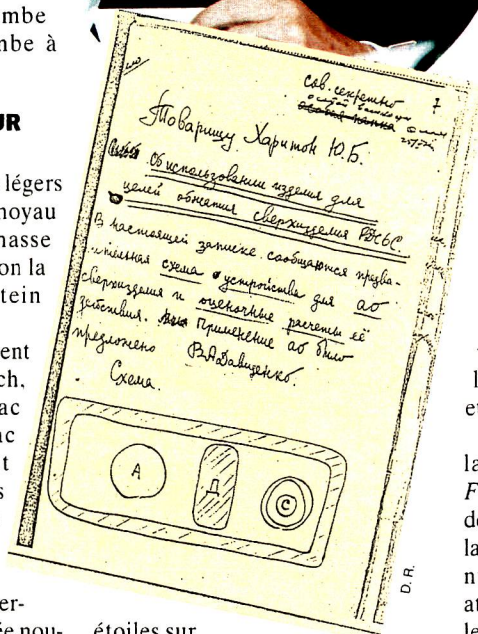
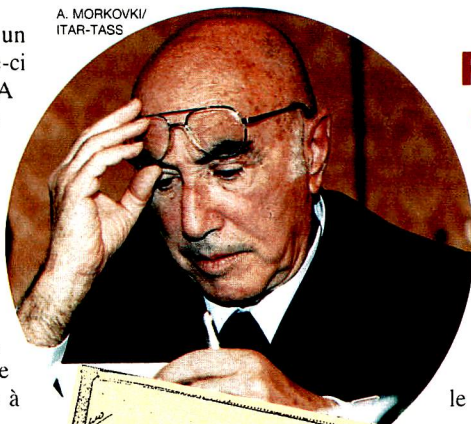
■ ■ ■ quatre physiciens lui présentent un nouveau projet de bombe : celle-ci utilise l'explosion d'une bombe A pour déclencher la fusion de deux noyaux de deutérium, isotope stable de l'hydrogène, l'atome le plus léger de l'Univers. Avantage : le processus de la fusion d'atomes légers est bien plus énergétique que celui de la fission de noyaux lourds, utilisé dans la bombe A. C'est le principe de la bombe thermonucléaire, ou bombe à hydrogène, la bombe H.

## "A CONSERVER POUR L'ÉTERNITÉ"

La fusion de deux atomes légers entraîne la formation d'un noyau lourd, avec une perte de masse transformée en énergie, selon la célèbre formule d'Einstein  $E = mc^2$ .

Les physiciens qui présentent ce projet, Yakov Zeldovitch, Youli Khariton, Isaac Pomerantchouk, et Isaac Gourévitch, deviendront célèbres. Les deux derniers pensent que les réactions du deutérium avec le tritium, un autre isotope de l'hydrogène, constituent la source d'énergie des étoiles (c'était une idée nouvelle à l'époque). Ils estiment aussi que, si l'on pouvait porter le deutérium à haute température, par exemple à l'aide d'une explosion atomique, on recréerait le feu des

A. MORKOVKI/  
ITAR-TASS



étoiles sur la Terre. Ils ont raison.

Gourévitch raconte aujourd'hui, dans le numéro daté novembre-décembre 1996 de la revue *The Bulletin of the Atomic Scientists*, que

## Rapport explosif

Yakov Zeldovitch est l'un des quatre physiciens qui définirent le principe de construction des bombes H transportables.

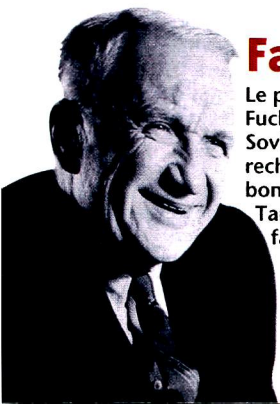
Ci-dessous, le schéma de ce procédé, sur une note simplement manuscrite.

le projet, simplement dactylographié, n'était pas classé "secret", et que le document a été conservé dans les dossiers ordinaires de l'Institut Kourtchatov. « Preuve, écrit-il, que nous ignorions tout des développements américains en ce domaine. » Si le rapport avait été le fruit des activités d'espionnage aux Etats-Unis, il aurait été classé *vietchno khranit* ("à conserver pour l'éternité"), c'est-à-dire ultra-secret, et serait demeuré inaccessible.

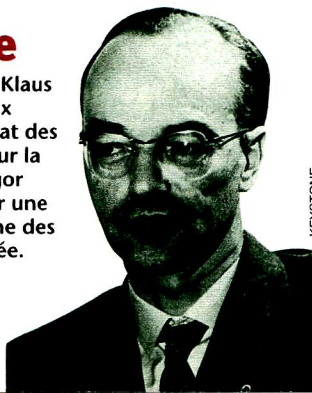
Il n'a été publié qu'en 1991, dans la célèbre revue russe *Ouspekhi Fizicheskikh Naouk* ("Les progrès des sciences physiques"). Tout y est : la description de la réaction thermonucléaire à l'aide d'une explosion atomique, la nécessité de maintenir le deutérium à très haute température et très concentré, pour amorcer et maintenir la réaction thermonucléaire. Le rapport suggérait aussi d'utiliser un conteneur massif pour ralentir la dispersion des neutrons provoquée par l'explosion atomique. Personne n'avait alors la moindre idée de ces notions.

## Fausse piste

Le physicien britannique Klaus Fuchs (à dr.) transmet aux Soviétiques, en 1946, l'état des recherches américaines sur la bombe H. Le physicien Igor Tamm (à g.) se lance sur une fausse piste : l'approche des Américains est erronée.



NOVOSTI



KEVSTONE

## UN PHYSICIEN DE 27 ANS NOMMÉ SAKHAROV...

A peu près au même moment, en avril 1946, se tient à Los Alamos (Nouveau-Mexique) une conférence secrète de physiciens occidentaux autour du projet américain de bombe thermonucléaire. L'un des



# américain

COURTESY OF D. HOLLOWAY



COURTESY OF D. HOLLOWAY



## L'état-major de la bombe

Igor Kourtchatov (ici, glorifié) fut le patron de l'atome soviétique de 1946 à sa mort, en 1960. Il coordonna les travaux des trois acteurs clés de la bombe H : celui qui l'a calculée, Mstislav Keldych (ci-dessus, à dr.) ; celui qui l'a fabriquée, Youli Khariton (en haut, à dr.) ; celui qui l'a perfectionnée, Andreï Sakharov (en haut, à g.). Quant à Sergueï Korolev (ci-dessus, à g.), il construisait le missile qui devait la lancer.

R. DEL TREDDIC/THE ATOMIC BULLETIN

participants, le physicien britannique d'origine allemande Klaus Fuchs en transmet les conclusions à des agents soviétique. Sa trahison est essentiellement idéologique...

Ironie de l'histoire : l'approche des Américains est erronée. Ils ont suivi l'idée du physicien d'origine hongroise Edward Teller, qui préconise l'utilisation d'un cylindre de deutérium liquide chauffé par l'explosion d'une bombe atomique. Le projet "tube", ou "saucisse", comme on l'appela par la suite, ne

pouvait donner naissance à une bombe H transportable. C'est seulement après l'arrestation de Fuchs, en 1950, que les savants américains s'en apercevront.

En possession des documents fournis par Fuchs, les physiciens soviétiques se lancent sur la piste du tube. Un groupe de chercheurs est désigné (par oukase !), sous la direction d'Igor Tamm, au sein de l'Institut de physique de l'Académie des sciences de Moscou. Un laboratoire est mis à leur disposition, dans

l'ancien monastère de la petite ville d'Arzamas, à 400 km à l'est de Moscou. Dirigé par Youli Khariton, Arzamas-16 va ouvrir la voie à la production des armes thermonucléaires.

En 1948, quelques semaines après le début des études théoriques, un jeune physicien propose une solution révolutionnaire. Andreï Sakharov, c'est son nom, a 27 ans... Le futur prix Nobel de la paix suggère de remplacer le tube par un "sandwich" d'éléments légers (deu-





# Pas un ministre à l'enterrement

■ ■ ■ térium, tritium) et d'un élément lourd, l'uranium 238. Il baptise cette structure sloïka (du russe *sloï*, "couche"). Selon ses calculs, une explosion atomique peut parfaitement déclencher la réaction thermonucléaire recherchée. Ses patrons décident de suivre la nouvelle piste, sans abandonner celle du tube.

En novembre 1952, les Etats-Unis testent sur l'île d'Eluglab de l'archipel Marshall, dans le Pacifique, un dispositif thermonucléaire d'une puissance de plus de 10 mégatonnes, plus d'une centaine de fois celle des premières bombes atomiques. L'engin, surnommé Mike, n'est pas une bombe et ne peut constituer une arme opérationnelle. C'est une structure de 65 tonnes, haute de deux étages, dont le combustible thermonucléaire (du tritium) est maintenu à une température proche du zéro absolu.

De leur côté, les Soviétiques ne chôment pas. Quelques mois plus tard, le 12 août 1953, la "bombe Sakharov", du type sloïka, explose sur l'île de Wrangel, dans l'océan Arctique, libérant une énergie de 400 kilotonnes. Le combustible ther-

monucléaire est du tritium et du lithium, sous forme d'un composé chimique solide qui, bombardé par les neutrons produits par la "gâchette" atomique, forme aussi du tritium, augmentant la puissance de l'explosion. Le procédé Sakharov permet de réussir du premier coup où les Américains ont échoué : la bombe est miniaturisée. Le dispositif, de mêmes dimensions que la première bombe A soviétique de 1949, est transportable par avion. Pour les ingénieurs et pour les militaires, il présente toutefois deux inconvénients majeurs : il requiert beaucoup de tritium, dont la préparation est coûteuse, et doit être utilisé dans les six mois qui suivent sa fabrication.

## SALAIRE DES SAVANTS : 250 F PAR MOIS

En novembre 1955, on teste une autre version de la sloïka, qui n'emploie pas de tritium. C'est une véritable bombe, larguée par avion d'une altitude d'un millier de mètres. Certes, son rendement n'est pas idéal : elle n'utilise pas de façon optimale l'énergie thermonucléaire. Mais c'est un atout politique considérable

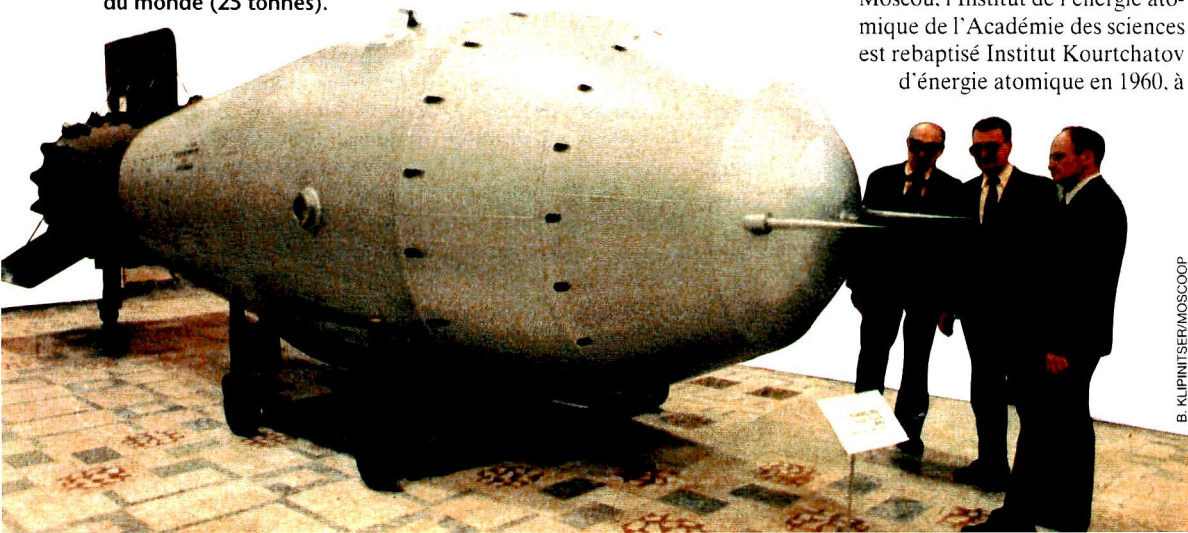
dans le contexte de la guerre froide : l'URSS a l'arme thermonucléaire, et les Etats-Unis ne la possèdent pas.

Un an plus tard, les atomistes russes, réunis à Moscou, renoncent définitivement à la méthode du tube d'Edward Teller. La sloïka fonctionne, mais on peut faire mieux... C'est alors que le physicien Victor Davidenko, directeur du département de physique nucléaire expérimentale de l'Institut, propose une "troisième voie", qu'il appelle l'implosion atomique : elle consiste à emprisonner la charge thermonucléaire dans un conteneur massif, qui réfléchirait au moins une partie des particules engendrées par la première explosion, pour contribuer à l'"implosion" thermonucléaire. La mise au point de cette arme redoutable sera un travail d'équipe, où Sakharov jouera un rôle décisif. La fabrication des bombes est délocalisée, comme on dirait aujourd'hui, dans les "cités fermées" (c'est-à-dire interdites) d'Arzamas et de Tcheliabinsk, créées en 1955. C'est à Tcheliabinsk que sera réalisée la version définitive de l'arme thermonucléaire.

Les instituts sont agrandis et bénéficient de généreux budgets. Les physiciens russes sont dorénavant les enfants chéris du pouvoir et jouissent de privilèges rares. A Moscou, l'Institut de l'énergie atomique de l'Académie des sciences est rebaptisé Institut Kourchatov d'énergie atomique en 1960, à

## La plus grosse bombe H du monde

Au musée des armes nucléaires de Tcheliabinsk-70, Vladimir Netchaï (au centre) était fier de présenter la plus grosse bombe à hydrogène du monde (25 tonnes).





# de Netchaï...

la mort du savant. Dans les années 80, il emploie 10 000 personnes ! L'Institut de physique théorique et expérimentale de la capitale compte quelque 3 300 salariés, et on en dénombre 2 700 à l'Institut Yoffe de Leningrad (du nom du physicien Abraham Yoffe).

Depuis la chute du régime soviétique, cette communauté de savants est quasiment clochardisée. Les salaires ont dégringolé – ils sont de l'ordre de 250 000 roubles par mois, soit environ 250 F. Payés avec retard, ils sont parfois immédiatement saisis par les banques pour combler les découverts. Autrefois gratuite, l'électricité est maintenant facturée ; en cas de non paiement, il arrive qu'on la coupe. On grelotte dans les laboratoires...

## « MOSCOU AVAIT MENTI... »

Dans les grandes villes, certains savants peuvent se débrouiller en prenant des petits emplois – chauffeur, interprète, portier d'hôtel. Mais ceux des "cités fermées" n'ont pas cette possibilité.

Le cas de Tcheliabinsk-70 est particulièrement dramatique. La ville de Sniéjinsk ("l'enneigée"), qui abrite le complexe nucléaire, compte 46 000 habitants. L'institut de recherche et le centre nucléaire fédéral, dont Vladimir Netchaï avait la responsabilité, emploient 16 000 personnes – plus du tiers de la population. Dans cette ville fermée, dépositaire d'encore bien des secrets, où aucun autre emploi n'est envisageable, le salaire est une question de survie.

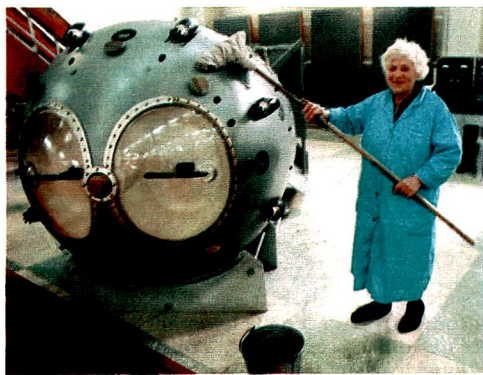
Au début de l'année 1996, le ministère de l'Energie atomique et le ministère des Finances avaient promis à Netchaï des crédits pour régler les

salaires – de 150 à 300 F par mois. Depuis plusieurs mois, les employés n'étaient plus payés. Ils devaient l'être enfin le 1<sup>er</sup> novembre, mais, le 31 octobre, Netchaï n'avait toujours rien obtenu. Il avait téléphoné plusieurs fois, on ne sait à qui. Dans la lettre qu'il écrivit avant de se suicider, il demandait simplement à être entermé à Sniéjinsk, où il avait travaillé pendant trente-huit ans.

Le journaliste scientifique Vladimir Goubarev écrit : « Netchaï ne savait pas ce qu'il pourrait dire le lendemain matin à ceux auxquels il avait promis leurs arriérés de salaire. Une fois de plus, Moscou avait menti. Netchaï, lui, ne pouvait plus tromper ses collaborateurs. Il savait qu'on s'évanouit parfois de faim, que des familles se nourrissent exclusivement des produits de leur jardin, que le directeur scientifique, l'académicien Avrorine, avait besoin de pommes de terre pour l'hiver. Sans pommes de terre, pas de survie, mais

## Le prototype

Exposée à Arzamas-16, la première bombe H soviétique. On la surnomme la bombe à lunettes.



V. SICHOV/SIPA PRESS



R. DEL TREDDIC/THE ATOMIC BULLETIN

## Le feu venu du froid

Le PC du polygone d'essais nucléaires, dans l'archipel de la Nouvelle-Zemble (extrême nord de la Russie). Ici, la statue de Lénine est encore debout.

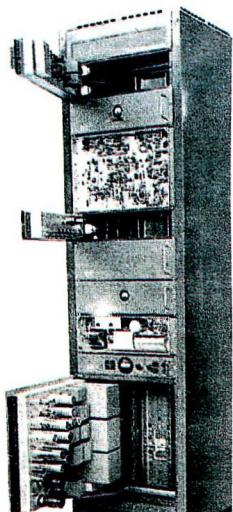
on ne livre plus de pommes de terre à la cité fermée de Sniéjinsk. »

Aucun membre du gouvernement ne se dérangea pour assister à l'enterrement de Netchaï, et peu de ses anciens collègues purent s'y rendre, le vol depuis Arzamas coûtant l'équivalent de 2 000 F. Grigori Yavlinski, qui dirige le parti libéral Yabloko, fit le voyage pour partager le modeste repas à la mémoire du Pr Netchaï : de la *koutiya*, plat traditionnel de funérailles fait de raisins secs, d'amandes et de germes de blé, des blinis, des pommes de terre bouillies et un demi-verre de vodka par personne. « Tel fut, écrit Yavlinski, l'adieu au scientifique qui avait reçu les plus grands honneurs de sa nation, qui aurait été reçu à

bras ouverts dans n'importe quel pays, et qui se souciait du sort de tous ceux qu'il connaissait. Netchaï a sacrifié sa vie pour attirer l'attention sur la triste condition de la science russe. On ne l'a pas entendu. Pas un seul représentant du gouvernement n'est venu à son enterrement. Pas de télégrammes, ni de couronnes de fleurs, rien... Le Kremlin s'est senti offensé parce que sa mort révèle à tous un terrible secret d'Etat : en Russie, personne ne peut garantir la sécurité des programmes thermonucléaires. » ■



# Il y a 40 ans



## La première horloge atomique

L'Atomichron ne varie que de 3 secondes par siècle! C'est une horloge à quartz piézoélectrique dont les oscillations sont "surveillées" par un étalon de fréquence très stable : les vibrations internes des noyaux atomiques.

N° 472 - JANVIER 1997 - 100 F

**SCIENCE**

**VIE**

et

Bibliothèque 2001

**VOITURETTES :**  
moins de 4 lit. aux 100 km

- Les microballons
- Multis moins d'accidents de ski
- Crise d'énergie en Europe
- L'horloge atomique
- Les trois Prix Nobel
- Les perles de culture...

**L'AGE DE L'AIR**  
Voir page 48

**Janvier 1957**

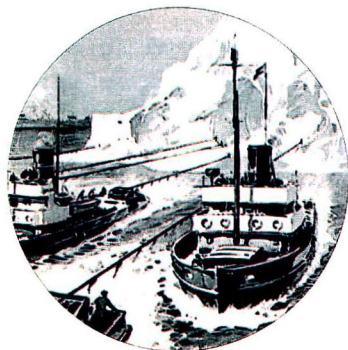
Au cours des évolutions acrobatiques, le pilote de chasse ne sait même pas si son propre appareil est en vol normal ou sur le dos. Il ne connaît pas d'autre horizon que l'avion de son chef de file. Astreints à un entraînement incessant, soumis à un régime spartiate, les pilotes de chasse sont à la fois les moines et les aristocrates de l'armée de l'air.

PHOTOS X - TOUTS DROITS RÉSERVÉS



## Le Goggomobil

Ce coupé bavarois, bizarrement baptisé du surnom du fils du constructeur, est de la génération des voituresses. Équipé d'une boîte de vitesse présélective, à commande électromagnétique, il atteint, en 300 cm<sup>3</sup>, 100 km/h.



## Les Californiens veulent importer des icebergs

Les calculs de John D. Isaacs sont sérieux et le projet rentable. L'idée de cet ingénieur océanographe est de remorquer un iceberg sur le courant de Humbolt et de l'amarrer au large de la Californie. Là, l'eau de fonte suffirait à alimenter Los Angeles et sa région pendant un an.

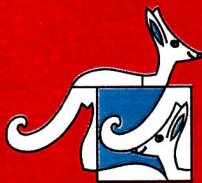
## Ski, os et fractures

Le manque d'entraînement favorise les chutes. Mais, grâce à cette attache de sécurité qui comprend une plaque métallique pivotante sur laquelle la chaussure est fixée, le pied peut tourner sur le ski sans l'abandonner. Dès que la torsion a cessé, le dispositif revient à sa position initiale.



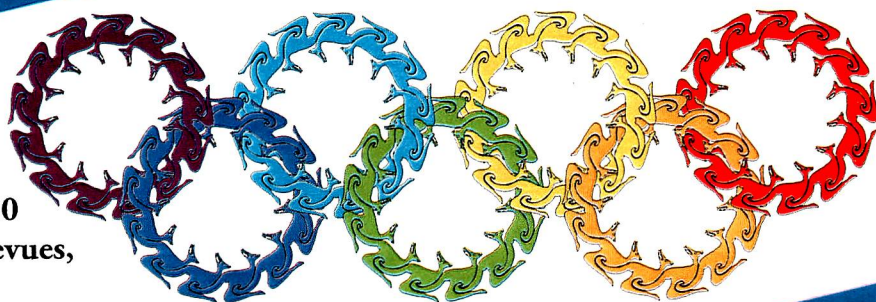


# WorldWide KANGOUROU 1997



<http://www.cogitel-forum.fr/kang>

## FÊTE DES MATHS...

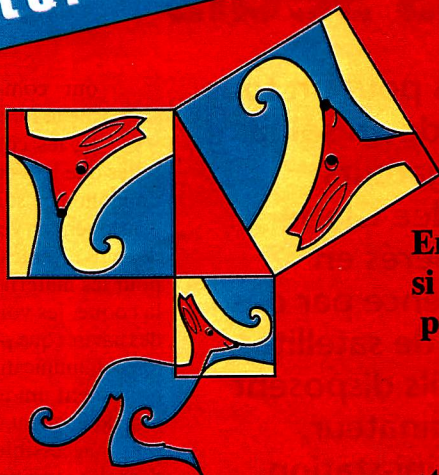


- ...et gagnez
  - 1 voyage à Sydney aux J.O. de l'an 2000
  - des livres, des revues, des puzzles,
- en participant au  
« Mondial du Kangourou des Mathématiques »  
du 21 au 28 mars 1997.

<http://www.cogitel-forum.fr/kang>

### Comment jouer ?

- Commandez « Les Kangourous de Poincaré » (franco 60 F) à MATHS & MALICES, 50 rue des Écoles, 75005 Paris.
- Le vendredi 21 mars à partir de 12 heures (U.T.), connectez-vous pour connaître les questions et répondez avant le 28 mars à minuit.
- Deux niveaux :
  - Matheux professionnels
  - Amateurs



En France,  
si vous êtes  
professeur  
ou élève  
(Ecoles,  
Collèges  
et Lycées) :

Entraînements,  
Règlement complet,  
Inscriptions,  
Toute information,  
sur minitel,  
3615 KANG





# Les solitaires ne sont plus seuls

■ Partis pour un tour du monde en solitaire, les navigateurs du Vendée Globe sont repérés en permanence par des réseaux de satellites. A bord, ils disposent d'un ordinateur, d'une mini-station météo, de cartes numérisées... Et pourtant, la magie de l'exploit demeure...

PAR HENRI-PIERRE PENEL

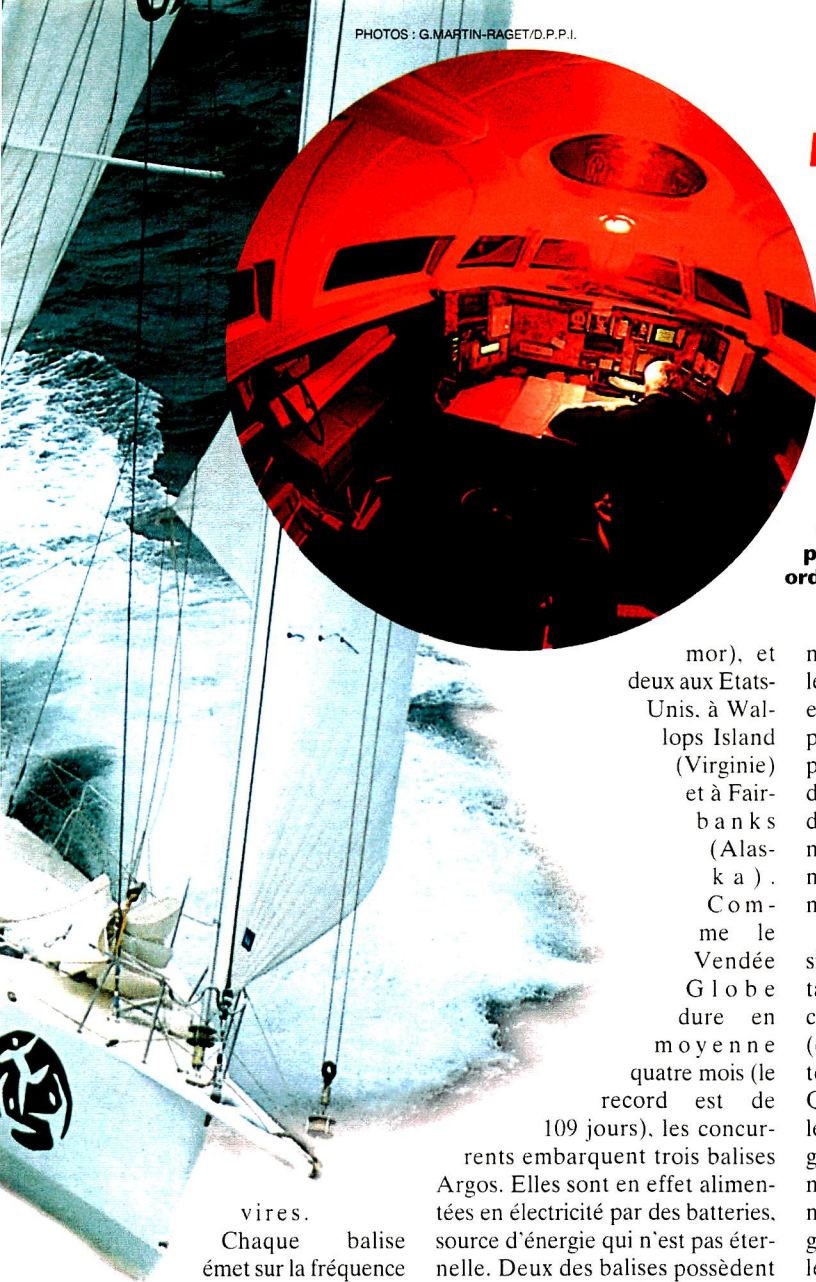
**T**out comme la formule 1 automobile, les courses de voiliers telles que le Vendée Globe (tour du monde en solitaire sans escale) constituent un véritable banc d'essai des plus récentes technologies. Tant pour les matériaux qui composent la coque, les voiles et le gréement des navires que pour les systèmes de télécommunications. Une occasion quasiment unique de vérifier leur fonctionnement dans les régions les plus inaccessibles de la planète et dans des conditions qui n'ont rien à voir avec celles des laboratoires.

Par le miracle de ces technologies, ces hommes et ces femmes qui affrontent en mer les plus grands dangers, qui défient seuls les éléments, n'ont en réalité jamais été si entourés. Grâce aux dispositifs de télécommunications, le PC de la

course connaît à chaque instant leur position exacte sur l'océan. On comprend aisément l'intérêt de cette "surveillance" : elle permet d'établir le classement provisoire de la compétition, elle facilite les secours en cas d'accident et elle donne aux navigateurs la faculté de se repérer avec précision, donc de choisir la meilleure route.

Argos est le plus célèbre des systèmes de localisation mis en œuvre. Trois satellites de la NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration), qui tournent en permanence sur une orbite polaire, reçoivent l'émission des "balises" embarquées sur les na-





## Marin, technicien, stratégie...

**Même assisté par une constellation de satellites, un puissant ordinateur et une foule d'appareils de bord, le skipper (à gauche, Yves Parlier avant son abandon; ci-dessus, Christophe Auguin) reste seul maître à bord. Le règlement du Vendée Globe interdit, en effet, le guidage des concurrents par les coéquipiers (et leurs ordinateurs!) demeurés à terre.**

mor), et deux aux Etats-Unis, à Wallops Island (Virginie) et à Fairbanks (Alaska). Comme le Vendée Globe dure en moyenne quatre mois (le record est de

109 jours), les concurrents

embarquent trois balises Argos. Elles sont en effet alimentées en électricité par des batteries, source d'énergie qui n'est pas éternelle. Deux des balises possèdent une autonomie de 90 jours, la troisième une autonomie de 50 jours.

Argos est également en mesure de transmettre un signal de détresse, que le skipper peut actionner manuellement ou qui se déclenche automatiquement s'il passe par-dessus bord. Enfin, comme en matière de sécurité deux précautions valent mieux qu'une, les voiliers sont équipés de balises Sarsat-Cospas, qui utilisent le réseau de communication du SMDSM (Système mondial de détresse et de sécurité en mer). Déclenchées manuelle-

ment, elles alertent sur-le-champ les centres régionaux de sauvetage en mer, et la localisation ne prend pas plus de trois heures. Selon la position du navire, le signal est soit directement reçu par les stations de radio marine côtière, soit transmis par les satellites du réseau Inmarsat, spécialisé dans les télécommunications maritimes.

Inmarsat, du moins dans sa version Inmarsat M, constitue un véritable radiotéléphone planétaire. Il complète le réseau radio BLU (émetteurs-récepteurs ondes courtes). Qu'ils soient perdus dans les Quarantièmes rugissants... ou dans le triangle des Bermudes, les navigateurs ne sont jamais coupés du monde. Quatre satellites géostationnaires couvrent toute la surface du globe et acheminent en permanence les communications vers des stations terrestres. Inmarsat est "bidirectionnel" : l'information circule dans les deux sens. Il permet aux navigateurs aussi bien de recevoir les images des satellites météorologiques que d'envoyer des fax. Comme un réseau téléphonique, il peut acheminer des images ou des séquences vidéo numérisées.

Inmarsat M a cependant un handicap : la transmission est assurée par une antenne parabolique qui doit être parfaitement pointée vers l'un des quatre satellites. Or, sur un bateau qui tangue, roule et se dépla-

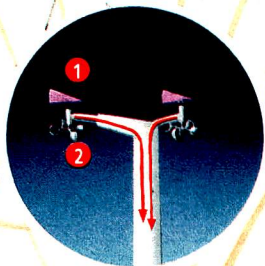
vires.

Chaque balise émet sur la fréquence de 401.650 MHz. C'est le déplacement du satellite sur son orbite qui permet la localisation du voilier par effet Doppler : lorsque le satellite se déplace en direction de la balise, il capte une fréquence légèrement supérieure à celle qui est réellement émise. Quand il s'en éloigne, la fréquence diminue. L'analyse des variations de fréquence détermine la position de la balise, à 350 mètres près. Les informations sont traitées par trois stations au sol : une en France, à Lannion (Côtes-d'Ar-



## Un voilier sous monitoring

- 1 Girouette. 2 Anémomètre.
- 3 Accéléromètre. 4 Inclinomètre.
- 5 Compas. 6 Capteur Loch.
- 7 Capteur de température de l'eau. 8 Echosondeur (sonar).
- 9 Antenne Inmarsat C. 10 Antenne Inmarsat M. 11 Antenne BLU.
- 12 Antenne GPS. 13 Balise Argos.
- 14 Balise Sarsat. 15 Centrale de navigation.
- 16 Télécommande de la centrale de navigation.
- 17 Ordinateur de bord. 18 Capteur de position de barre.
- 19 Moteur de gouvernail. 20 Satellite NOAA.
- 21 Satellite GPS. 22 Base Argos.
- 23 Station radio-marine (BLU).



■ ■ ■ ce, aucune antenne fixe ne peut y parvenir. Il faut avoir recours à une antenne asservie, que des petits moteurs électriques orientent en permanence.

Pour faire le point, le navigateur n'a plus besoin de sextant : le GPS (Global Positioning System) l'a avantageusement remplacé. En comparant les signaux de référence horaire émis simultanément par

trois satellites, les récepteurs GPS donnent la position du navire à 100 mètres. Ils sont tout à fait comparables à ceux qu'utilisent les randonneurs ou certains automobilistes.

Une fois sa position déterminée,

le skipper doit choisir sa route en fonction de la météo. Le service Neptune de Météo France lui fournit des cartes météorologiques et des prévisions issues de simula-



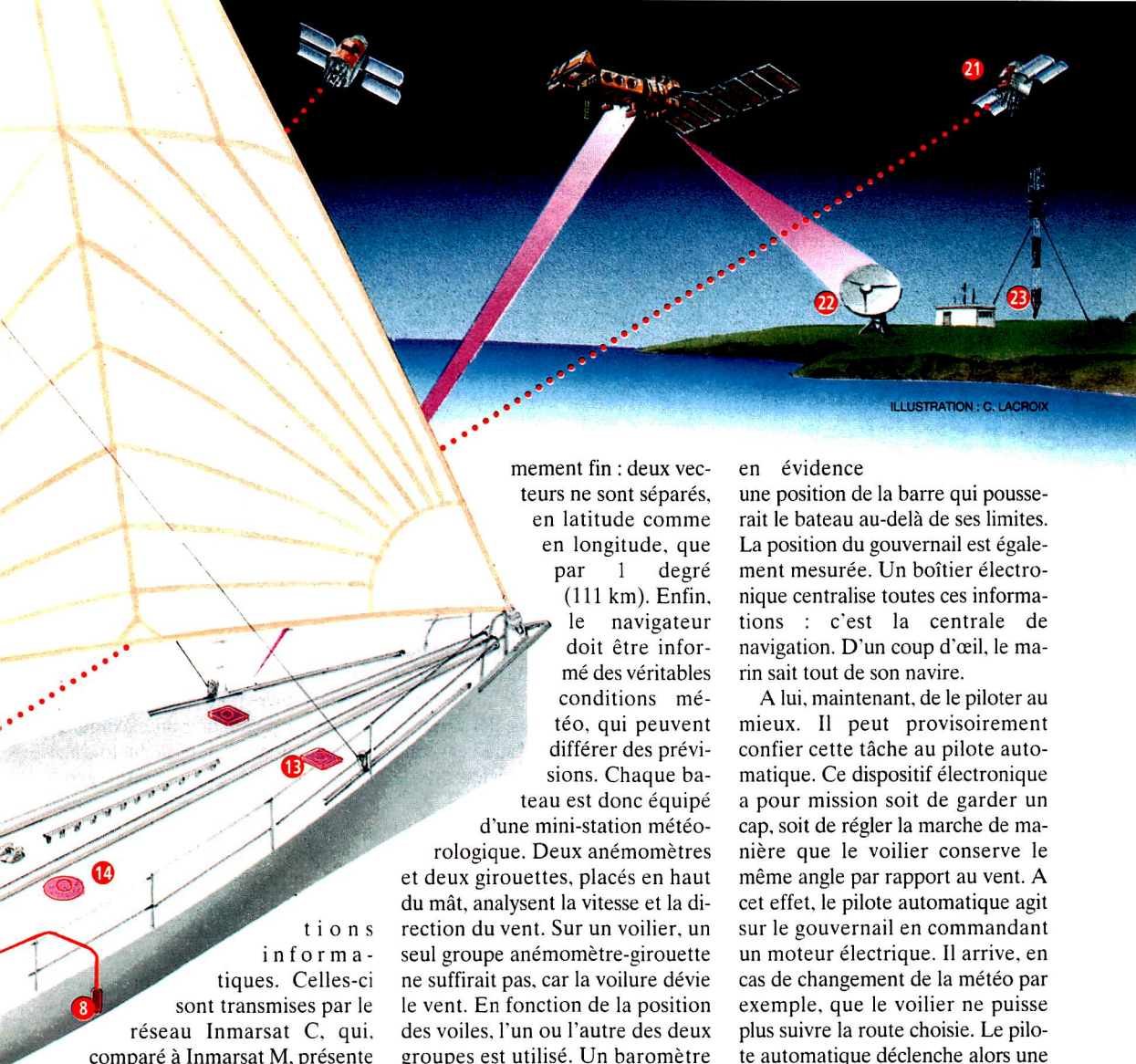


ILLUSTRATION : C. LACROIX

mement fin : deux vecteurs ne sont séparés, en latitude comme en longitude, que par 1 degré (111 km). Enfin, le navigateur doit être informé des véritables conditions météo, qui peuvent différer des prévisions. Chaque bateau est donc équipé

d'une mini-station météorologique. Deux anémomètres et deux girouettes, placés en haut du mât, analysent la vitesse et la direction du vent. Sur un voilier, un seul groupe anémomètre-girouette ne suffirait pas, car la voilure dévie le vent. En fonction de la position des voiles, l'un ou l'autre des deux groupes est utilisé. Un baromètre électronique mesure la pression atmosphérique ; des sondes électroniques évaluent la température de l'eau ; un compas électronique indique le cap suivi.

Pour que le skipper puisse évaluer le comportement de son voilier, une batterie de mesures est effectuée en permanence. Deux capteurs loch (mini-turbines immergées), un de chaque côté de la coque, donnent la vitesse. La gîte interdit l'emploi d'un unique capteur : il se trouverait hors de l'eau dès que le bateau penche. Un inclinomètre analyse cette gîte, ainsi que le tangage. Placé à l'arrière du voilier, un accéléromètre détecte les mouvements latéraux. Ils peuvent mettre

en évidence

une position de la barre qui pousserait le bateau au-delà de ses limites. La position du gouvernail est également mesurée. Un boîtier électronique centralise toutes ces informations : c'est la centrale de navigation. D'un coup d'œil, le marin sait tout de son navire.

A lui, maintenant, de le piloter au mieux. Il peut provisoirement confier cette tâche au pilote automatique. Ce dispositif électronique a pour mission soit de garder un cap, soit de régler la marche de manière que le voilier conserve le même angle par rapport au vent. A cet effet, le pilote automatique agit sur le gouvernail en commandant un moteur électrique. Il arrive, en cas de changement de la météo par exemple, que le voilier ne puisse plus suivre la route choisie. Le pilote automatique déclenche alors une alarme, afin que le skipper lui donne de nouvelles instructions.

## DES PRÉVISIONS MÉTÉO CONSTAMMENT AFFINÉES

Les éléments que nous venons de décrire sont relativement standard. Comme dans la majorité des grandes courses, les concurrents du Vendée Globe utilise également un ordinateur de bord (voire deux, comme sur le PRB de la malchanceuse Isabelle Autissier). L'une de ses premières fonctions est d'analyser les fichiers météo transmis par le service Neptune. Les indications sur le vent (force et direction) étant données sous forme de coordonnées de vecteurs, l'ordinateur est

tions  
infor-  
matiques. Celles-ci  
sont transmises par le  
réseau Inmarsat C, qui,  
comparé à Inmarsat M, présente  
l'avantage d'être captable par une  
antenne fixe. L'installation de réception  
est moins coûteuse, mais c'est un réseau  
monodirectionnel : le navire reçoit des  
informations mais n'en émet pas. Impossible,  
par exemple, d'établir une liaison  
téléphonique.

Globales ou régionales, les cartes  
météo sont transmises sous la forme  
de fichiers numériques. A bord du  
voilier, un récepteur-décodeur les  
affiche sur écran. Elles indiquent la  
force et la direction du vent, la houle,  
les isobares et la température de la  
surface de la mer. Les vents sont  
représentés par des vecteurs répar-  
tis sur un quadrillage de la surface  
de la terre. Ce maillage est extré-



■ ■ ■ parfaitement capable de les interpréter, ce qui lui permet, notamment, d'optimiser les prévisions.

Dans l'hémisphère sud, une perturbation prend fréquemment de

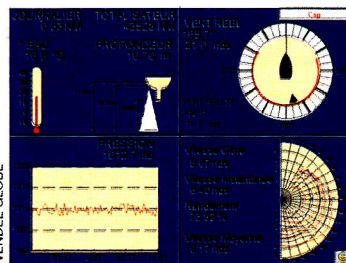
## Les voiliers pourraient presque courir sans skipper...

l'avance ou du retard sur la prévision, ou bien son intensité diffère de l'estimation. En comparant les fichiers météo avec les relevés effectués sur le bateau – données qu'il reçoit de la centrale de navigation –, l'ordinateur détermine des

facteurs de correction, qu'il applique aux prévisions.

En compétition, il est bien sûr essentiel d'évaluer le rendement de voilier : exploite-t-il le vent au mieux ? Ne pourrait-il avancer encore plus vite ? L'ordinateur a en mémoire les caractéristiques techniques du bateau : vitesse maximale pour un vent d'intensité donnée, angle optimal que doit former la voile et le vent, manière de prendre la houle, etc. Pour mesurer le rendement, l'ordinateur puise dans la centrale de navigation les valeurs de la vitesse du bateau, de la gîte, de l'angle de barre, de la force et de la direction du vent. Le rendement s'exprime en pourcentage. Si, par exemple, l'ordinateur indique un rendement de 60 %, le skipper comprend qu'il ne tire pas le meilleur parti de son voilier. A lui de corriger le cap ou le réglage des voiles...

L'ordinateur peut faire beaucoup mieux, à l'aide des logiciels dits de



## Commandant en second

L'ordinateur de bord, ici le système Potiron, affiche les informations transmises par les satellites. Relié également aux appareils de bord (anémomètres, girouettes...), il peut calculer, notamment, le rendement du voilier, paramètre indispensable pour optimiser sa marche.



## Sous le regard des satellites

Chaque concurrent est informé de la route de ses adversaires ①. Sur le relevé du 2 décembre, on voit qu'Isabelle Autissier, sur PRB, a abandonné. Inmarsat C transmet aussi, sous forme de fichiers numériques, des prévisions météo et un relevé des vents ②. Cette représentation vectorielle complète la photo satellite ③.

roulage. Bien qu'ils soient interdits sur le Vendée Globe, nous les évoquerons pour montrer à quel point la navigation peut être optimisée. Comme l'ordinateur dispose de prévisions météo, valables, selon les cas, à deux, trois, voire cinq jours, ce logiciel en déduit le comportement du bateau dans ces conditions météorologiques, par calcul du rendement. Il détermine la

route à suivre pour que le voilier exploite ses possibilités au maximum. Il suffit au navigateur de lui fournir le point de départ, le point d'arrivée et, éventuellement, des points de passage imposés. Le logiciel Maxi, d'Informatique et Mer, est un grand classique du genre.

Enfin, la mémoire de l'ordinateur renferme l'ensemble des cartes marines de la traversée. Comme la position de bateau est connue grâce au GPS, l'ordinateur le situe automatiquement sur la carte. De son côté, Inmarsat communique les positions de tous les

concurrents, également reportées sur la carte : le navigateur connaît en permanence sa place dans la course.

A vrai dire, les technologies actuelles permettraient presque de construire des "voiliers robots" naviguant sans skipper. Une course de machines ? Que deviendraient l'exploit, l'émotion, le drame ? Les organisateurs du Vendée Globe ont donc sagement proscribed certaines options. Car le tour du monde en solitaire sans escale est d'abord une fantastique aventure humaine. ■



**Abonnez-vous dès aujourd'hui à  
SCIENCE & VIE...**

**Et recevez gratuitement  
votre téléphone portable et son équipement complet (\*) !**

**1 an d'abonnement  
soit 12 numéros  
de SCIENCE & VIE**

**= 226 francs**

**+**

**votre téléphone GSM Philips Fizz  
et son équipement complet**

**pour 1 franc supplémentaire (\*)**

**(les frais de dossier vous sont aussi offerts !)**

**= 227 francs  
seulement !**

**EN CADEAU DE BIENVENUE**

**votre cordon de recharge de voiture  
(à brancher sur votre allume cigare)  
+ votre chargeur de batterie  
+ votre housse personnelle  
de transport en cuir.**

**Votre économie :  
689 francs TTC !**

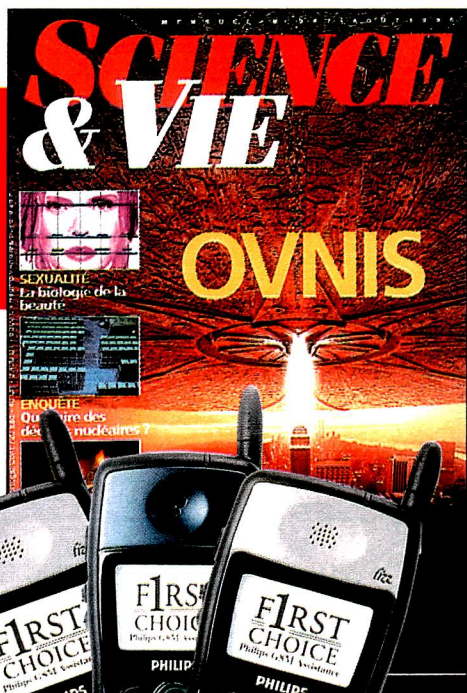


PHOTO NON CONTRACTUELLE

**Aussi performant  
qu'esthétique, le Fizz  
de Philips ne pèse que  
169 grammes pour  
une épaisseur de 17  
mm. Merveille de la  
recherche européenne  
en télécommunication,  
il dispose en outre d'une auto-  
nomie de batterie (en  
veille) de 45 heures.**

## BULLETIN D'ABONNEMENT A SCIENCE & VIE

à compléter et à renvoyer dans une enveloppe affranchie à **SCIENCE & VIE** - Service Abonnements - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15

**COCHÉZ  
SVP  
LA FORMULE  
QUE VOUS  
CHOISISSEZ**

☐ CALH

☐ CALB

**OUI, je profite sans attendre de votre promotion et je m'abonne pour 1 an à SCIENCE & VIE (226 francs). Pour 1 franc de plus seulement, je souhaite bénéficier de votre offre pour l'obtention de mon téléphone GSM équipé (\*).**

**● Je règle seulement 227 francs et je réalise ainsi une économie de 689 francs ttc par rapport à la valeur totale de l'ensemble (916 francs).**

**Je m'abonne uniquement à SCIENCE & VIE pour 1 an, soit 12 numéros pour 226 francs et je réalise une économie immédiate de 50 francs par rapport au prix de vente des 12 magazines en kiosque (276 francs). Je ne souhaite pas recevoir le téléphone portable Fizz.**

**● Ci-joint mon règlement de 226 francs.**

(\*) L'envoi du téléphone portable et son équipement ainsi que la gratuité des frais de dossier sont subordonnés à l'ouverture par vos soins auprès de la Société AL Communication de votre ligne SFR ou ITINERIS. Notre offre vous permet d'accéder au choix à l'un des formules d'abonnement suivantes : "Proximité", "Professionnel" et "Premier" pour SFR ; "Référence" et "Affaire" pour ITINERIS. Cette offre n'est pas cumulable avec une souscription SFR ou ITINERIS déjà contractée : elle est uniquement réservée pour un premier abonnement à SCIENCE & VIE, à la France métropolitaine et valable jusqu'au 28/02/1997. Les documents complets nécessaires à l'obtention de votre ligne SFR ou ITINERIS (au choix) vous seront personnellement adressés par la Société AL Communication, ceci dès l'enregistrement de votre abonnement par SCIENCE & VIE. Sous réserve de l'acceptation de votre dossier de demande d'ouverture de ligne par AL Communication, votre téléphone et son équipement complet (chargeur de batterie + cordon allume cigare de recharge automobile pour votre GSM + housse de transport en cuir) vous parviendront sous huitaine. Votre abonnement au réseau SFR ou ITINERIS porte obligatoirement sur une durée minimale de 12 mois à raison d'un règlement par prélèvement automatique mensuel correspondant à la formule que vous aurez demandée, ceci aux tarifs opérateurs en vigueur. Les frais de communication téléphonique seront à votre charge. La responsabilité d'Exclavier Publications sur cette offre promotionnelle est contractuellement limitée à la seule fourniture de l'abonnement à SCIENCE & VIE.

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

● Le règlement de l'une ou de l'autre des deux formules est à effectuer par chèque bancaire ou postal à l'ordre d'Exclavier Publications.

● La souscription à l'une ou à l'autre de ces deux offres implique pour le futur abonné la pleine et entière acceptation de tous les termes du présent document.

Conformément à la loi du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données personnelles vous concernant présentes dans nos fichiers. Vous pouvez par ailleurs être amené à recevoir des propositions adressées d'autres associations ou sociétés que la nôtre. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom adresse et si possible votre référence de client.

Date et signature obligatoires



# La force de l'inertie

Sur les voitures électriques, le stockage de l'énergie pose un problème épineux : malgré leur taille et leur poids, pas moyen d'échapper aux batteries. Or il existe une autre solution, le volant d'inertie, aujourd'hui considérablement amélioré.

PAR RENAUD  
DE LA TAILLE





**E**n voiture, chaque coup de frein est une perte d'énergie. Comme l'énergie est une denrée qui n'a rien de gratuit, chaque fois qu'on s'arrête à un feu rouge, on vide un peu plus sa tirelire. Bien entendu, il y a longtemps que cette constatation a été faite et qu'on a cherché à récupérer cette énergie pour l'employer ensuite à relancer le véhicule. Le hic, c'est que stocker de l'énergie, ne serait-ce que le temps que le feu passe au vert, a toujours posé des problèmes énormes.

On pourrait utiliser l'élasticité : le frein, au lieu de pincer les roues pour les arrêter, les couplerait à un puissant ressort qui se trouverait remonté au moment de l'arrêt. La formule, excellente pour les petites autos du rayon jouets ou pour les horloges, réclamerait des ressorts trop puissants pour les voitures.

On pourrait aussi stocker l'énergie sous forme électrique : au freinage, les roues entraîneraient une dynamo qui chargerait un accu. Le procédé a été appliqué aux voitures électriques équipées de batteries et aux chemins de fer : la rame qui ralentit envoie du courant dans les rails pour celle qui démarre.

Dernière formule, faire appel au volant d'inertie, dont le principe est fort simple : un disque pesant mis en rotation autour de son axe. L'énergie cinétique de translation du véhicule de masse  $m$  lancé à la vitesse  $v$ , qui vaut  $1/2 mv^2$ , est transférée par un couplage approprié à un volant qui va se trouver lancé à la vitesse angulaire  $\Omega$ . Ce transfert freine le véhicule, dont la vitesse est convertie en rotation du disque.

Pour repartir, on fait le couplage inverse, et l'énergie cinétique du volant ( $1/2 J\Omega^2$ , où  $J$  est le moment d'inertie de ce volant) est transférée aux roues pour relancer la voiture. Cette formule a été utilisée en Suisse et en Allemagne sur des trol-

leybus, mais, malgré sa simplicité, elle se heurte à une difficulté majeure, en l'occurrence le couplage entre roues et volant.

Il ne peut être question d'un accrochage direct, puisque le volant doit tourner de plus en plus vite tandis que les roues ralentissent jusqu'à s'arrêter. Il faut donc un accouplement à variation continue, à l'image d'un changement de vitesse qui commencerait sur le plus petit rapport pour terminer sur le plus grand. On peut obtenir cet effet, soit à l'aide d'un convertisseur hydraulique, soit par une liaison souple formée d'une dynamo reliée à un moteur électrique.

C'est cette dernière formule, considérablement affinée, que teste actuellement l'industriel américain Jack Bitterly, ingénieur en chef de la firme US Flywheels Systems. Ce chercheur a d'ailleurs poussé la

technique au-delà de la seule récupération de l'énergie dissipée en pure perte au freinage : le volant remplace les batteries pour stocker l'énergie du réseau électrique quand le véhicule ne sert pas, et il la restitue quand il roule. Ce sera donc une voiture électrique alimentée par un accumulateur cinétique.

## DE LA MATIÈRE TOURNANT À TOUTE VITESSE

De fait, tout objet en mouvement est un réservoir d'énergie, puisqu'il faut lui opposer une force résistante pour l'arrêter. Un volant d'inertie est constitué de matière lancée à toute vitesse, mais en rond, et là encore il faut une force de résistance pour ralentir la rotation jusqu'à l'arrêt. Cette force, ce peut être justement celle dont une voiture a besoin pour avancer.

On pourrait penser qu'un disque lourd, même bien lancé, constitue un modeste réservoir d'énergie, et qu'il ferait

## Un concentré d'énergie

**Jack Bitterly, l'ingénieur qui a conçu le nouveau volant d'inertie (à droite), et Henry Chase, le président de la firme, tiennent chacun de quoi faire parcourir 25 km à une voiture : il suffit pour cela que ces disques en fibre de carbone (également ci-contre) soient lancés à 100 000 trs/min.**





■ ■ ■ à peine parcourir quelques mètres à un véhicule de 1 tonne. Erreur : un volant tournant à plusieurs milliers de tours par minute équivaut, du point de vue de l'énergie cinétique, à une voiture roulant bon train. Pour s'en convaincre, il suffit d'imaginer une grosse roue, celle d'une locomotive par exemple, lancée à plusieurs

Pour emmagasiner le maximum d'énergie, on aurait donc intérêt, en théorie, à augmenter à la fois la vitesse angulaire  $\Omega$ , la masse  $M$  et le rayon  $R$  du volant. En pratique, on est très vite limité par la force centrifuge, qui croît simultanément et tend à faire éclater le disque.

En effet, tout comme la pierre

entre densité et résistance du matériau. Ce compromis, les ingénieurs savent le calculer : pour stocker le maximum d'énergie dans un volant d'inertie, il faut optimiser le rapport entre la résistance à la rupture du matériau et sa densité.

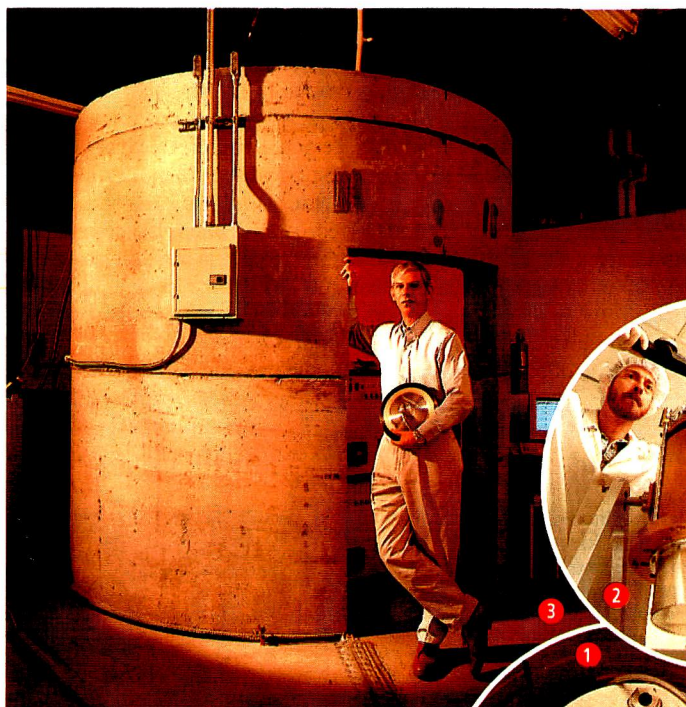
Pour les très bons aciers, ce quotient est de l'ordre de 1 million; avec les fibres de carbone, il atteint 17 millions. A masse égale, un matériau cinq fois plus léger que l'acier peut donc stocker dix-sept fois plus d'énergie, car il est aussi trois fois plus résistant, et c'est ce qui importe face à la force centrifuge, qui augmente comme le carré de la vitesse.

A l'inverse du métal, un enroulement de fibre ne constitue cependant pas un disque homogène, et les chercheurs ont dû affronter de grandes difficultés pour l'utiliser :

mis en rotation rapide, un volant composé de fibres enrobées de résine se met à enfler comme un rouleau de cordages qu'on ferait tourner autour du bras ou, pire, commence à se dérouler. De plus, il se dilate de manière irrégulière, créant des balourds, qui, aux vitesses pratiquées, provoquent des secousses et des vibrations d'une telle intensité que tout part en morceaux.

Pour venir à bout de ces difficultés, Jack Bitterly a dû se procurer de puissants ordinateurs, tandis que son fils Steve, excellent programmeur, rédigeait les logiciels aptes à traiter le comportement des 50 000 cellules élémentaires du disque de carbone à tous les régimes de rotation. Ils ont pu ainsi savoir comment bobiner les fibres pour éviter les problèmes.

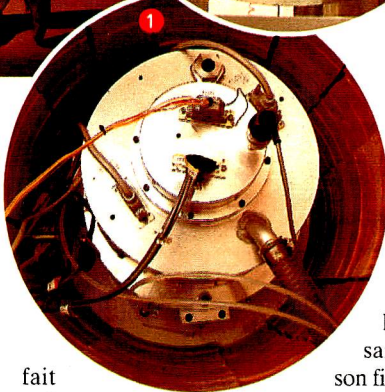
Ils ont ensuite relié l'ordinateur à des machines à commande numé-



PHOTOS L. PSIHAYOS/MATRIX/COSMOS

## Maîtriser la force centrifuge

Les volants d'inertie montés dans leur carter en acier - 1 et 2 - sont testés dans une chambre en béton 1 : en cas de rupture, la force centrifuge a autant de puissance qu'un explosif.



centaines de tours par seconde.

Inutile d'être devin pour comprendre qu'on n'arrêtera pas cette roue du plat de la main, comme on le fait pour une roue de vélo.

L'énergie cinétique de rotation, nous l'avons dit, est égale à  $1/2 J \Omega$ . Pour un disque plein, de masse  $M$  et de rayon  $R$ , son moment d'inertie autour de l'axe,  $J$ , vaut  $1/2 MR^2$ .

qu'on fait tourner au bout d'une fronde tire sur la corde de la fronde, chaque parcelle du matériau constituant le volant tire sur la matière située au-dessous d'elle vers le centre, et elle tire d'autant plus fort qu'elle est plus lourde, donc plus dense. Il en résulte qu'il faut, comme toujours, trouver un compromis



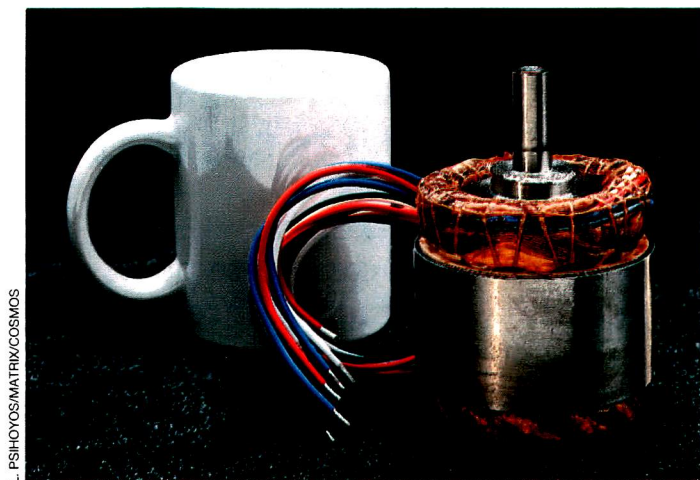
rique qui contrôlent la tension de la fibre de carbone au cours du bobinage, sa vitesse de défilement, l'angle de tissage des nappes concentriques, la quantité de résine époxy à instiller entre les fibres, etc. Ce système automatisé leur a permis de construire des disques faits de nappes incroyablement serrées et tenaces, renfermant, en poids, jusqu'à 86 % de fibres, alors que les composites habituels n'ont que 60 % de fibres. Or, la très faible ténacité de la résine, qui sert de liant, constitue le point faible du système.

Restait à faire tourner ce disque miracle aux 100 000 tours/min prévus. A ce régime, ni les paliers lisses ni les diverses formes de roulements à bille ou à rouleaux ne conviennent : les frottements leur font perdre trop d'énergie. Seuls les paliers à lévitation magnétique étaient adaptés, mais les paliers disponibles sur le marché étaient trop rudimentaires pour un volant qui doit subir les chocs et les vibrations d'une voiture ordinaire.

## LES ALÉAS DE LA ROUTE

Il a donc fallu dessiner et fabriquer des paliers magnétiques, avec contrôle informatique en temps réel de l'entrefer, car jamais l'axe ne doit venir au contact du support. Cet asservissement automatique de la force de sustentation magnétique en fonction des secousses a nécessité une étude industrielle complète. Pour éviter la moindre turbulence autour du volant, celui-ci est enfermé dans un carter étanche où règne un vide poussé.

Pour le lancer, puis pour récupérer l'énergie emmagasinée, Bitterly a construit un alternateur/moteur guère plus gros qu'une chope, dont la masse n'excède pas 1,5 kg. Notons ici que la plupart des machines électriques sont réversibles : une dynamo, qui fournit du courant quand on la fait tourner, devient un moteur si on lui envoie du courant. Réciproquement, tout moteur peut servir de dynamo. Même chose pour un alternateur. Lors de la conception d'un



L. PSHOYOS/MATRIX/COSMOS

## 4 000 watts dans une chope

**Ce moteur/générateur, utilisé pour lancer le volant d'inertie puis pour récupérer l'énergie emmagasinée, peut, malgré sa taille réduite, développer une puissance de 4 kW.**

montage destiné à être alternativement moteur et générateur, la difficulté consiste à obtenir un rendement élevé dans les deux fonctions.

L'ensemble complet, avec ses capteurs et ses circuits intégrés de contrôle, a une masse de 40 kg. Le disque seul pèse 22,7 kg. Il a 30,5 cm de diamètre et 7,5 cm d'épaisseur, et tourne à 100 000 tours/min, soit près de 1 700 tours par seconde. Ce qui lui permet d'emmagasiner une énergie de 4 kWh. Transposons cette valeur au cas d'un cycliste qui dépense en moyenne 100 W pour rouler à 25 km/h. Ces 4 kWh lui permettront de rouler pendant quarante heures, donc de parcourir 1 000 km sans poser les pieds sur les pédales. En revanche, cette énergie serait insuffisante pour conduire une voiture un peu loin, mais Jack Bitterly propose une solution très simple : multiplier le nombre des volants.

Chacun de ceux-ci possède, nous l'avons vu, un moteur/alternateur qui va d'abord servir à lancer le volant jusqu'à 100 000 tours/min en le branchant sur le secteur. Ensuite, pour récupérer l'énergie stockée, on fait travailler le montage en alternateur, et l'on envoie le courant à des moteurs électriques installés dans les roues. C'est donc bien une voiture électrique à accumulateur cinétique. Pour disposer d'une ré-

serve d'énergie raisonnable, on utilise seize volants montés deux par deux en rotation opposée afin de neutraliser les effets gyroscopiques, qui sont très forts à ces régimes.

Les seize volants représentent 64 kWh d'énergie pour une masse totale de 640 kg - il faudrait 1 500 kg de batteries classiques au plomb pour stocker la même énergie. Comme une voiture standard (berline familiale cinq places) demande environ 15 kW pour rouler à 90 km/h, les 64 kWh lui permettront de parcourir environ 425 km. Distance variable selon le parcours et la circulation : en ville, avec les arrêts fréquents, elle peut tomber à 300 km.

## EMBARQUÉ DEMAIN SUR LES SATELLITES ?

La prochaine étape, la concrétisation du projet, exige l'aide d'un grand constructeur, seul capable d'apporter les moyens techniques et financiers nécessaires à l'adaptation de ce nouveau mode de stockage de l'énergie aux véhicules existants. D'autre part, l'automobile n'est pas le seul domaine d'application du volant d'inertie : il serait également très efficace sur les trains, et même sur les satellites, où il servirait à la fois au guidage (effet gyroscopique) et au stockage de l'électricité fournie par les panneaux solaires. ■



# L'usure prohibée

■ L'usure des surfaces par frottement est un casse-tête pour les scientifiques et un gouffre financier pour les industriels. Un nouveau microscope visualise au millionième de millimètre près les défauts, qui seront ensuite corrigés.

PAR GÉRARD MORICE

**A**utomobiles, machines-outils, centrales énergétiques, appareils électriques, robots domestiques : tout ce qui bouge ou tourne frotte et tout ce qui frotte s'use... Les Allemands ont même chiffré les pertes provoquées dans leur industrie par les frottements : 80 milliards de DM par an (environ 270 milliards de francs). En France, Bernard Rigaut, du Centre technique des industries mécaniques (CETIM), estime que le coût de l'usure – qui, avec la corrosion, est la principale dégradation de tout système physique – se chiffrerait à 164 milliards de francs par an. Soit 3 % du produit industriel brut (et 4 % pour la corrosion)!

## DES MICROSCOPES QUI PALPENT LA MATIÈRE

Depuis longtemps, les scientifiques tentent de limiter les frottements entre deux pièces mécaniques. Cette étude s'appelle la tribologie (du grec *tribein*, "frotter"). Elle avait déjà intrigué les anciens. Lucrèce notait dans *De natura rerum* : « Avec les années, l'anneau

que nous portons au doigt s'amincit en dedans; la chute répétée d'une goutte d'eau creuse la pierre; et les statues d'airain montrent des mains usées par le baiser des passants qui les adorent. Ces objets diminuent donc par l'usure. Mais quelles particules s'en retirent à tout instant ? La nature nous en a dérobé le spectacle. »

Hier empirique, la tribologie est devenue une science, grâce à l'apparition des microscopes qui palpent la matière à l'aide d'une pointe ultra-fine. L'allègement et la miniaturisation constants des objets fabriqués (moteurs, capteurs, disques de stockage pour ordinateur), ainsi que la minceur des nouveaux revêtements – quelques nanomètres (1 nm =  $10^{-9}$  m) – exigent désormais d'analyser les surfaces de contact avec beaucoup plus de finesse.

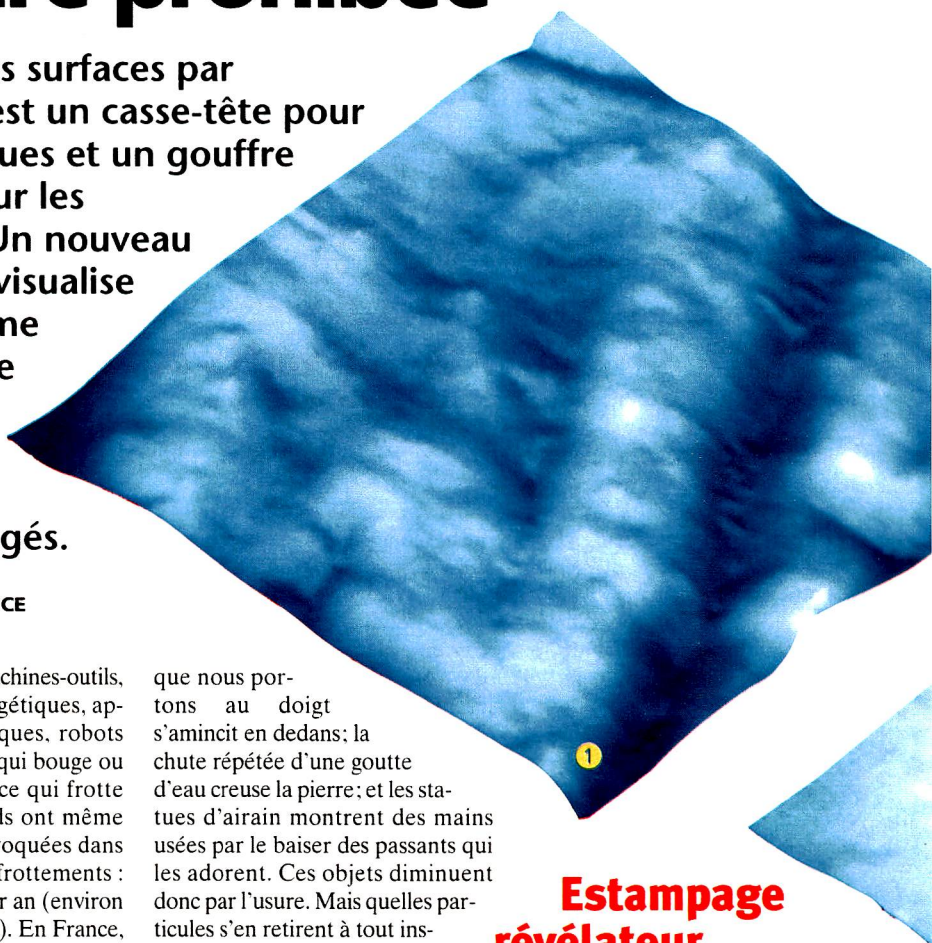
Des ingénieurs du Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM), à Neuchâtel, viennent de

## Estampage révélateur

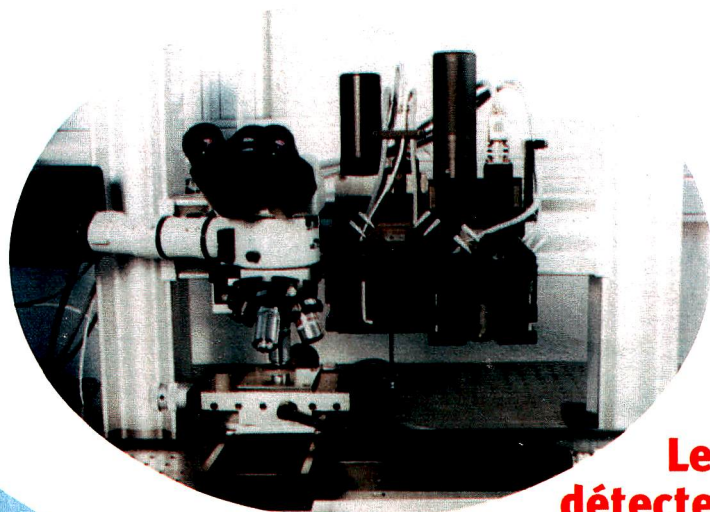
Observé à l'aide du microscope de la page ci-contre, cet échantillon d'aluminium ❶ creusés par le polissage. La déformation, ou estampage, par une pointe de diamant adjointe à l'appareillage, a formé un cratère ❷, qui démontre la grande plasticité du matériau, donc sa sensibilité

aux frottements.

mettre au point, pour étudier les couches minces des revêtements de protection, un instrument qui travaille à l'échelle du nanomètre. Il utilise un microscope à "force atomique" (son grossissement lui permet d'"observer" les atomes). L'élément de détection de cet appareil est une fine lame élastique d'envi-







## Le détecteur nanométrique

**Ce microscope est muni d'une fine pointe qui détecte les "rugosités" de l'échantillon. Le grossissement du dispositif permet de distinguer des défauts de l'ordre du nanomètre ( $10^{-9}$  mètre).**



ron 100 micromètres de long ( $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$ ), à laquelle est incorporée une pointe très aiguë – le façonnage de cette sonde de mesure fait appel à des méthodes de micro-fabrication issues de la technologie des semi-conducteurs. On met en contact la pointe avec la surface de l'échantillon et, pour chaque point, on mesure la déformation de la lame à l'aide d'un capteur de posi-

tion dont la précision est d'environ 0,1 nm. Un positionneur piézo-électrique maintient une force constante entre la pointe et l'échantillon, quelle que soit la position de la lame. Un ordinateur enregistre la tension électrique appliquée au positionneur. Comme celle-ci est proportionnelle à l'"altitude" de la lame, et donc au relief de la surface, en balayant ligne par ligne la surface, on reconstitue le "paysage nanométrique" du matériau.

Ce microscope permet la mesure d'aspérités inaccessibles aux autres méthodes de détection.

Pour tester la dureté des revêtements, les industriels utilisent déjà l'"indentation" : on déforme localement la surface à l'aide d'une pointe de diamant (c'est ce qu'on appelle l'estampage ou le poinçonnage) dont on mesure la force d'appui. Puis on observe la déformation à l'aide d'un microscope électronique, la dureté étant fonction de la profondeur de pénétration de la pointe dans le matériau.

Mille fois plus fine que celle des microscopes électroniques, la pointe de l'instrument du CSEM se place au nanomètre près sur l'échantillon à analyser : on peut ainsi l'appuyer sur un grain particulier d'un alliage métallique ou sur une "montagne" microscopique du revêtement. En effet, vue à fort grossissement, même la plus lisse des surfaces ressemble au relief alpin ! Lorsque deux surfaces entrent en contact, ce sont évidemment les sommets, même nanométriques, qui frottent en priorité.

### SENSIBLE À LA PRESSION D'UNE PATTE DE MOUCHE

L'appareil du CSEM est également doté d'une remarquable résolution (1) dans sa capacité à comparer les surfaces de l'échantillon, avant et après l'estampage. Grâce à cet instrument, les laboratoires (2) peuvent désormais appliquer lors de l'estampage une force allant jusqu'à  $10^{-9}$  newton – celle qu'une patte de mouche exerce sur le sol – et voir parfaitement son impact sur une surface dite "plate".

En possession de ces mesures, les industriels peuvent modifier les revêtements de leurs produits de façon à réduire les frottements au minimum. ■

(1) Propriété d'un instrument optique qui permet la vision ou la reproduction distincte de deux points rapprochés.

(2) Quatre des appareils mis au point par le CSEM viennent d'être livrés. L'un est testé en France, au Laboratoire de science et génie de surface de l'université de Nancy ; les autres chez des industriels européens de l'automobile et du nucléaire.



# Le calcaire ne passera pas!

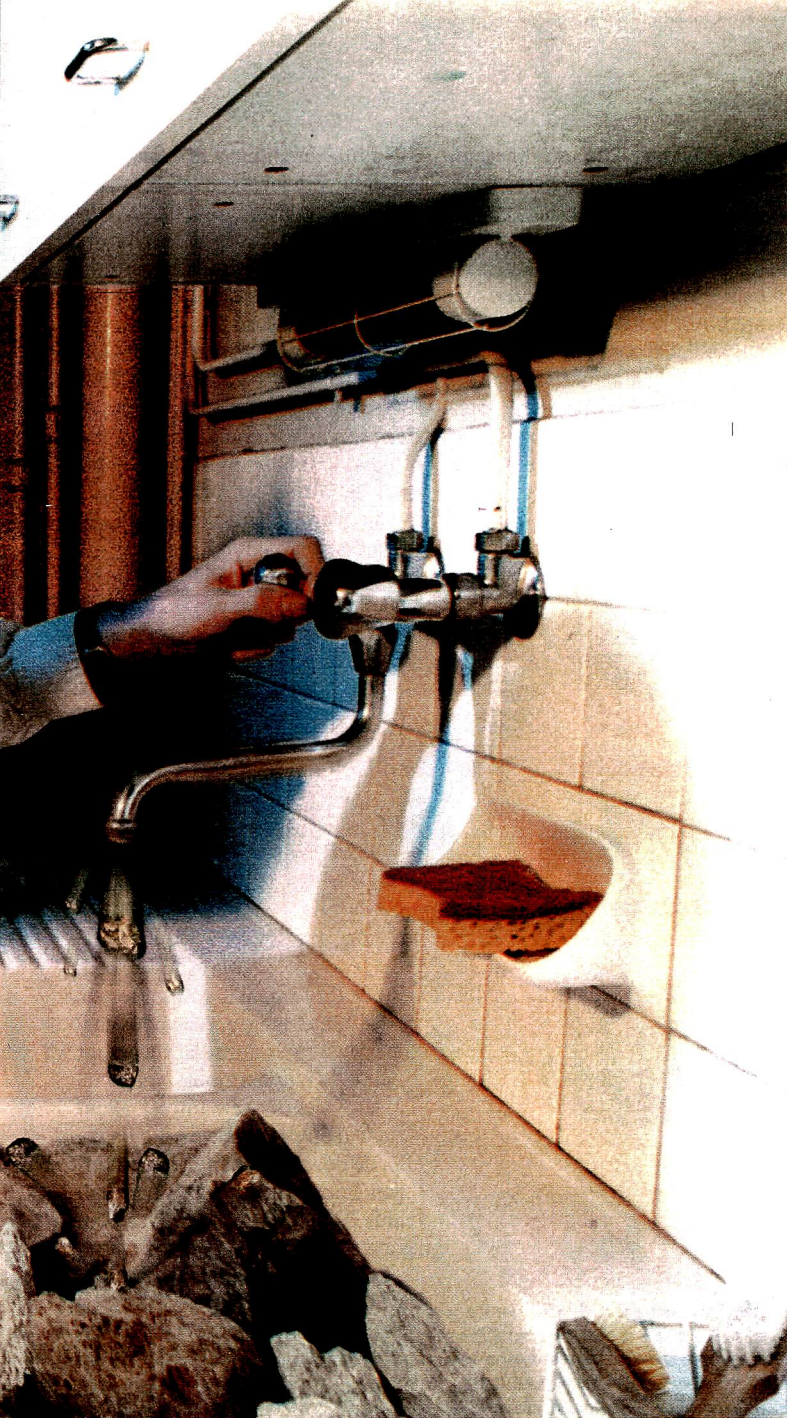
PAR HENRI-PIERRE  
PENEL



■ Terreur des équipements sanitaires, le calcaire peut être combattu par les adoucisseurs d'eau. Sur ce marché considérable, deux types d'appareils rivalisent : les adoucisseurs à résine et les dispositifs magnétiques. Que choisir?

■ Il bouche les conduites, fait "griller" les ballons d'eau chaude, encrasse les équipements sanitaires. Bref, si le calcaire fait le bonheur des plombiers, il est la terreur des habitants des zones où l'eau en est fortement chargée. Ainsi s'explique le succès que remportent les adoucisseurs d'eau. Un





C. GAILLARD

marché de plus de 1 milliard de francs en 1995 (1), qui progresse de 15 à 20 % par an et que se disputent plus de 120 entreprises. Il est néanmoins impossible d'évaluer précisément le nombre d'appareils en service, certains fonctionnant depuis plus de trente ans.

Les adoucisseurs réduisent le

taux de calcaire dissous. Pour exprimer ce taux, on parle de dureté de l'eau, qui est mesurée par son titre hydrotimétrique (le TH) exprimé en degrés français (°f). Un degré français correspond à 10 milligrammes de calcaire dissous par litre d'eau. Par exemple, une eau de dureté 25 °f compte 250 mg

de calcaire dissous par litre. Une eau douce de bonne qualité – comme celle du Massif central ou celle du Morvan – a une dureté comprise entre 10 et 20 °f. Cependant, il n'est pas rare, surtout lorsque l'eau est issue de pompages dans la nappe phréatique, que sa dureté atteigne 90 °f – par exemple, en certains endroits de la région parisienne ou de la côte bordelaise.

Nous ne nous intéresserons ici qu'aux équipements des maisons individuelles. Dans les immeubles ou les collectivités, seul le réseau d'eau chaude est traité : le traitement de l'eau froide est interdit, afin d'éliminer tout risque de contamination microbienne de l'eau potable. Les habitants ne consomment pas, du moins, en théorie, d'eau adoucie. Nous ne parlerons donc que des appareils montés sur l'arrivée d'eau principale de la maison, dont le traitement s'applique aussi bien au réseau d'eau froide qu'au réseau d'eau chaude.

### L'ARSENAL ANTICALCAIRE

Pour les particuliers, deux techniques seulement sont utilisées : les adoucisseurs à échange d'ions et les dispositifs magnétiques. Les premiers, dits adoucisseurs à résine, fonctionnent selon un principe assez simple. L'eau traverse une enceinte remplie de microbilles poreuses en résine (du PVC alimentaire, identique à celui des emballages des denrées). Le calcaire contenu dans l'eau ( $\text{CaCO}_3$ ) échange, au passage, son ion  $\text{Ca}^{++}$  (calcium) contre un ion  $\text{Na}^+$  (sodium). L'ion  $\text{Ca}^{++}$  reste prisonnier des résines. L'eau se trouve donc débarrassée du calcaire. Quant aux ions sodium, ils sont entraînés avec l'eau potable et consommés en même temps qu'elle (2).

L'ennui, c'est que la capture des



(1) Source : Union des entreprises d'affinage de l'eau (UAE).

(2) Si aucune étude n'a mis en évidence un risque de santé lié aux ions sodium, les adoucisseurs, pour être conformes à la norme AFNOR, ne doivent cependant pas rejeter plus de 150 mg/l de sodium.



■ ■ ■ ions  $\text{Ca}^{++}$  par les résines n'est pas éternelle. Les microbilles se satureront progressivement, et le dispositif devient inefficace. Sur ce type d'adoucisseur, il faut donc réguliè-

## Une eau "trop" adoucie ronge la tuyauterie

rement "régénérer" les résines. A cet effet, un dispositif d'électrovannes isole temporairement l'enceinte contenant les billes et les baigne dans de l'eau salée. Le sel ( $\text{NaCl}$ ) leur fournit au passage les nouveaux ions  $\text{Na}^+$  et les débarrasse des ions  $\text{Ca}^{++}$ . Le processus d'échange d'ions, est, en effet, réversible.

Un rinçage des résines s'effectue ensuite automatiquement. Cette phase est indispensable pour éviter d'envoyer de l'eau salée dans le réseau de l'habitation. Enfin, les électrovannes reprennent la position de fonctionnement normal de l'adoucisseur. Ce "cycle de régénération", qui s'effectue la nuit, dure en moyenne deux heures et consomme environ 200 l d'eau.

Les adoucisseurs à résine sont incontestablement efficaces. Mais cet atout peut devenir un handicap. Non pas que la consommation d'eau "trop adoucie" soit dangereuse pour la santé : il s'agit d'une eau dont on a retiré le calcaire et non d'une eau totalement déminéralisée. Le risque provient du fait que l'eau trop adoucie devient un véritable solvant universel. Elle attaque la tuyauterie et les joints. Des fuites apparaissent sur l'installation d'eau de l'habitation. Rongées, les canalisations finissent par se percer. Plus grave encore, tout au long de son parcours

dans les tuyaux, l'eau se charge de substances diverses, cuivre, étain, plomb.... dont la consommation est évidemment nocive.

Pour remédier à ces inconvénients, les adoucisseurs à résine sont systématiquement équipés d'un "by-pass". Ce conduit annexe permet d'injecter une petite quantité d'eau non traitée, donc "dure", dans l'eau, totalement dépourvue de calcaire, issue de l'adoucisseur. Un robinet module le débit de ce circuit afin d'envoyer juste la quantité

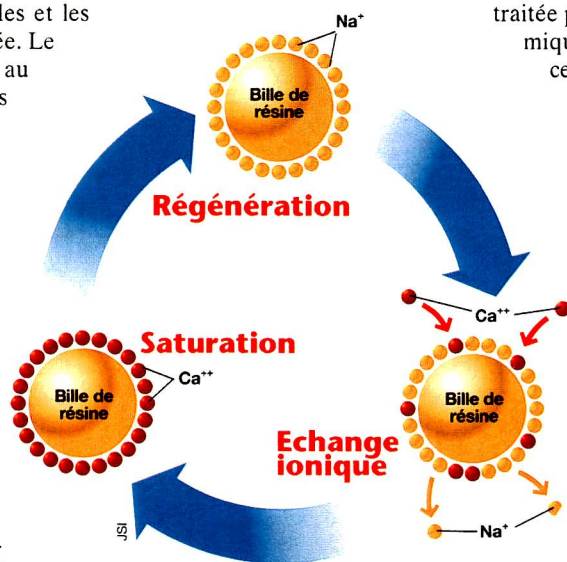
d'eau nécessaire à l'obtention du taux de calcaire souhaité. L'AFNOR (Association française de normalisation) préconise une dureté comprise entre 10 et 20 °f.

Mais les billes de résine posent elles aussi un problème. Microporeuses, baignées dans l'eau en permanence, elles constituent un milieu particulièrement propice à la prolifération de micro-organismes. Quand le fonctionnement est normal, le risque est quasiment nul. Avant d'être distribuée chez les particuliers, l'eau potable est toujours traitée par un procédé physicochimique. Elle conserve ainsi, un certain temps, des propriétés très légèrement antiseptiques. Le chlore ou l'ozone, notamment, introduits par le centre de traitement parviennent aux billes de résine et assurent une "désinfection" suffisante pour arrêter la prolifération microbienne.

En revanche, pendant une absence prolongée, l'eau peut stagner dans l'adoucisseur plusieurs jours, voire plusieurs semaines, avant d'être renouvelée. Le risque de développement de micro-organismes devient alors considérable. Cependant, aucun accident grave n'a jamais été déploré.

Quelques précautions suffisent pour éliminer tous ces risques. La première, c'est de déclencher manuellement le processus de régénération, après chaque absence prolongée. L'apport d'eau du réseau tue les microbes qui auraient pu se développer durant la période d'inutilisation. (Tous les appareils existants sont équipés d'une commande manuelle.)

Le sel qu'utilise l'adoucisseur doit également répondre à des critères précis. Il doit respecter la norme AFNOR T 90612, qui garantit sa pureté physique (absence



## La ronde des ions

**L'élimination du calcaire de l'eau se fait grâce à des microbilles de résine synthétique chargées d'ions sodium ( $\text{Na}^+$ ). Les ions calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) de l'eau viennent, par échange ionique, prendre la place des ions  $\text{Na}^+$  sur les microbilles. Mais la résine se sature progressivement en  $\text{Ca}^{++}$ . Il faut donc la régénérer en la rechargeant en  $\text{Na}^+$ .**

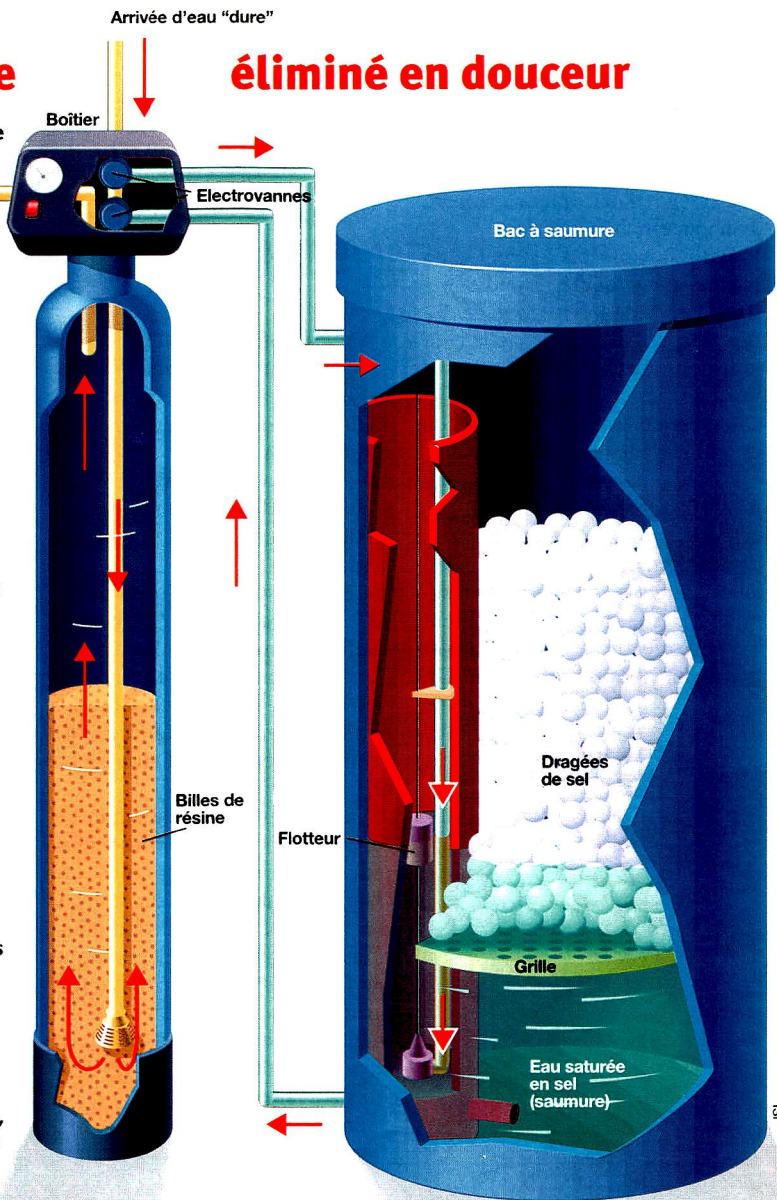
**On immerge pour cela les billes dans de l'eau salée. Les ions  $\text{Na}^+$  qu'elle contient remplacent alors, par un nouvel échange ionique, les ions  $\text{Ca}^{++}$  sur les billes.**



## Le calcaire

## éliminé en douceur

Un adoucisseur d'eau à résine se compose d'un boîtier de commande, d'une "bouteille" contenant des billes de résine et d'un bac à saumure. L'eau "dure" qui arrive du réseau de distribution traverse des microbilles de résine qui la débarrassent de son calcaire par échange d'ions (voir le dessin page ci-contre). L'eau adoucie est ensuite introduite dans les canalisations de la maison. Les microbilles de résine doivent être régulièrement rechargées en sodium par un bain dans de l'eau saturée en sel (saumure). Dans le bac à saumure, des "dragées" de sel, retenues par une grille, trempent en permanence dans une quantité d'eau maintenue constante par un flotteur. Pour déclencher le processus de régénération des microbilles, on coupe l'arrivée d'eau "dure" du réseau grâce à une électrovanne. Par effet de siphon, la saumure est alors aspirée depuis le bac vers la bouteille, où elle régénère les billes de résine. Un rinçage à l'eau dure débarrasse la bouteille de l'eau salée, pour ne pas envoyer de sel dans le réseau de l'habitation. Une fois le cycle de régénération achevé, les électrovannes reprennent leur position normale, et l'adoucisseur est de nouveau prêt à fonctionner.



de matières inertes pouvant former des boues), sa pureté chimique (sel pur, à l'exclusion de tout autre composant) et, surtout, sa pureté microbiologique (absence de tout germe pathogène).

Autre précaution à observer : il faut régulièrement contrôler la dureté de l'eau traitée, ainsi que l'efficacité de la régénération et du rinçage. Ces mesures se réalisent à l'aide d'un matériel spécifique et de réac-

tifs colorés. Seul un spécialiste est en mesure de mener à bien de telles opérations. Le mieux est donc de souscrire un contrat de maintenance. La plupart des vendeurs d'adoucisseurs proposent de tels contrats, dont le coût varie de 300 F à 500 F par an. L'AFNOR prépare une norme visant à les standardiser : ils devraient comprendre au moins deux visites annuelles et garantir l'efficacité et la salubrité de l'installation.

Les experts – Jean-Luc Godet, du ministère de la Santé, Georges Maydatchevsky, du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), Jean-Pierre Duguet, du Laboratoire central de la Lyonnaise des eaux – sont unanimes : s'ils sont bien entretenus, les adoucisseurs à résine ne sont pas dangereux pour la santé. Un entretien scrupuleux consistera à :

– faire contrôler (au moins une fois



- ■ ■ par an ou, mieux, tous les six mois) le bon réglage du by-pass;
- n'utiliser que du sel de régénération destiné aux adoucisseurs;
- effectuer une régénération après une absence d'une durée supérieure à quarante-huit heures.

Enfin, avant de s'équiper d'un adoucisseur, il serait judicieux de vérifier auprès du service local de distribution de l'eau s'il est réellement indispensable. Quelques sociétés vendent ces appareils avec trop d'empressement dans des zones où ils sont parfaitement inutiles.

La seconde catégorie d'équipements disponibles sur le marché, les dispositifs magnétiques, qualifiés d'antitartre, ne revendiquent pas le label d'adoucisseur, puisqu'ils n'éliminent pas le calcaire. Ils limitent – en théorie, du moins – la formation de tartre dans la tuyauterie. Or, ils posent une

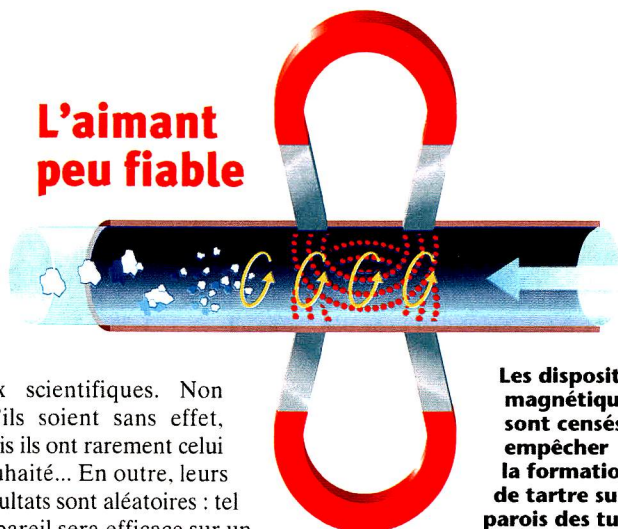
énigme

aux scientifiques. Non qu'ils soient sans effet, mais ils ont rarement celui souhaité... En outre, leurs résultats sont aléatoires : tel appareil sera efficace sur un réseau de distribution d'eau, tandis que, sur un autre, il aggravera la situation!

Certes, il se passe "quelque chose" dans l'eau traitée. Mais dans quelle mesure les champs magnétiques influent-ils sur la formation des dépôts de calcaire dans les tuyaux, et pourquoi l'efficacité de ce procédé est-elle aléatoire? La réponse n'est pas claire.

Deux types d'appareils antitartre sont à la disposition du consommateur. Le premier se compose de simples aimants à fixer sur le tuyau d'arrivée d'eau. Le second comprend un petit circuit électronique qui fournit une tension haute fréquence à des bobines (des électroaimants) fixées, elles aussi, sur le tuyau. Les tensions et les fréquences mises en jeu varient énormément d'un modèle à l'autre. Il semble qu'il n'y ait pas de "stan-

## L'aimant peu fiable



JSI

**Les dispositifs magnétiques sont censés empêcher la formation de tartre sur les parois des tuyaux. En soumettant**

**à un champ magnétique l'eau qui y circule, on induit un courant électrique qui provoque un phénomène de microélectrolyse : des "germes" de calcaire apparaissent. Le calcaire de l'eau vient s'agglutiner en "flocons" sur ces germes, épargnant les canalisations. Mais ces dispositifs ont des résultats aléatoires.**

dard" dans ce domaine. Néanmoins, dans tous les cas, l'eau qui transite dans le tuyau est bien soumise à un champ magnétique local.

Or, l'eau potable n'est pas pure. Elle contient de nombreux sels minéraux dissous, des métaux, des oligoéléments, etc. Elle est donc conductrice de l'électricité. Dès qu'un conducteur se déplace dans un champ magnétique, il y a induc-

## DÉBITMÈTRE OU PROGRAMMATEUR?

■ Sur les adoucisseurs à résine, l'indispensable régénération est assurée par deux types de procédés. Dans le premier, une "horloge" la déclenche toutes les 24, 48 ou 72 heures. Ce programmeur ne prend donc pas en compte la quantité d'eau consommée.

Dans le second procédé, un débitmètre mesure en permanence la quantité d'eau qui traverse l'adoucisseur. Dès que

la limite de saturation des résines est atteinte, la régénération démarre.

Chaque procédé a ses avantages. Les programmeurs ont le défaut de déclencher éventuellement des régénérations inutiles, donc de gaspiller le sel contenu dans l'appareil. Les systèmes débitmétriques évitent ce gaspillage. En revanche, en cas de faible consommation, ils risquent de laisser stagner l'eau trop longtemps dans les résines. Le risque de contamination microbienne est alors plus élevé.

**Adoucisseur à résine équipé d'un programmeur.**

DR



tion de courant électrique à l'intérieur du conducteur. C'est exactement ce qui se passe quand l'eau circule dans le tuyau. Il se produit un phénomène de microélectrolyse. Localement, les ions hydroxyde ( $\text{OH}^-$ ) formés réagissent sur les ions hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) et sur les ions calcium en solution dans l'eau pour constituer du carbonate de calcium (calcaire). Cette électrolyse produit donc des germes de tartre dans l'eau. Sur ces germes solides, le calcaire s'agglutine. Il reste présent dans l'eau, mais ne se fixe plus sur les parois des canalisations.

De très nombreux tests, notamment ceux réalisés au CSTB, ont mis cet effet en évidence. Georges Maydatchevsky a passé au crible 47 appareils antitartre. Les dépôts de tartre provoqués par l'eau traitée étaient comparés à ceux d'un circuit témoin non équipé. Résultat : 18 appareils ont effectivement réduit la quantité totale de tartre ; 11 n'ont pas eu d'effet significatif ; mais 18 ont accru la quantité de tartre !

### UNE ACTION IMPRÉVISIBLE

En fait, l'efficacité de tels appareils résulte d'effets hydro-magnéto-électriques (comportement de l'eau dans le champ magnétique) fort complexes et encore mal expliqués. La composition de l'eau d'origine, par exemple, influe considérablement sur la formation des germes de calcaires. En outre, il est difficile d'établir un rapport direct entre l'orientation et la puissance des aimants et l'efficacité du dispositif. Enfin, le débit de l'eau et la température jouent également un rôle. Bref, dans l'état actuel des connaissances, l'efficacité d'aimants sur une conduite d'eau demeure imprévisible. C'est pourquoi certains possesseurs d'appareils à aimants se déclarent satisfaits du procédé, tandis que d'autres estiment avoir été victimes de charlatans. Le nombreux courrier que reçoit le Service de répression des fraudes en témoigne.

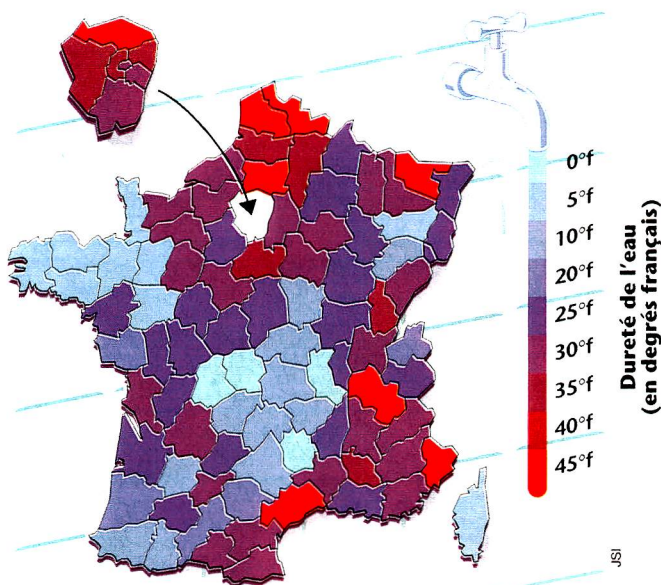
S'il est certain que les antitartre à

aimants ne présentent aucun risque pour la santé, pour l'installation, le remède peut être pire que le mal. Les ballons d'eau chaude électriques en sont souvent les premières victimes. Comme les "flocons" de tartre ne sont pas éliminés, ils restent en suspension dans l'eau. Dans les canalisations, le flux de l'eau suffit à les chasser. Dans un ballon d'eau chaude, ils tombent, par décantation, au fond de la cuve et finissent par encrasser la résistance de chauffage bien plus rapidement que ne le ferait une eau contenant le même taux de calcaire mais non traitée.

Les équipements antitartre électroniques fonctionnent selon le même principe. Seule différence :

l'eau est soumise à un champ magnétique alternatif, au lieu de subir le champ constant d'aimants. En théorie, il n'est pas nécessaire que l'eau soit en mouvement pour que la microélectrolyse se produise. Ces appareils devraient donc conserver leur éventuelle efficacité quel que soit le débit de l'eau. Néanmoins, testés par le CSTB, ils ont fourni des résultats identiques à ceux des antitartre à aimants, c'est-à-dire tout aussi aléatoires.

Le bilan de notre étude est clair : seuls les adoucisseurs à résine éliminent efficacement le tartre. En ce qui concerne les procédés magnétiques, il faudra encore attendre avant d'élucider le mystère de leur fonctionnement.



## Votre eau est-elle trop dure ?

**En France, la présence de calcaire dans l'eau du réseau de distribution varie beaucoup selon que cette eau provient d'un pompage dans une nappe phréatique, d'un captage, etc. Avant d'investir dans un adoucisseur, il convient donc de vérifier, auprès des services de distribution locaux, qu'un tel équipement est réellement indispensable. Seules les duretés supérieures à 25°F justifient l'achat d'un adoucisseur d'eau.**



# SCIENCE & VIE SÉLECTION

# High

PAR HENRI-PIERRE PENEL

## La loupe fait coup double

**C**ette loupe binoculaire grossit vingt fois. C'est le premier microscope qui s'utilise comme une paire de jumelles. Insectes, plantes, minéraux deviennent de véritables bijoux. D'abord destinée aux randonneurs et aux amoureux de la nature, elle intéressera aussi les philatélistes, les amateurs de micromécanique et les maquettistes. Prix : 2 990 F.

► **Record de compacité (18 cm de haut) et éclairage halogène intégré : un très bel outil d'observation.**





# Tech

ET JEAN-LUC GLOCK

## Un bureau dans le téléphone

**L**e Nokia 9000 s'ouvre comme un livre. Ce radiotéléphone, à la norme GSM, se transforme en micro-ordinateur de poche. Cette association d'un téléphone mobile et d'un ordinateur offre de très nombreux services. Minitel, fax, bases de données ou Internet sont accessibles en permanence. Une liaison infrarouge autorise le transfert de données directement entre un PC et le radiotéléphone. Prix : 10 790 F.

► Le bureau de poche est là !



## Ecran plat pour ordinateur

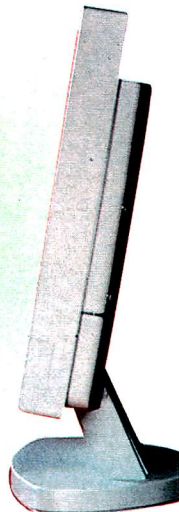
**L**a société japonaise Taxan propose une nouvelle gamme d'écrans plats couleur à cristaux liquides. Leur résolution atteint 1 024 x 768 pixels. Les moniteurs Crystalvision sont disponibles en cinq tailles : de 9,4 pouces à 14,5 pouces de diagonale. Le confort de vision est remarquable. En raison du procédé de fonctionnement, les champs électriques et électromagnétiques habituellement engendrés par les tubes cathodiques sont quasiment inexistants. Prix : de 16 300 F à 32 800 F environ.

► Plus cher que l'ordinateur lui-même : un vrai produit de luxe.

## JUKE-BOX DANS LA BOÎTE À GANTS

**L'autoradio Le Mans est aussi un juke-box dont le changeur de disques se place dans la boîte à gants ou dans le vide-poches : innovation par rapport aux changeurs habituels, qu'on doit fixer dans le coffre. Sa façade antivol amovible a la taille d'une carte de crédit. Un code et une liaison par fibre optique (qui assure le "reconnaissance" de la façade par l'autoradio) renforcent la protection contre le vol. Prix : 5 990 F.**

► Très pratique : la mini-façade amovible.





## Ne tirez pas sur le genou

**D**epuis les années 80, la traumatologie du ski a changé. Les chaussures moulées autour des pieds ont permis d'épargner la cheville et le tibia. Mais ces chaussures montantes et l'amélioration de la tenue en courbe des skis empêchent les fixations classiques de réagir aux contraintes intenses provoquées par les rotations et les déséquilibres avant et arrière qu'on peut rencontrer en cas de chute ; désormais, c'est le genou qui trinque. Salomon a développé sur les fixations Spheric un troisième axe de protection, une pédale placée sous la butée qui reçoit le poids du corps lors de la chute et libère le pied. Prix : à partir de 700 F.

► Cette fixation a reçu le Grand Prix européen du produit sport au Salon international de Grenoble.

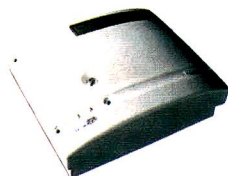


## LES MONTE-EN- L'AIR ENFUMÉS

Entre l'instant où un système d'alarme se déclenche et une "intervention" éventuelle, les cambrioleurs ont le temps de sévir. Le système Stopy dégage un épais nuage de fumée (non toxique et sans dépôt) : les voleurs ne voient plus rien. Ce dispositif se raccorde à n'importe quel système d'alarme.

Prix : 12 500 F environ, installation comprise.

► Un système très original et particulièrement dissuasif.



## Du son cinéma plein la tête

**L**e casque AKG 290 permet d'écouter le son Dolby Surround. Chaque bonnette est équipée de deux petits haut-parleurs : le premier, comme sur un casque traditionnel, restitue les effets stéréophoniques et la voie centrale du système Surround. Le second, placé à l'arrière de la bonnette, restitue le son arrière. Prix : 1 490 F.

► Pour profiter du "son cinéma" sans gêner son voisinage.





## Un boîtier

**T**otalement autonome, l'encyclopédie électronique de poche Larousse ne nécessite ni micro-ordinateur, ni lecteur de CD-Rom. C'est un petit boîtier muni d'un écran et d'un miniclavier (dimensions : 14 cm x 8 cm). Son fonctionnement hypertexte total autorise les recherches multicritères sur 50 000 noms communs, 25 500 noms propres, 6 000 événements clés répertoriés par chronologie et 150 listes encyclopédiques (dynasties, fleuves, œuvres littéraires, prix Nobel, etc.). Sa simplicité d'utilisation est étonnante. Grâce au mode hypertexte, il suffit de sélectionner un mot présent sur l'écran pour obtenir sa signification ou voguer vers des recherches mitoyennes. Prix : 995 F.

► Elle se consulte aussi facilement qu'un livre. Mais on est privé d'images.



## Les grandes eaux

**P**our les adeptes de l'hydromassage qui déplorent le manque de puissance des jets d'eau, Jacob Delafon a mis au point le

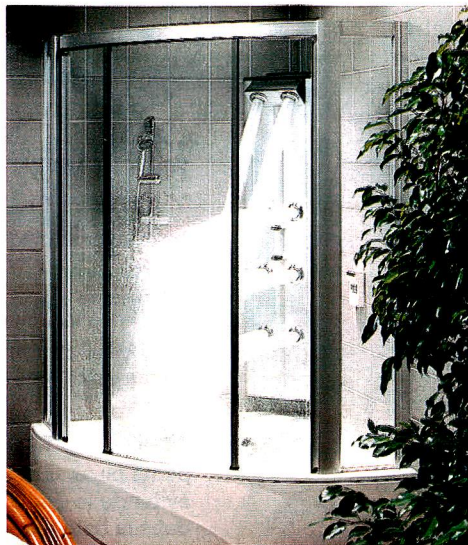
BodySpa. Son débit impressionnant

(183 litres par minute, au lieu de 9 à 16 l/min pour les systèmes classiques) est obtenu grâce à

un circuit fermé et à une pompe située sous la baignoire. L'eau nécessaire à une séance d'hydromassage (90 l, en moyenne) est sans cesse recyclée.

Le système est constitué d'une baignoire rectangulaire ou d'une baignoire d'angle, d'un module mural à huit ou six jets, d'une paroi et d'un ensemble robinetterie bain-douche avec douchette. La puissance des jets est réglable grâce à un variateur électronique fixé au mur. Prix d'un BodySpa huit jets, comprenant un module mural, une baignoire d'angle et une paroi de baignoire en verre Securit : 58 250 F. Le kit robinetterie (mitigeur thermostatique bain-douche mural et douchette trois jets) : 3 580 F.

► Variante "économique" : le modèle à six jets, avec une baignoire et sa paroi, coûte 29 950 F.





## Une vraie lumière

**L**a nouvelle gamme d'organiseurs de Texas Instruments est dotée d'écrans rétroéclairés à l'excellente lisibilité, quel que soit l'éclairage ambiant. Le 6865 SI (128 Ko de mémoire) est fourni avec un support de connexion à un PC et avec le logiciel Lotus Organizer, célèbre agenda électronique. Sans risquer d'écraser des fichiers, on peut ainsi transférer des données du PC à l'organiseur, ou de celui-ci au micro, sans utiliser le clavier. L'ensemble des menus est disponible en cinq langues (français, anglais, allemand, italien et espagnol). Prix : 990 F, avec support de connexion et logiciel.

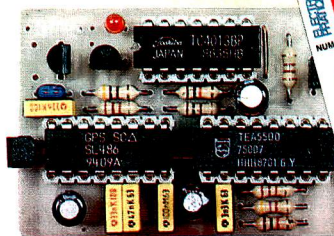


## Bricolage électronique

**L**a réalisation de circuits imprimés nécessite un matériel que ne possèdent pas les débutants. Notre confrère *Electronique Pratique* propose dans son numéro de janvier trois circuits imprimés prêts à être câblés. Le premier permet de fabriquer un micro "espion" pour, par exemple, capter des conversations dans une pièce et les recevoir à distance sur un poste de radio FM. Les deux autres circuits permettent de réaliser une télécommande infrarouge (émetteur et récepteur).

Prix : 25 F.

► Une bonne base pour s'initier à l'électronique.



► Une mise à jour simplifiée et rapide.



### L'APS TOUT TEMPS

Le Vectis S1 de Minolta est le premier reflex APS étanche. Très complet, et d'utilisation facile, c'est l'un des meilleurs appareils du nouveau format. Prix : 3 700 F.

► Il ne craint pas une petite pluie, mais il faut éviter de le tremper dans la baignoire...





## PC À GRAND SPECTACLE

Gateway 2000 est un PC multimédia équipé d'un moniteur de 70 cm de diagonale. CD-Rom, jeux vidéos et films sur CDI prennent une nouvelle dimension. Prix non encore fixé pour la France.

► Une taille d'écran jusqu'alors inconnue sur les PC grand public.

## Lampadaire solaire longue durée

Le lampadaire Jardisol de la société Arol Polytek fonctionne grâce à un capteur solaire. Il est destiné à l'éclairage des terrasses, des piscines, des jardins, des voies d'accès, etc. Puissante, sa lumière équivaut à celle d'une ampoule de 60 watts, pendant une durée de trois à quatre heures selon l'ensoleillement. Situé dans le pied étanche du lampadaire, un régulateur électronique gère la charge et la décharge de la batterie 12 volts ; selon les besoins de celle-ci, le régulateur dispense une charge rapide ou une charge lente. Il contrôle également la température et la décharge. La gestion de la décharge protège la batterie : Arol Polytek offre une garantie de quatre ans. Prix : de 3 000 à 3 500 F.



► C'est un vrai lampadaire de jardin, et non pas une balise. Sa puissance d'éclairage est exceptionnelle.

**NOUVEAU!**  
100 % Français

JEU MYTHOLOGIQUE PÉDAGOGIQUE  
EN QUADRICHROMIE DESSINÉ À LA MAIN (modèle déposé)  
Jeu de conception simple et facile à la portée de tous, à partir de 8 ans.

— Sur le parcours du Nil aux 53 symboles (scènes de la vie, animaux, objets...), il faut gagner sa hiérarchie (Pharaon, Princesse, Prêtre...) sous l'influence des Dieux (Thot, Anubis, Seth...) des Pharaons (Ramsès II, Djoser...) du scribe et ses hiéroglyphes. Cartes et valeurs conduisent après la « Pesée des Ames » dans les mystères de la Pyramide à degrés de Sakkarah... surprise!

— Sur le parcours des cartes hiéroglyphiques, vous décryptez des hiéroglyphes ; l'alphabet égyptien qui s'y cache... avec l'aide de la « Pierre de Rosette ». Ecrivez en Égyptien. Devenez Égyptologue en jouant en famille à l'Égyptien, familier de cet art, vous regarderez un ouvrage, la visite d'un musée avec toute une culture et plus de passion. D'après les œuvres de J.F. Champollion, les œuvres mythologiques et le Musée du Louvre.

LUDIQUE - INNOVANT - INITIATIQUE

**L'ÉGYPTIEN**®

**270 F** Vente toute l'année  
Uniquement par correspondance

COUPON A RETOURNER A :  
**LUCAS - SALESES**  
AUTEURS ÉDITEURS  
KERMOURAUD, 44410 ST-LYPHARD  
Tél. 02.40.61.94.16

Nom .....  
Prénom .....  
Adresse .....  
Code Postal .....  
Ville .....  
QTÉ : ..... PRIX : ..... TOTAL : .....

Ci-joint mon règlement de 270 F + 35 F de participation aux frais d'expédition par chèque bancaire au CCP.

Douze plateaux 50 x 99  
2 règles du jeu  
4 pierres de Rosette  
4 alphabets (hiéroglyphes)  
98 cartes - 2 dés  
6 pions (barque)

1 à 6 joueurs



### MICROSCOPE PCB 640

- Grand statif à crémaillère en queue d'aronde, avec platine à 2 valets.
- Possibilité de fixer un chariot.
- Miroir plan et concave
- Mouvements rapide et micrométrique.
- Révolver à trois trous (standard).
- Porte oculaire standard.
- Livré avec :  
2 objectifs : 10 et 40 x.  
3 oculaires : 5, 10 et 16 x.  
• Coffre en bois avec poignée.

**Découvrez l'infiniment petit!**  
avec ce véritable microscope "fin d'études".  
Six grossissements de 50 à 640 fois.

Statif en métal, massif.  
Hauteur 310 mm. Poids : 3 Kg.

**890 F**  
+ port 80 F

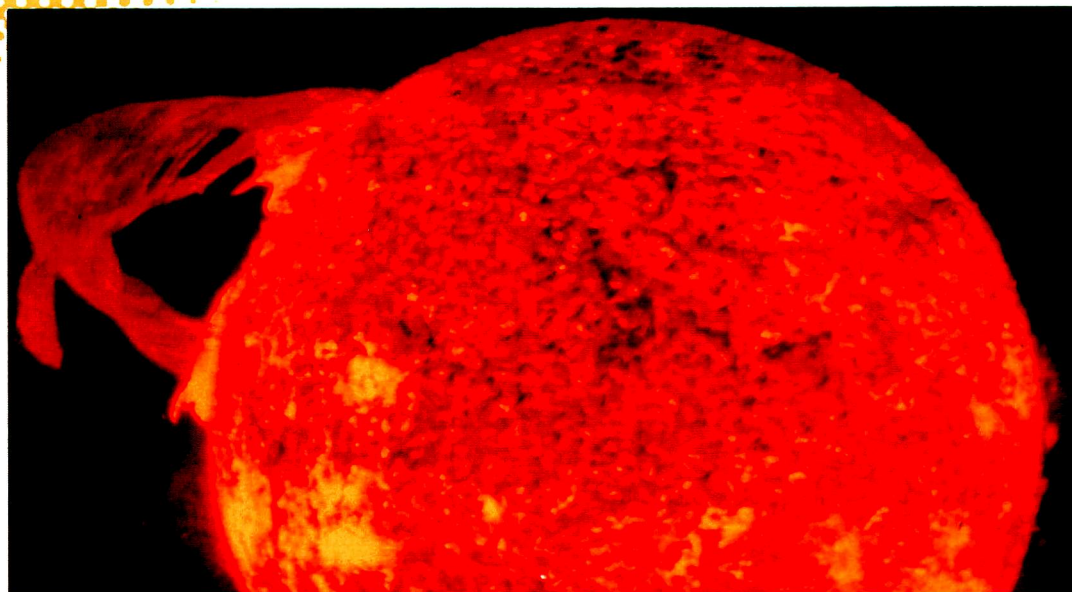
En cadeau :  
Le livre du Microscope.  
Boîte de 10 préparations.

Offre valable jusqu'au 31/01/97

**DEVAUX - CHEVET**  
la maison de l'Astronomie

Depuis plus de 50 ans au service des loisirs scientifiques !  
33, 35 rue de Rivoli, 75004 PARIS. Métro HOTEL DE VILLE  
TEL : 01 42 77 99 55. FAX : 01 48 87 40 87





ESA

## Tout près du Soleil...

Cette année, c'est le 1<sup>er</sup> janvier à 23 h 26 (heure légale) que la Terre passera au périhélie, c'est-à-dire au point de son orbite où elle se trouve la plus proche du Soleil. La distance entre notre étoile et la Terre sera alors de 147 094 648 km. Rappelons que l'orbite de la Terre autour du Soleil est non pas circulaire mais elliptique. Certes, cette ellipse est peu prononcée, puisque, à l'échelle d'une assiette de table, cela représenterait un "aplatissement" de 8 mm.

La plus courte distance est en réalité

de 147 092 105 km et la distance maximale, l'aphélie, de 152 103 634 km, soit une différence de 5 millions de kilomètres. La Terre passe au périhélie entre le 1<sup>er</sup> et le 4 janvier et à l'aphélie entre le 2 et le 6 juillet.

Bien que la distance de la Terre au Soleil ne soit en rien responsable des saisons, cette variation influe sur la tem-

pérature. Ainsi, en juillet, notre planète reçoit environ 7 % de rayonnements de moins qu'en janvier. Conséquence : les étés sont plus chauds et les hivers plus froids dans l'hémisphère Sud que dans l'hémisphère Nord.

La deuxième loi de Képler implique que les corps orbitant autour du Soleil voient leur rayon vecteur (c'est-à-dire la ligne imaginaire qui relie la planète au foyer de son orbite) balayer des aires égales en des temps égaux. La vitesse de la Terre autour du Soleil n'est donc pas constante. Elle est au maximum de 30,29 km/s au périhélie et de 29,29 km/s à l'aphélie, soit une différence de 3 600 km/h !

Dans l'Univers, tous les corps décri-

**La distance de la Terre au Soleil varie de 5 millions de km.**

vent des orbites elliptiques et passent donc par des distances maximale et minimale. Pour s'exprimer correctement, on utilise les termes d'aphélie et de périhélie pour les planètes, les astéroïdes et les comètes ; d'apogée et de périgée pour la Lune et les satellites artificiels de la Terre ; enfin, d'apoastre et de périastre dans tous les autres cas.

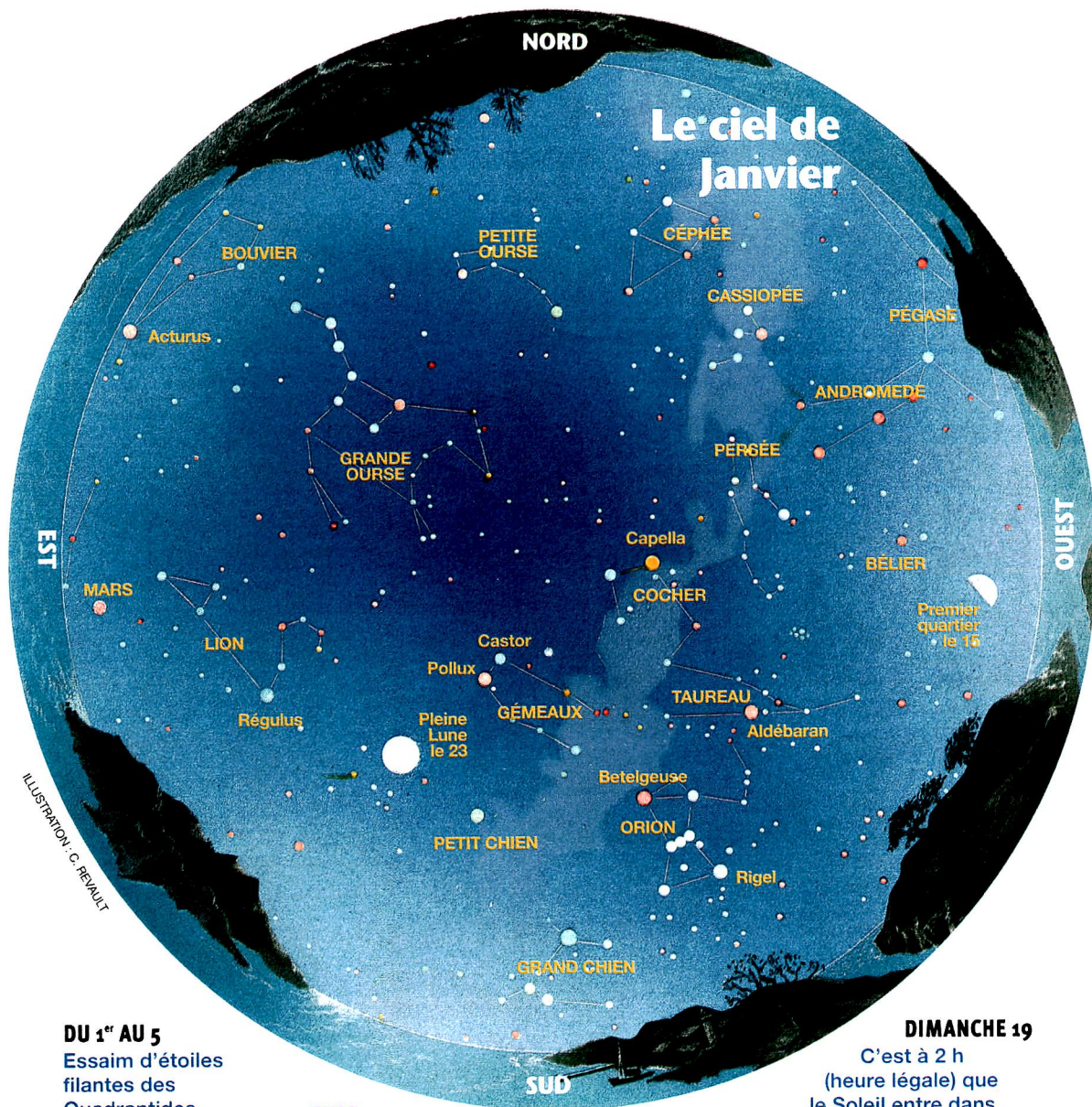
**A  
ne pas  
manquer**

**Le 11, juste avant le lever du Soleil, Vénus passe à côté de l'amas M21 du Sagittaire. A observer avec un télescope.**

3615  
**SCV**

**Les positions des planètes chaque soir**





### DU 1<sup>er</sup> AU 5

Essaim d'étoiles filantes des Quadrantides. C'est l'un des plus actifs de l'année avec un maximum pouvant atteindre 110 météores à l'heure. L'activité majeure est attendue dans la nuit du 3 au 4, entre 4 h et 6 h (légales).

### MARDI 7

Juste avant le lever du Soleil sur l'horizon sud-est, un mince croissant de Lune est en conjonction

avec Vénus. Mercure, plus basse, est difficile à voir.

### MERCREDI 8

Dans les mêmes conditions que la veille, la Lune est cette fois tout à côté de Mercure. En s'aidant d'une paire de jumelles, il est possible de repérer le "messager des dieux". Belle lumière cendrée de la Lune.

### DIMANCHE 12

Conjonction de Vénus et de Mercure, une heure avant le lever du Soleil. Attention, les deux planètes ne sont qu'à 5° au-dessus de l'horizon, qui doit donc être bien dégagé !

### LUNDI 13

Conjonction de Saturne et de la Lune, dans la soirée. L'écart est de 1,5 degré.

### DIMANCHE 19

C'est à 2 h (heure légale) que le Soleil entre dans la constellation du Capricorne.

### A PARTIR DU 20

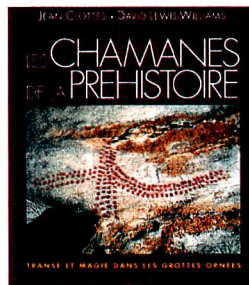
Derniers jours pour apercevoir Vénus. La planète devient difficile à observer et va disparaître pour plusieurs mois.

### VENDREDI 24

Mercury est à son élongation occidentale maximale.



## L'art en transe



Jean Clottes et David Lewis-Williams

### LES CHAMANES DE LA PRÉHISTOIRE

Seuil, 120 p., 249 F.

**M**ais que diable allaient-ils faire dans ces cavernes ? La question nous turlupine depuis la découverte, il y a plus d'un siècle, de l'étonnant art pariétal des hommes du Paléolithique, en Espagne et en France.

S'il est impossible d'avoir des certitudes, on peut, en revanche, avancer des hypothèses. Or, celles qu'ont émises les préhistoriens de la première moitié du xx<sup>e</sup> siècle semblent aujourd'hui d'autant plus insatisfaisantes que le nombre de sites connus a plus que doublé. S'intéressant aux gestes des artistes, à la composition des pigments, les chercheurs



**L'homme du Paléolithique peignait-il sous l'effet de trances chamaniques ?**  
Ci-contre et ci-dessus, deux représentations d'art chamanique : un sorcier inuit transformé en ours, et les élanes rupestres des San d'Afrique du Sud.

s'étaient cantonnés dans le "tangible".

C'est donc avec un certain trouble mêlé d'excitation que nous accueillons l'hypothèse exposée dans cet ouvrage, fruit de la col-

laboration d'un expert en art franco-cantabrique paléolithique (Clottes) et d'un spécialiste de l'art pariétal des Bushmen San d'Afrique du Sud (Lewis-Williams). Pour eux, l'art



Représentation  
d'un chamane  
sibérien  
tougouse,  
qui joue  
du tambour  
jusqu'à la  
transe (1705).



## Les mots en mesure

### ETALONS ET UNITÉS DE MESURE

Bureau national  
de métrologie, 80 p., 80 F.

**W**atts, ampères, pascals, newtons, joules, siemens, henrys, sieverts... Qui ne s'est jamais trompé en utilisant ces unités fondamentales de mesure ? Pour nous épargner ces erreurs, voici un ouvrage de référence, qui passe en revue les unités de base et dérivées du Système international (SI). Il en explique aussi les fondements expérimentaux. Les informations sont puisées à la meilleure source : le Bureau national de métrologie, justement chargé de mettre en œuvre la politique française de métrologie.  
*Jean-René Germain*

Tsagi-glalal, "celle qui regarde", figure chamannique créée par les Indiens Wishram d'Amérique du Nord pour se protéger des épidémies propagées par les Blancs.

rupestre paléolithique serait, comme celui des San, lié à des pratiques chamaniques. L'analyse repose sur des données neuropsychologiques universelles et cliniquement prouvées concernant l'état de transe. Selon les auteurs, elles permettent de donner un

sens à de nombreuses représentations paléolithiques (motifs géométriques, empreintes de mains, animaux incomplets, etc.) qui restaient obscures. La démonstration, tout comme l'illustration, très soignée, ne peut laisser insensible.

*Catherine Chauveau*



# Livres

## La gloire de l'Univers

*Simon Goodwin*  
**L'UNIVERS VU PAR HUBBLE**  
**Le nouveau visage du cosmos**

Préface d'Hubert Reeves  
Robert Laffont,  
124 p., 189 F.

Quatre milliards de fois mieux que l'œil humain ! Telle est la performance du télescope spatial *Hubble*. Chacune de ses nouvelles "images" est un événement as-

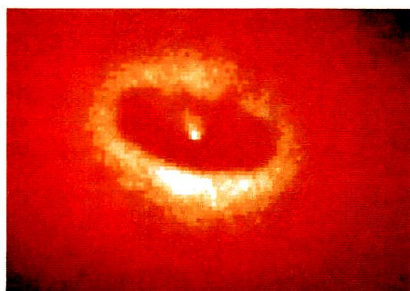
tronomique, au point que l'"album" entier nous oblige à reconsidérer notre vision de l'Univers.

Dans cet ouvrage sont rassemblées non pas les plus belles photos mais les plus significatives, de celle de la comète la plus proche à celle de la galaxie la plus lointaine. Loin d'être une banale compilation, cette progression calculée nous guide, à

l'aide de légendes à la fois denses et accessibles, de notre banlieue proche (la planète Mars) au plus lointain quasar. Systèmes planétaires en cours de formation, naines brunes, trous noirs : peu d'objets du vertigineux bazar galactique échappent à ce mastodonte de onze tonnes, auquel il faut soixante-quinze minutes de gesticulations gyroscopiques pour se centrer sur un objectif.

Devant nos yeux de vieux enfants un peu blasés se déploie le merveilleux livre de l'Univers.

*Gilles Moine*



Trou noir  
au centre  
de la galaxie  
NGC 4261.

## Les singes infirmiers

*Myriam Baran*  
**MAMAN-SINGE**  
**Les singes capucins au service des handicapés**

Ramsay, 343 p., 119 F.

En 1977, le compagnon de l'éthologue Myriam Baran se retrouve tétraplégique à la suite d'un accident. Pour la scientifique, qui étudie les singes capucins, c'est le délice : pour quoi ces primates aux mains si habiles n'assisteraient-ils pas les handicapés dans leur vie quo-

tidienne ? Originaires d'Amérique latine, les quatre espèces de singes capucins – qui doivent leur nom à leur calotte crânienne, semblable à celle des moines capucins – sont les seuls à affronter le regard humain sans se paniquer. Leur petite taille et leur faible poids les autorisent à s'asseoir sur les genoux de leur propriétaire. Ils ont en outre une grande capacité d'apprentissage.

Myriam Baran s'est faite "maman singe" à plein temps pour apprendre aux capucins à se tenir à table, à être propre, à s'abstenir de mordre et de chaparder...

Actuellement mis en œuvre en Bretagne, le PAST (Programme d'aide simienne aux tétraplégiques) constitue une belle aventure, qui méritait d'être contée.

*Marie-Sophie Germain*



## Savants en herbe

### GUIDES DU MOUTARD

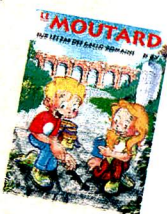
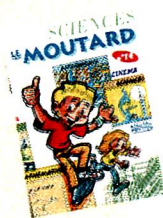
Editions du Moutard,  
BP 8483,  
69359 Lyon Cedex 08,  
tél. : 04 78 00 32 34.

Démarche rare et originale pour satisfaire la curiosité enfantine :

la diffusion gratuite de ces mini-guides clairs, précis, pratiques, les "guides du moutard". L'objectif des éditeurs est simple mais moins facile à atteindre qu'il n'y paraît : offrir aux enfants une information de qualité, inciter les spécialistes à répondre aux questions que les petits se posent sur le monde où ils vivent, accompagner et développer leur désir de savoir, leur enseigner la tolérance. Les guides sont financés par l'Etat, les collectivités territoriales et les entreprises concernées par le sujet traité.

Derniers numéros parus (14 et 15) : *Sciences* et *Sur les pas des Gallo-Romains*.

*Catherine Chauveau*





# La forêt vue de l'espace

Lothar Beckel

## SATELLITE REMOTE SENSING FOREST ATLAS OF EUROPE

(en anglais)

Ed. Justus Perthes

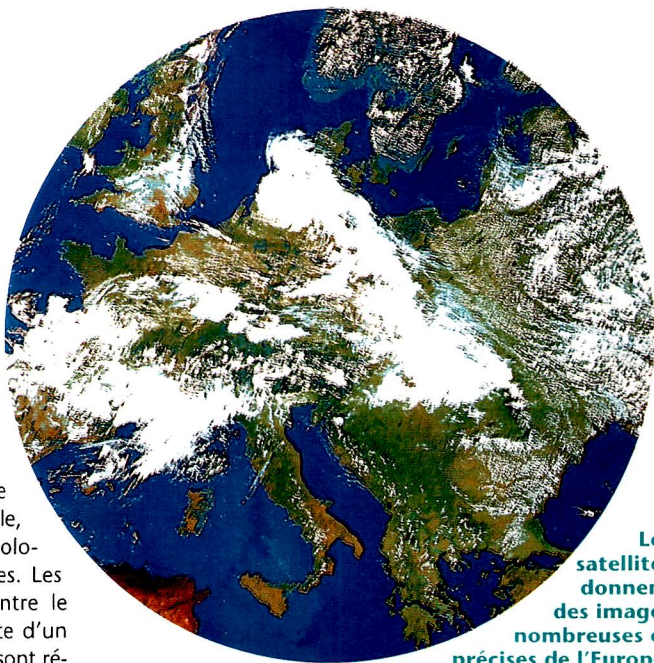
Gotha, 256 p.,

prix non communiqué.

La forêt n'est pas un simple groupement d'arbres plaqués sur le sol. La géologie, le relief, le climat et les mouvements d'air, les activités urbaines et rurales façonnent son profil. Illustré par des

images satellite, cet atlas qui prend de la hauteur le démontre magistralement.

L'agencement des clairières dans une surface boisée reflète, par exemple, les structures géologiques souterraines. Les zones frontales entre le gneiss et le granite d'un plateau européen sont révélées au satellite par l'émiettement de la forêt. Mais la disposition des agglomérations montre aussi que cette parcellisation est



Les satellites donnent des images nombreuses et précises de l'Europe.

due à l'implantation historique des hommes.

La forêt ne cache pas l'arbre pour autant. De

nombreuses photos aériennes offrent un changement d'échelle qui facilite l'interprétation des images satellite, qui sont parfois abstraites. La télé-détection, c'est le nom donné à cette technique d'acquisition et de traitement des données électromagnétiques, est expliquée en détail. Ce que le satellite enregistre, c'est la capacité de la forêt à réfléchir la lumière. Propriété qui varie selon la saison, la densité du peuplement végétal, l'essence des arbres ou leur état général. Et l'on comprend comment, à 800 km d'altitude, un radiomètre peut distinguer les aires colonisées par les conifères des aires couvertes de forêts mixtes ou d'arbres à feuilles caduques.

La télédétection se révèle un outil irremplaçable pour l'évaluation de l'état de santé de nos forêts et, ce qui est encore plus significatif, de leur évolution dans le temps.

Isabelle Bourdial

# Saint Pythagore

Jamblique

## VIE DE PYTHAGORE

Les Belles Lettres,

240 p., 135 F.

C'est un petit bijou que cette vie de Pythagore racontée par l'un de ses "disciples", plus de huit siècles après sa mort. Jamblique, philosophe du IV<sup>e</sup> siècle de notre ère, est avant tout un érudit, un "intellectuel" imprégné de culture grecque et grand défenseur de la philosophie antique.

Commentateur de Platon et d'Aristote, Jamblique s'intéresse plus particulièrement à Pythagore, car il le tient pour le messager des dieux. Ce sont eux qui parlent par

sa bouche : la doctrine de Pythagore est un enseignement initiatique.

Il faut replacer cette vision "sectaire" et "mystérieuse" de la philosophie grecque dans l'époque historique à laquelle vit Jamblique, qui est une période conflictuelle. C'est le temps où s'impose la pensée chrétienne face à la conception du monde grecque, jusqu'à dominante.

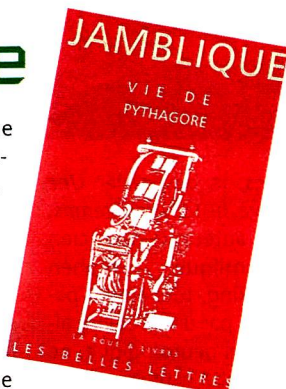
On comprend ainsi pourquoi l'auteur, loin de rechercher la vérité historique, s'attache à exalter les épisodes "merveilleux" de la vie de Pythagore, à la manière dont les auteurs chrétiens contemporains composaient la "vie

des saints".

Exposé précis de la philosophie de Pythagore, puis récit des principales péripéties d'une vie mouvementée qui conduira le philosophe de Samos à Crotone, l'ouvrage de Jamblique est un témoignage irremplaçable.

Le texte original est complété d'une importante et très instructive introduction.

Jean-François Robredo





## Tout Hawking sur écran

Jouer avec  
le monde

L'EXPLORATION  
INTERACTIVE DU  
MONDE ACTUEL

Atlas Hachette, 490 F.

Première création d'un grand éditeur français en matière de cartographie interactive, cette encyclopédie géographique comprend 340 cartes géopolitiques, 48 cartes en relief et plus de 1 500 photos. Jusqu'ici, rien de bien original par rapport à un "atlas papier". En revanche, grâce à des modes d'accès multiples (alphabétique, thématique, multicritère), ce CD-Rom est un remarquable outil de travail pour la préparation d'exposés. On peut imprimer toutes les cartes, ainsi que les 16 800 articles documentaires. Un module de statistique permet d'établir des comparaisons entre les pays (populations, données économiques, etc.) et de visualiser les résultats sous la forme de graphiques ou de tableaux. Enfin, un jeu de 7 500 questions permet de tester ses connaissances.

Didier Dubrana



Stephen Hawking

### UNE BRÈVE HISTOIRE DU TEMPS

Flammarion,  
CD-Rom + livre : 249 F.

Une fois n'est pas coutume, un livre est à l'origine d'un CD-Rom, mais pas n'importe lequel, le champion des ouvrages scientifiques, toutes catégories confon-

dues, le best-seller *Une brève histoire du temps*. Son auteur, le physicien britannique Stephen Hawking, totalement paralysé par une très rare affection neurologique, ne parle et n'écrit que par le truchement d'un ordinateur. Bien que progressivement atteint par la maladie, il a mené une brillante carrière et a pu poursuivre ses recherches. L'ouvrage est en quelque sorte son testament scientifique, testament assez hermétique...

Le best-seller de  
Stephen Hawking  
"éclairé" par la  
version CD-Rom.

Ce CD-Rom reprend l'ensemble des développements du livre et en donne de claires explications illustrées.

"Espace-temps", "expansion de l'espace", "trous noirs", "flèche du temps" : autant de voies d'accès à un univers complexe. Les animations sont toujours rigoureuses ; les illustrations misent sur les dessins d'artiste plutôt que sur les documents originaux, ce qu'on regrette parfois. Mais l'humour, toujours présent (Marylin Monroe expliquant à Einstein la théorie de la relativité !), assure la réussite de l'entreprise.

Jean-François Robredo





# La mémoire universelle

## UNIVERSALIS, VERSION 2

Encyclopædia Universalis, 2 980 F.

Parue à l'automne 1995, l'*Encyclopædia Universalis* sur CD-Rom (conçue pour accompagner la version papier) a séduit les familiers de l'ouvrage et conquis un nouveau public. Fort de ce succès, l'éditeur propose une version rajeunie, au prix de 2 980 F (250 F pour les acquéreurs de la première version, qui coûtait 4 980 F).

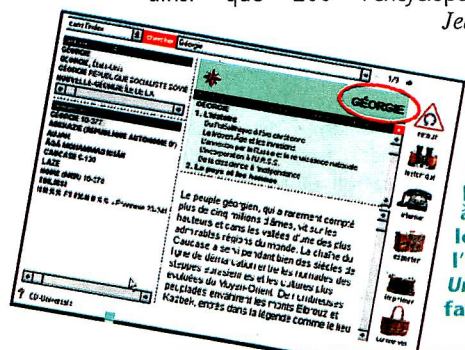
Pour la circonstance, 500 articles ont été réactualisés et 300 articles nouveaux apparaissent, ainsi que 200

cartes politiques et administratives des Etats. Celles-ci constituent un atlas que l'on peut consulter indépendamment des textes.

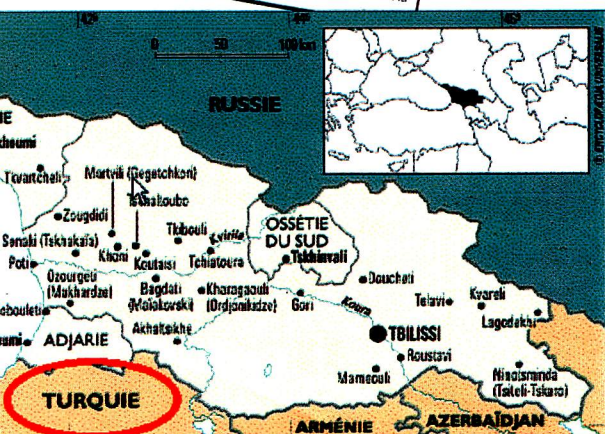
Le nouveau CD-Rom est également doté d'une assistance orthographique : à partir de la sonorité des mots, le "phonétiseur" permet de trouver les noms propres et les noms communs dont on ignore l'orthographe exacte.

Si l'utilisateur est relié au réseau et dispose d'un modem, il peut se connecter à Internet. Il y trouvera un courrier des lecteurs et un forum où se réunissent les lecteurs, les auteurs et les responsables éditoriaux de l'encyclopédie.

Jean-Luc Glock



Apparition de cartes et connexion possible à Internet : le CD-Rom de l'*Encyclopædia Universalis* fait peau neuve.



# ARCH!MEDE

Un cocktail de sciences pour vos cellules grises



AUTOUR, SOUHA, L'UNIVERSALIS.

La science vous intéresse ? Découvrez en 26 mn de grands sujets en petits formats. Archimède, un regard original et passionnant sur le monde qui nous entoure.

**TOUS LES MARDIS À 20H**

Le magazine scientifique télé recommandé par SCIENCE & VIE

**3615 ARTE** (1,29F/mn)

<http://www.arte-tv.com>

# arte



## Risques naturels et prévention

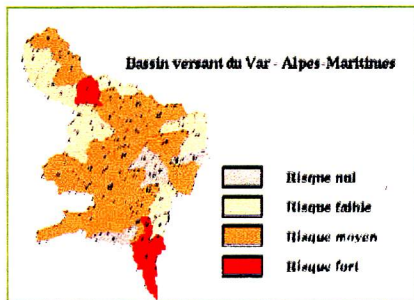
@ Toutes les analyses des catastrophes se déroulent selon le même schéma : anticipation, alerte, impact, secours et réhabilitation.

L'anticipation est fondée sur l'utilisation des connaissances acquises lors de catastrophes antérieures. Ainsi, il y a vingt ans, après un séisme, on comptait trois blessés pour un décès. Aujourd'hui, les chiffres sont inversés. L'explication tient à la généralisation des constructions en béton. A Mexico, qui comptera bientôt 20 millions d'habitants et où la construction est anarchique, la gravité d'un éventuel séisme est évidente.

Anticiper, dans ce cas, consisterait à édicter de

nouvelles normes d'urbanisme – et à les faire respecter.

On se souvient de la peur d'alarmer qui a semblé museler Météo France lors de la crue de l'Ouvèze en 1992. La crainte que la panique ne soit plus meurtrière que la catastrophe elle-même n'était pas absente de ce dangereux calcul. Aujourd'hui, les directives d'alerte ont été totalement revues dans tout le sud-est de la France. Le ministère de l'Environnement a demandé que les observations faites par les satellites soient utilisées pour la prévention des inondations. Une première expérience, confiée à la



société GEOIMAGE, est en cours dans les Alpes-Maritimes (voir écran ci-dessus).

Pour la surveillance de l'ouest de la France :

[http://www.uhb.fr/Sc\\_sociales/Costel/clim.html](http://www.uhb.fr/Sc_sociales/Costel/clim.html)

### PRIORITÉ AUX CÔTES

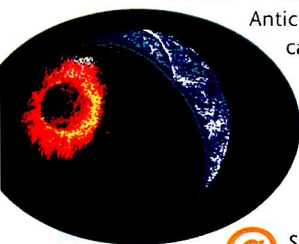
Au niveau mondial, en matière de télédétection, on a donné la priorité à la surveillance des zones côtières. En effet, 60 % de la population mondiale vit sur le littoral et utilise ses ressources. <http://acri.cica.fr/French/index.html>

### SOLIDARITÉ ET RAPIDITÉ

Au moment où la catastrophe se produit, alors que les secours ne sont pas encore arrivés, la solidarité entre victimes demeure capitale. Ainsi, après un tremblement de terre, la probabilité de dégager des ruines des victimes encore vivantes est de 88 % dans les premières vingt-quatre heures suivant le séisme. Elle chute à 8 % le troisième jour.

Le site suivant décrit précisément les cinq phases qui caractérisent toute catastrophe, y compris la réhabilitation :

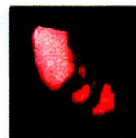
<http://www.ecodec.org/12f/lech12f.htm>



## Les CATAclysmes venus de l'espace

@ Si la Terre était percutée par un astéroïde ou une comète d'un diamètre supérieur à 10 km, ce serait la fin

de l'espèce humaine. Bien que la probabilité d'un tel événement soit très faible, elle n'est pas égale à zéro. Et, même s'il est possible de prévoir la trajectoire de la météorite quelques mois ou quelques années à l'avance, notre capacité à la détruire ou à la détourner de la Terre est quasiment nulle. Certains scientifiques échafaudent pourtant des parades, comme un cortège de fusées à têtes nucléaires qui dévierait le bolide de sa trajectoire. Rendez-vous le 29 septembre 2004, avec l'astéroïde Toutatis (écrans ci-contre) qui frôlera la Terre à... quatre fois la distance Terre-Lune : <http://www.quebecscience.qc.ca/toutatis.html>



Autre danger venu de l'espace, l'amincissement de la couche d'ozone qui entraîne une augmentation de la quantité de radiations solaires qui atteignent la Terre. Pour évaluer les risques et les responsabilités :

<http://www.mb.doe.ca/FRENCH/AIR/ozone.html>





## L'APRÈS-CRISE

La transmission des informations en temps de crise et l'analyse post-crise sont consultables sur certains sites comme :

<http://www.icrc.ch/icrcnouv/2e8a.htm>

## INCERTITUDE ET COMPLEXITÉ

Sur le site <http://www.ecodec.org/12f/deni12f.htm>, des spécialistes abordent les notions d'incertitude et de complexité en matière de

gestion des catastrophes.

L'évaluation "à chaud" de l'ampleur d'une catastrophe est incertaine. Des conséquences surviennent parfois longtemps après celle-ci. Ainsi, en 1963, l'ouragan Flora, qui a fait s'envoler les toits de 80 % des habitations du sud d'Haïti, a aussi anéanti les effets de la campagne, alors en cours, d'éradication de la malaria par pulvérisation d'insecticides. La recrudescence de la maladie dans ce pays date de cette époque.

Les expertises aux résultats contradictoires sont un exemple frappant de la complexité en matière de gestion des catastrophes : on se souvient du conflit qui opposa Haroun Tazieff et d'autres experts sur la nécessité de déplacer les populations proches de la Soufrière. ■

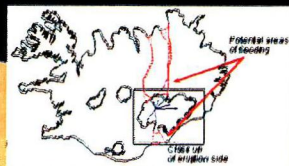
## La PLUIE et l'imperméable

@ La distinction entre risques naturels et risques technologiques est illusoire. Ils interagissent, voire se potentialisent mutuellement.

Ainsi en va-t-il des pluies torrentielles que connaît le sud-est de la France depuis quelques années. L'accroissement constant des revêtements imperméables empêche l'eau de s'infiltrer le long des lignes de plus grande pente. Les routes et les digues, qui évitent les inondations de faible ou moyenne intensité, rendent catastrophiques les effets d'une pluviosité exceptionnelle. La catastrophe s'amplifie encore en atteignant les zones industrielles.

Pour suivre les actions gouvernementales sur ce sujet :

<http://www.environnement.gouv.fr/reference.htm>



## Quand la Terre TREMBLE

@ Outre les éruptions, les nappes d'oxyde de carbone qui descendent le long des vallées, les coulées de boue (comme celle du Nevado del Ruiz – ci-dessous, à droite –, en Colombie, en 1985, qui fit 23 000 morts) et les tsunamis (ou raz de marée) sont aussi des manifestations du volcanisme. Voici quelques adresses pour mieux comprendre l'étendue des risques sismiques :

<http://www.nais.ccm.emr.ca/SchoolNet/issues/hazards/htmlf/haz010.html>

<http://helios.emse.fr/~brodhag/refurl/menuref1.htm>

<http://vulcan.wr.usgs.gov/VolcanoInfo/framework.html> présente une collection d'images d'éruptions très spectaculaires.

Dans le site "current eruptions" (éruptions en cours), on consultera la carte du monde des volcans actifs, qui sont représentés par des triangles rouges. En cliquant sur l'un d'eux, on aura les dernières nouvelles du volcan correspondant :

<http://volcano.und.nodak.edu/>

Particulièrement intéressant, le suivi de l'éruption du volcan Bardarbunga situé sous

le glacier islandais Vatnajökull (écrans ci-dessus) :

<http://www.norvol.hi.is/bard3.html>

<http://escher.earth.ruu.nl/~jerfaas/bardar/index.html>

Le tsunami désigne la vague immense qui déferle sur les côtes, après une éruption ou un tremblement de terre sous-marins. Ces vagues se propagent à partir de l'épicentre de l'événement comme les ondes engendrées par le jet d'une pierre dans un étang. Leur vitesse peut dépasser 800 km/h. En eau profonde, leur hauteur n'atteint pas 1 mètre. En revanche, près des côtes, la vague se rétracte et forme un grand mur qui se jette sur la côte, détruisant tout sur son passage. L'un des pires tsunamis fut celui qui suivit l'explosion du volcan de l'île indonésienne de Krakatau, en 1883 : la hauteur de la vague fut évaluée à 60 m.

Pour tout savoir sur les conséquences de ces phénomènes sismiques :

<http://www.nais.ccm.emr.ca/SchoolNet/issues/hazards/htmlf/haz007.html>







FUTURS

# LA VILLE VA-T-ELLE DÉVORER LA VIE?

■ En l'an 2000, plus de la moitié de la population mondiale vivra dans les villes. Villes énormes, monstrueuses, tentaculaires, mégapoles auxquelles l'homme tentera désespérément d'échapper. Pourtant, certains experts demeurent optimistes.

G. LOUGEL/FOTOGRAFIA STONE

PAR LEÏLA HADDAD





## PONT entre les lieux de vie

La ville du futur ressemblera à un immense corps éclaté. Le réseau routier sera le seul lien entre ses différents organes, c'est lui qui maintiendra l'unité entre les pôles.

**L**a mégapole est à la ville ce que Mister Hyde

est au Docteur Jekyll – un monstre. Nous ne lui échapperons pas : l'homme du XXI<sup>e</sup> siècle sera un "rat des villes", mégapolitain plutôt que citadin. Si, au début du XIX<sup>e</sup> siècle, 3 % à peine de la population mondiale était urbaine, plus de la moitié le sera en l'an 2000. Les grandes cités sont prises d'assaut par une marée humaine.

On parle désormais de mégapoles, ensembles urbains de plus de 8 millions d'habitants, selon la définition de l'ONU : Paris, Tokyo, New York,

mais aussi Mexico. Le Caire, ■■■



■ ■ ■ Calcutta... En 2015, la Terre comptera 33 mégapoles, dont 27 dans les pays du Sud.

« Ce n'est pas la première fois que la taille des villes change d'échelle, explique Philippe Haeringer, directeur de recherche à l'Orstom (1). Mais il y a, cette fois, une profonde modification de nature et de signification du fait urbain. La migration vers la ville ne répond plus à un appel économique de celle-ci. La ville n'est plus demandeuse, mais elle apparaît, pour des raisons de civilisation, comme un lieu obligé de vie pour la majorité des hommes. C'est ça,

B. ANNEBICQUE/SYGMA



## LA VOITURE FAVORISE L'ÉTIREMENT DE L'ESPACE URBAIN

la mégapolisation du monde. »

Cette "mécanique démographique" est une spirale infernale. Le phénomène gagne le monde entier, au galop dans le Sud, où la population, majoritairement rurale aujourd'hui, sera urbaine à 65 % en 2015 ; sur un rythme moins échevelé dans le Nord, où la population, déjà fortement urbanisée, le sera à plus de 85 % dans une vingtaine d'années.

La mégapolisation du monde ressemble à la chronique d'une apocalypse annoncée : de Rio de Janeiro, on ne retient que les favelas, peuplées de délinquants potentiels. De Los Angeles, les émeutes violentes et les gangs ; du Caire, le fourmillement humain ; de Lagos, la misère et l'insécurité ; de Detroit et de Washington, les hordes de sans-abri ; et de Paris, les banlieues à problèmes. Les villes géantes semblent le réceptacle de tous les maux de l'humanité, pauvreté, précarité,

(1) Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération.

exclusion, violence, désespoir...

Pourtant, il ne faut pas verser dans la généralisation et le pessimisme : chaque cité a, et aura, sa propre histoire (Paris n'est pas et ne deviendra pas Lagos, qui n'est pas Sao Paulo). Cette diversité est encourageante pour toutes les villes : partout, les sociétés s'adaptent.

Ainsi, les cités de la vieille Europe, solidement campées dans leur topographie séculaire, confortablement équipées d'infrastructures de toutes sortes, résistent plutôt bien à la mégapolisation. Cependant, notre conception de la ville sera bientôt caduque. Aujourd'hui, le mot évoque encore une agglomération dense, limitée, agglutinée autour d'un noyau, souvent historique, où les automobiles s'embourbent dans des voies saturées. Cette image d'Épinal est en voie d'effacement. La ville éclate.

« La logique d'une ville a toujours été centripète, tournée vers le centre, poursuit Philippe Haeringer. La dynamique mégapolitaine est aujourd'hui centrifuge, elle lui tourne le dos, elle le fuit. Pour se perpétuer, la ville doit se desserrer et se fragmenter. Ce desserrement est facilité par l'efficacité des réseaux et des transports. La ville se disperse donc largement dans les pays riches, tandis que les mégapoles pauvres, bien que très étalées, restent agglomé-

rées. Ce mouvement centrifuge s'accompagne souvent d'une inversion sociale : les riches se créent des paradis au-delà des banlieues, pendant que les plus pauvres viennent squatter les vieux quartiers. »

La ville s'éparpille, lance ses ramifications de plus en plus loin, débordant les limites qui lui étaient imparties. « Actuellement, 80 % de la population vit soit dans des zones urbaines, soit en mode de vie urbain, analyse Pierre Chapuy, ingénieur urbaniste et directeur du GERPA, un bureau d'étude sur l'environnement et l'aménagement du territoire. Les villages autour des villes ne sont pas la ville, où les habitants vont pour travailler. Mais ils restent sous l'influence de la ville. »

Plusieurs facteurs ont joué en faveur de l'éclatement de la ville, déjà perceptible un peu partout dans le monde, à des degrés divers : les moyens de communication, les transports, et surtout l'automobile.

## Grandeur et DÉCADENCE

**Même s'ils ne sont pas transformés en musée, les centres-ville seront abandonnés par la population. Beaucoup d'entre eux, faute de moyens et de volonté, tomberont littéralement en ruine, comme, ici, à Atlanta.**





## De nouvelles VENISE

**Déserté par ses habitants, le centre historique des vieilles cités européennes, comme celui de Paris, a de fortes chances de devenir cité-musée.**

D'après l'analyse à laquelle se livre Gabriel Dupuy, directeur du PIR-Ville (programme interdisciplinaire de recherche sur la ville), dans un ouvrage consacré à la ville et à l'automobile (2), la voiture individuelle, contrairement aux prévisions, ne s'est pas déversée en masse dans les rues étroites d'une ville momifiée, comme un liquide dans un récipient. Elle a investi de nouveaux espaces, qu'elle a recomposés à son profit (chaussées larges, places de stationnement suffisantes, ponts, voies rapides, etc.), ce qui a eu pour effet d'étirer l'espace urbain, de redéployer la ville sur une plus grande échelle, tandis que le centre était néanmoins conservé, ne serait-ce que pour des raisons d'emploi.

La voiture a favorisé, voire provoqué ce mouvement centrifuge vers la périphérie. Les emplois, les commerces, les loisirs ont progres-

sivement suivi l'habitat, délaissant les centres au profit des zones péri-urbaines et suburbaines. Aux Etats-Unis, il n'est pas rare que les habitations, les centres commerciaux et les bureaux viennent s'implanter au niveau des nœuds autoroutiers, pour constituer ce qu'on appelle les *edge cities* ("villes des bords").

En France, ce sont les bourgs et les villages qui sont investis, avec des greffes et des extensions diverses, comme celles qui ont fait sortir de leurs limites les villes nouvelles, pourtant soigneusement planifiées.

Une nouvelle ville est en train de naître, constituée de lieux multiples, espacés, éclatés, mais reliés par le réseau routier. « S'agissant de la France, expose Gabriel Dupuy, je vois plus une ville en "peau de panthère" (certains parlent d'archipel), les "taches" étant des zones urbaines, des agglomérations, marquées par leur fonction, investies par différentes catégories sociales : il peut y avoir des zones riches, d'autres

plus pauvres, des zones de loisir, de travail, de commerce, de tourisme, d'habitat, etc. Ces "taches urbaines" sont de taille limitée, je ne crois pas à l'expansion infinie. Mais, comme il faut bien qu'elles aient des relations, on aboutit à une multitude de taches autour du noyau des grandes villes, reliées par des ponts de circulation. »

Résultat : un habitat éclaté, mul-

J. VAN HASSELT/SYGMA



## NO MAN'S LAND urbain

**Les mégapoles auront leurs laissés-pour-compte : une population de déshérités condamnés à vivre dans les zones d'ombre de la cité géante. Déjà certains commencent à investir les no man's land autoroutiers.**

tilocal (on travaille dans un endroit, on dort dans un autre, on s'amuse dans un troisième...), et une nette tendance à éviter



(2) Gabriel Dupuy, *l'Auto et la ville*, Flammarion, coll. Dominos.



■ ■ ■ les centres-ville, si peu faits pour la voiture. Lesquels se mettent à perdre des habitants et des activités au profit des zones périurbaines, de leurs centres commerciaux florissants dotés d'immenses parkings. Le phénomène est déjà perceptible en France, où les centres-ville ont perdu en quinze ans 8 % de leurs habitants ; il est très net aux Etats-Unis, où des villes comme Detroit ont vu leur cœur déserté.

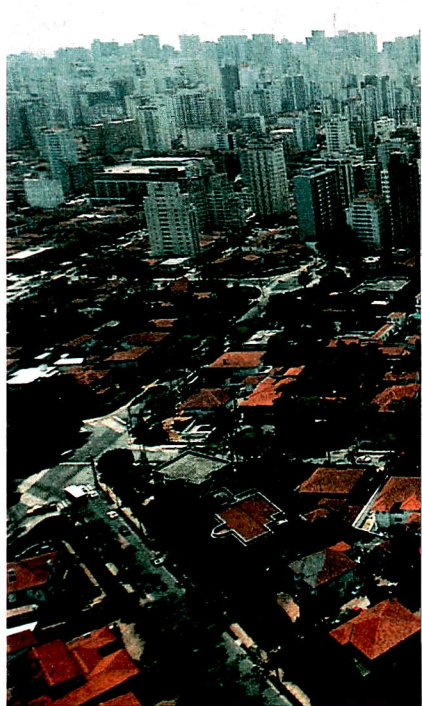
Les évolutions peuvent être différentes selon les pays et les villes. Par exemple, des friches urbaines apparaîtront là où le maintien d'une activité coûtera trop cher, ou sera jugé inutile. Ou bien on enregistrera une désaffection sociale, comme dans les *inner cities* ("villes de l'intérieur") de Grande-Bretagne, où les zones proches des centres sont peu à peu investies par des catégories sociales

en bouteille et projetée dans un avenir lointain. « La zone enserrée dans le boulevard périphérique pourra devenir une zone musée, comme Venise l'est déjà, diagnostique Gabriel Dupuy. Ce qui signifie que les monuments seraient mis en valeur, que la circulation ne se ferait plus comme aujourd'hui – on peut imaginer des petites voitures électriques. Paris comptera encore quelques habitants, résidents permanents noyés dans la masse des touristes. Des zones d'habitat assez dense, devenues presque autonomes, avec commerces, bureaux, loisirs, etc., occuperaient la première couronne de la banlieue. »

S'il y a peu de chance que des villes géantes jaillissent du néant, les petites villes, elles, n'échapperont probablement pas au phénomène de mégapolisation. Non parce qu'elles subiront un afflux de population qui les fera enfler démesurément – sort réservé aux grandes villes et aux couloirs d'urbanisation, tels que les littoraux ou les grandes vallées. Mais parce que la mégapole et la petite ville sont liées par le même processus, comme le rappelle Philippe Haeringer ; la première étend sa sphère d'influence jusqu'à la seconde, qui se trouve prise dans ses filets.

Sans se transformer en mégapole, la petite ville y perçoit cependant les dividendes de l'association, mais y perd son autonomie territoriale, son indépendance économique, tout ce qui faisait sa personnalité.

Elle n'est plus qu'une agglomération satellite de l'hydre aux cent têtes, une "tache



T. RAUTERT/VISUM/COSMOS

urbaine" parmi d'autres.

« On va vers des zones fortement urbanisées, où, entre des villes de taille petite et moyenne, se trame une espèce de mélange indifférencié, mi-tissu urbain, mi-tissu agricole, un maillage lâche compte tenu de l'espace disponible », analyse Pierre Chapuy.

C'est ce que Philippe Haeringer appelle la "campagne mégapolitaine" (3). « Un paysage urbain non fini, réticulaire comme c'est déjà le cas dans les plaines flamandes et

(3) Philippe Haeringer, "La campagne mégapolitaine", *Environnement Magazine*, décembre 1995 ; "La mégapolisation du monde", *Géographie et Cultures*, L'Harmattan, 1993. Voir aussi Olivier Mongin, *Vers la troisième ville ?*, Hachette, coll. Questions de société ; Daniel Pinson, *Architecture et modernité*, Flammarion, coll. Dominos.

## LES PETITES VILLES PRISES DANS LE FILET DES MÉGAPOLES

défavorisées. Le poids historique des centres, qui leur sert de bouclier dans un pays comme la France, n'a pas empêché celui de Sao Paulo, la mégapole brésilienne, d'être laminé.

Avec des "si" Paris peut être mise



## La ville PARTOUT

Les activités ne seront plus concentrées en un seul lieu. La mégapole sera éclatée en une multitude de centres, dont chacun aura sa propre identité : loisirs, habitats, bureaux, industries, commerces... Les grands centres commerciaux de la périphérie des villes sont une première étape de cette mutation.





## HORS LES MURS de la cité

**La répartition de la population urbaine s'est inversée : les riches, qui occupaient les centres-ville, ont émigré en masse vers la périphérie, laissant la place aux plus défavorisés (ici, à São Paulo).**

hollandaises, la basse Provence... Par leurs dimensions, ces paysages seront nos nouvelles campagnes, non plus ponctuées par des clochers, mais par des nœuds commerciaux, des centres d'affaires. »

Ces enclaves urbaines, ces "villages mégapolitains", ne se ressembleront pas nécessairement. En fonction du niveau social des habitants, de la nature des activités qu'elles accueilleront, etc., rien n'exclut qu'il puisse faire bon vivre dans certaines enclaves résidentielles, cités-jardins munies par exemple de zones piétonnes, tandis qu'ailleurs le ciel serait griffé par des tours rébarbatives.

Toujours est-il qu'on ne pourra plus avoir une vision unique de la ville. La vie urbaine se commandera "à la carte" : un jour ici, dans une

zone de loisir, le lendemain ailleurs, pour travailler... Une ville sans limites, polycentrique, dont nous ne sortirons plus. « C'est assez paradoxal, souligne Philippe Haeringer. Lorsque les villes étaient fermées, les citadins pouvaient s'en extraire et voir la campagne. Demain, l'espace urbain sera ouvert, mais il sera de plus en plus difficile de s'en affranchir, à moins de gagner les déserts humains que la concentration mégapolitaine ne cesse de fabriquer autour des villes. »

La mégapole "riche" aura en effet ses zones d'ombre : les espaces entre les taches de la "panthère urbaine". « Ils deviendront peut-être un réservoir de laissés-pour-compte, hasarde Gabriel Dupuy. Il faut observer ce qui se passe aujourd'hui sous les ponts, au niveau des échangeurs routiers. Ceux qui habitent dans ces zones sont comme invisibles : ils sont logés, ils vivent, mais personne ne les voit parce qu'ils se trouvent en dehors des taches. Tout peut arriver dans ces zones, champs de bataille dont personne n'a cure, parce que ce n'est pas là qu'on vit... »

Pourtant, Gabriel Dupuy veut rester optimiste : « Si l'homme est

## LES 21 MÉGAPOLIS ACTUELLES

(en millions d'habitants, chiffres de 1994)

### AFRIQUE

Lagos (Nigeria) : 9,7  
Le Caire (Égypte) : 9,4

### AMÉRIQUE DU NORD

New York (Etats-Unis) : 16,3  
Mexico (Mexique) : 15,5  
Los Angeles (Etats-Unis) : 12,2

### AMÉRIQUE LATINE

Sao Paulo (Brésil) : 16,1  
Buenos Aires (Argentine) : 10,9  
Rio de Janeiro (Brésil) : 9,8

### ASIE

Tokyo (Japon) : 26,5  
Shanghai (Chine) : 14,7  
Bombay (Inde) : 14,5  
Pékin (Chine) : 12  
Calcutta (Inde) : 11,5  
Séoul (Corée du Sud) : 11,5  
Jakarta (Indonésie) : 11  
Osaka (Japon) : 10,6  
Tianjin (Chine) : 10,4  
Karachi (Pakistan) : 9,5  
Delhi (Inde) : 9,5  
Manille (Philippines) : 9

### EUROPE

Paris : 9,4

suffisamment "mobile", il pourra tirer profit de ce désenclavement, de ces mélanges humains. De nombreuses possibilités de rencontres s'offriront à lui. En ce sens, je défendrai une automobile populaire. »

La mégapolisation touche le monde entier, et chaque ville y répond à sa manière. Certaines entreprennent dans le prochain siècle avec un lourd handicap : malgré son génie, son incroyable faculté d'adaptation, l'homme a impérativement besoin des infrastructures (notamment, la distribution d'eau) que la ville, épuisée par la surpopulation, ne peut pas toujours lui fournir. D'autres s'en tireront en limitant les dégâts humains et matériels. De là à ce que les hommes y soient heureux... Mais, après tout, pourquoi pas ? ■

Du 16 janvier au 28 février, se tiendra à la mairie du XVI<sup>e</sup> arrondissement de Paris l'exposition "Villes et mégapoles : regards, sciences et art".



# LA FRANCE

## MISE ENFIN SUR

# L'INNOVATION

■ Forte en recherche pure, la France ne sait pas la convertir en applications. Elle vient d'admettre officiellement son immense retard en matière d'innovation. Quatre mesures doivent resserrer les liens entre les inventeurs et l'industrie.

PAR GÉRARD MORICE

### L'EXEMPLE

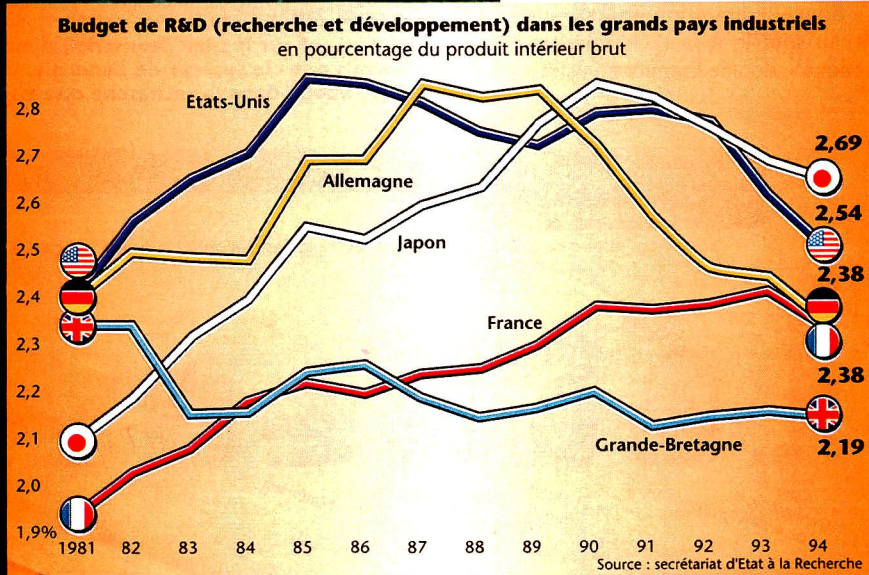
Auguste Commeyras, directeur de laboratoire à l'université de Montpellier II (ici, avec l'une de ses collaboratrices), est l'exemple qui illustre le nouvel état d'esprit de la recherche (voir *Science & Vie* n° 935, p. 58). Il a fait une découverte purement scientifique et fondamentale, celle du "moteur chimique" à partir duquel se sont formés les protéines et les acides aminés (ARN et ADN) qui conditionnent la vie. Mais il a également mis au point un système de production des macromolécules qui intéresse les industries pharmaceutiques et agroalimentaires, leurs techniques posant d'importants problèmes de réactifs et de purification. Commeyras s'est donc adressé au service de valorisation de la recherche de l'université de Montpellier, qui l'a aidé à déposer un brevet aujourd'hui fort convoité par l'industrie.





## Un ATOUT mal exploité

La France n'est pas à la traîne en matière de recherche. Le pourcentage de son produit intérieur brut consacré à la R & D est identique à celui de l'Allemagne. Là où elle pêche, c'est dans la mise en application de ses découvertes.



« La France se doit d'avoir une politique ambitieuse en matière de recherche et d'innovation (1). Il suffit d'observer les grandes nations pour s'en convaincre. Les industriels américains viennent de rappeler aux candidats à l'élection présidentielle que, depuis cinquante ans, la croissance du pays est due pour moitié à l'innovation technologique. Les Japonais viennent de décider de doubler leur budget consacré à la science et à la technologie. Enfin, les entreprises allemandes se portent mieux que les nôtres, car elles réalisent les deux tiers de leur chiffre d'affaires avec des produits nouveaux, la proportion n'étant que d'un tiers en France. »

Cette impérieuse nécessité figure en exergue du rapport que vient de présenter le Comité interministériel de la recherche scientifique et de la technologie. Créé en 1958 par le général de Gaulle afin d'orienter la recherche et de mobiliser la communauté des chercheurs, le comité avait vu ses activités brutalement interrompues en 1982.

Aujourd'hui, on reconnaît offi- ■■■

(1) Nous avons évoqué ses lacunes en mai dernier (*Science & Vie* n° 944, p. 122).



■ ■ ■ ciellement qu'il y a « une formidable carence dans la valorisation des découvertes françaises, souvent récupérées par les pays concurrents ».

Ce fossé entre la science et l'industrie ne surprendra personne. On en avait déjà eu un très net aperçu à la lecture de l'enquête publiée il y a quelques mois par le ministère de l'Industrie, "Les cent technologies clés pour l'industrie française à l'horizon 2000". Menée sur le terrain,

voulu qu'ils se concrétisent dès le budget 1997 ?

La politique de valorisation se traduit par quatre mesures. La première part d'une constatation : si les travaux des organismes de recherche publique débouchent sur le dépôt et sur l'exploitation d'un si petit nombre de brevets, c'est parce que les chercheurs préfèrent publier leurs résultats dans la presse scientifique anglo-saxonne – instrument de leur "promotion" – et parce qu'ils ne collaborent pas suffisamment au développement des produits ou des procédés découlant de leurs découvertes. On instaure donc un intéressement financier des équipes de recherche publique à l'exploitation économique des inventions, des logiciels, des obtentions végétales, de tous les travaux valorisés auxquels elles auront participé directement.

Cet intéressement atteindra 25 % des royalties perçues par les établissements publics. Il sera maintenu même si les chercheurs quittent leurs fonctions ou partent à la retraite, et ne sera limité par aucun plafonnement. C'est là une révolution, qui

risque de poser un problème aux entreprises privées. Jusqu'à présent, en effet, on distinguait les inventions "de service" – non rémunérées puisque le chercheur était déjà payé pour les mettre au point – des inventions "libres", dont il restait l'unique propriétaire, puisqu'elles n'avaient pas été faites dans le cadre de sa mission de recherche. Les entreprises privées devront-elles également rémunérer leurs chercheurs déjà payés pour trouver ?

La seconde mesure est, elle aussi, d'ordre financier. Elle vise à rétablir l'équilibre, lors de la rencontre autour d'un projet d'entreprise, entre les investisseurs, qui apportent le financement, et les inventeurs, qui contribuent au projet par une innovation technologique. Dès le 1<sup>er</sup> janvier 1997, la taxation de la plus-value constituée par l'apport d'un brevet, d'une invention brevetable ou d'un procédé de fabrication industrielle à une société chargée de les exploiter sera différée de cinq ans.

C'est un avantage financier encore, mais pour les personnes pri-

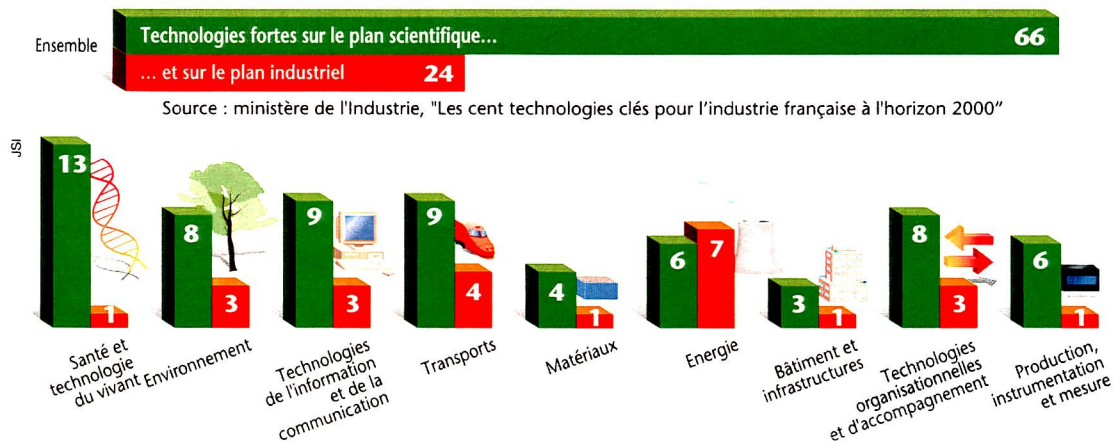
## LES CHERCHEURS POURRONT TOUCHER DES ROYALTIES À VIE

elle recensait 136 technologies jugées majeures, dans neuf secteurs. Elle évaluait, technologie par technologie, les "forces" et les "faiblesses", d'une part de la recherche, d'autre part de l'industrie. Et elle ne pouvait que constater un inquiétant décalage entre le monde de la science et celui de l'industrie (voir illustration ci-dessous).

Comment sortir de cette aberration ? Comment donner cette « nouvelle ambition et [ce] nouveau souffle à la recherche publique », dont le Premier ministre a

## Science et industrie : le FOSSÉ

**Le ministère de l'Industrie a étudié 136 technologies essentielles dans neuf secteurs d'activité. Le tableau ci-dessous indique le nombre de celles où la France est forte sur le plan scientifique d'une part, et sur le plan industriel, d'autre part. On constate que, hormis dans le secteur de l'énergie, la France est bien plus habile dans la recherche que dans le développement.**

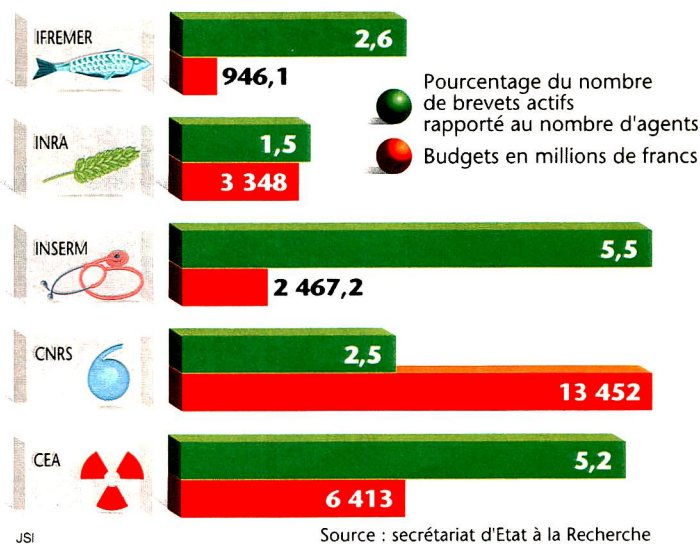




# DE LA RECHERCHE FONDAMENTALE AUX APPLICATIONS TECHNIQUES

■ En raison du caractère fondamental, académique, de la recherche menée par les organismes publics, leurs découvertes ne sont, en principe, pas brevetables. Les brevets sont réservés aux inventions : ils relèvent du domaine des réalisations. La science "pure", elle, ne peut être protégée ; elle n'est la propriété de personne, ou, plutôt, elle appartient à tout le monde. Le principe d'Archimède ou les lois de la mécanique ne sont pas brevetables... Mais leurs applications techniques le deviennent. Car elles sont assimilées à des solutions techniques apportées à des problèmes techniques : elles sont alors considérées comme des inventions. On demande donc désormais aux chercheurs de prolonger leur réflexion au-delà de leurs découvertes, pour envisager des applications propres à intéresser l'industrie (voir l'exemple d'Auguste Commeyras, p. 150). Dans le tableau ci-contre, on voit que le nombre de brevets produits par les organismes de recherche n'est pas toujours en rapport avec leur budget.

## Dépôts de brevets et budgets des principaux organismes publics



vées, qu'apporte la troisième mesure. Il s'agit de favoriser et de faciliter la prise de risques d'investisseurs hésitant à participer au financement des entreprises, surtout de petite taille, et qui se lancent dans l'innovation – toujours source d'incertitude. Pour les encourager, le budget 1997 crée des fonds communs de placement dans l'innovation (FCPI), qui offrent une réduction de l'impôt sur le revenu égale à 25 % des sommes investies (dans la limite de 37 500 F pour les célibataires et de 75 000 F pour les couples). Ce dispositif vise à pallier la carence actuelle du marché des capitaux dans le domaine de l'innovation-crédation et à faciliter le passage au financement privé d'une technologie encore administrée, assise sur l'octroi d'aides par l'Agence de l'innovation (ANVAR), qui distribue environ 1,2 milliard de francs par an.

La quatrième mesure doit assurer un réel partenariat entre la re-

cherche publique et les PME. Il faut leur donner accès aux informations scientifiques et technologiques des laboratoires publics.

En matière d'innovation, les chercheurs et les techniciens sont apparemment en nombre suffisant. Mais ils souffrent de leur dispersion. C'est que la plupart des organismes publics de recherche ont été créés après la Seconde Guerre mondiale, pour répondre aux objectifs spécifiques de grands programmes nationaux (nucléaire, aéronautique et spatial, télécommunications et informatique, etc.). Or le progrès des connaissances fait que leur dispositif actuel présente beaucoup de complémentarités (inexploitées), ainsi que des "doublons" et des lacunes.

Y mettre bon ordre sera la mission du Consortium de recherche et d'innovation pour l'entreprise (CRIE), qui regroupe le CNRS, le CEA, l'ONERA, l'INRA, la société de recherche sous contrat Bertin, le réseau des centres techniques in-

dustriels, le CEMAGREF et l'INRIA (2). Le CRIE, dont la création concerne une dizaine de milliers de chercheurs, aura pour mission d'apporter des réponses concrètes aux entreprises qui souhaitent renforcer leur potentiel d'innovation.

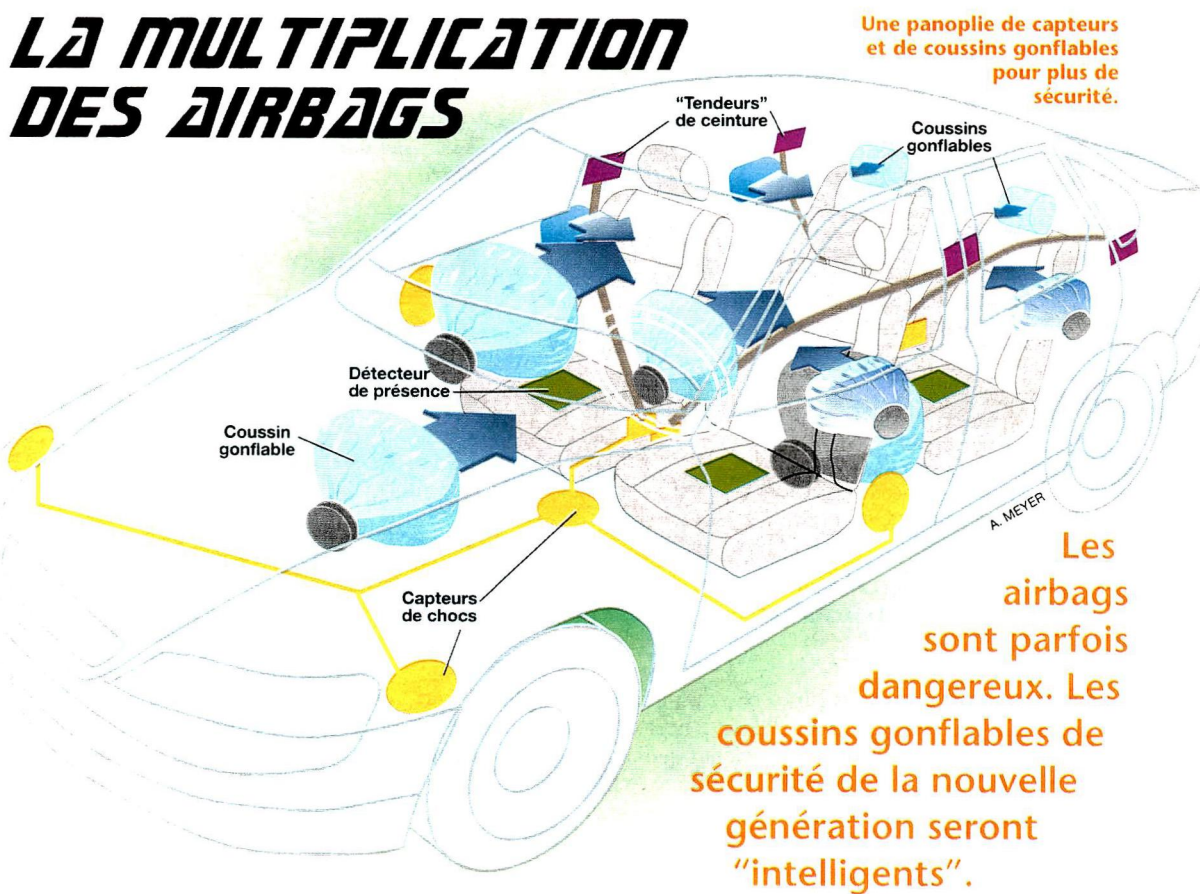
L'évolution est de taille. Car les relations entre les entreprises et les laboratoires publics de recherche (organismes et universités) sont pour l'instant informelles. Les contrats de recherche représentent à peine plus de 10 % des ressources totales des laboratoires publics, le tiers seulement de ces ressources (environ 3 %), provenant de contrats passés avec des entreprises privées. ■

(2) Centre national de la recherche scientifique ; Commissariat à l'énergie atomique ; Office national d'études et de recherches aérospatiales ; Institut national de la recherche agronomique ; Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts ; Institut national de recherche en informatique et en automatique.



par Sonia Feertchak

# LA MULTIPLICATION DES AIRBAGS



Les airbags sont parfois dangereux. Les coussins gonflables de sécurité de la nouvelle génération seront "intelligents".

**D**epuis 1991, aux Etats-Unis, 52 personnes – dont 31 enfants – sont mortes dans leur voiture, à la suite du choc causé par l'ouverture des airbags : ces coussins gonflables se déploient à une vitesse de près de 300 km/h et heur-

tent violemment le visage des occupants du véhicule.

Cependant, on estime que, durant la même période, ce système de sécurité a sauvé plus de 1 600 personnes. Pour conserver son intérêt, sans mettre en péril la vie des conducteurs et de leurs passagers, l'airbag du futur sera "intelligent". On le trouvera un peu partout dans l'habitacle.

De nombreux capteurs électroniques seront chargés de détecter le bouclage des ceintures, la présence et la position des passagers, l'orientation des sièges pour

bébé... Un ordinateur classera les occupants du véhicule selon leur poids (adulte, enfant ou bébé). Le déploiement des différents coussins se fera ensuite selon tous ces paramètres. Si, par exemple, le passager est absent ou s'il y a un siège pour bébé, l'airbag ne se déploiera pas. Si le passager est un enfant, l'ouverture de son coussin sera moins brutale.

Le nombre de ces airbags de sécurité va se multiplier. Outre ceux destinés au

conducteur et au passager avant, on trouvera des systèmes de protection des genoux et des dispositifs qui empêcheront le choc de l'épaule contre la portière ou le rejet de la nuque vers l'arrière. Ces coussins-là seront installés à l'avant comme à l'arrière du véhicule.

Développés par le centre de recherche de Siemens Automotive, ces airbags "intelligents" devraient voir le jour avant l'an 2000.

F. L.

## Espérances

● D'après l'OMS, en l'an 2000, l'espérance de vie atteindra 79 ans dans les pays les plus industrialisés, et 42 ans seulement dans les pays les moins développés.



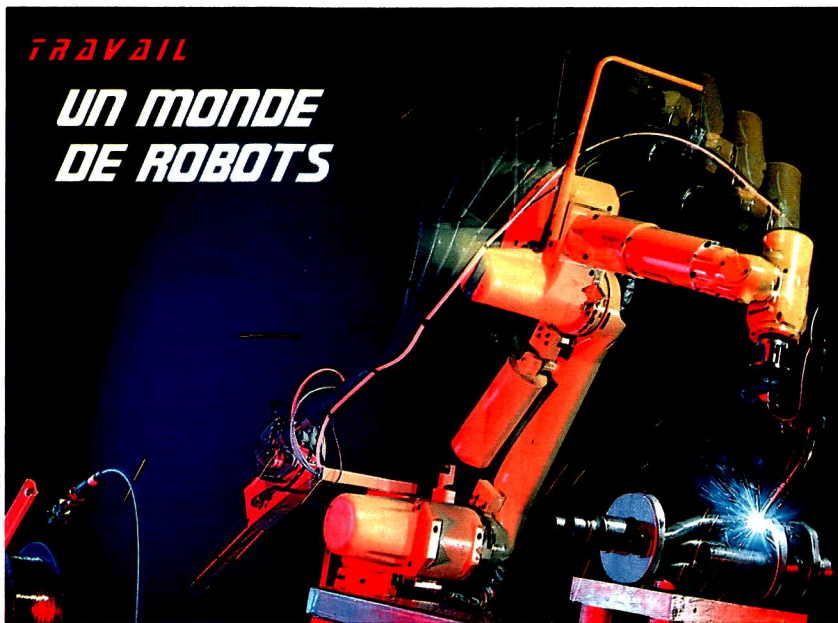
## Réchauffement assassin

● Chaque été, aux Etats-Unis, les fortes chaleurs qui pèsent sur la ville d'Atlanta (Georgie) provoquent indirectement la mort de 78 personnes (l'augmentation de la pollution entraîne celle du nombre des crises d'asthme, etc.). Selon le World-Watch Institute, si les prévisions (les plus fiables) de réchauffement global de la planète se réalisent, et si aucun autre paramètre (composition de la population, etc.) ne change, le nombre de ces décès pourrait atteindre 293 en 2050.

TRAVAIL

## UN MONDE DE ROBOTS

D. PARKER/SPL/COSMOS



**L'industrie mondiale devrait employer plus d'un million de robots en l'an 2000.**

**S**elon un rapport de la Commission économique pour l'Europe (1) et de la Fédération internationale de la robotique, l'industrie mondiale va s'équiper de plus en plus de

robots. C'est le Japon qui en emploie le plus : 210 robots pour 10 000 salariés. Dans la plupart des pays, c'est l'indus-

trie automobile qui en est la première utilisatrice (environ 40 % du parc total).

Un peu moins de 650 000 robots fonctionnaient dans les usines de la planète en 1995, et 75 500 nouvelles unités ont été acquises cette même année. En 1999, le parc mondial devrait atteindre le million d'unités.

A l'aube de l'an 2000, le Japon devrait toujours être le premier utilisateur d'automates (environ 500 000 unités en service), suivi des Etats-Unis (100 000 unités). La France arriverait en cinquième position (17 000 robots).

On pourrait craindre que les entreprises ne cessent d'embaucher ou, pire, ne licencient. Mais, selon les Nations unies, il n'y aurait pas lieu de s'alarmer : le nombre d'employés devrait rester stable.

(1) Cette commission émane de l'Organisation des Nations unies.

## ALIMENTAIRE LA POULE AUX ŒUFS D'OR

■ 30 % des innovations alimentaires revendiquent une action bénéfique sur la santé. Les industriels ont découvert le bon filon : ils enrichissent leurs produits avec des ferments bons pour le système immunitaire, des fibres qui préviennent le cancer du côlon, des antioxydants qui préservent de celui du poumon, des édulcorants qui suppriment les otites... Mais

**Des pâtes "bonnes pour le cœur".**

comment être sûr du bien-fondé de ces allégations ? Les médicaments bénéficient d'une autorisation de mise sur le marché, pas ces aliments dits "fonctionnels"... Les cardiologues viennent de confirmer que les oméga-3 diminuent le risque d'infarctus. Ces acides gras polyinsaturés abondent dans les microalgues et dans les poissons des mers froides qui s'en nourrissent. L'industrie sait les extraire (ou les fabriquer par

fermentation) puis en enrichir les pâtes, les biscuits et... les œufs : il suffit pour cela de nourrir les poules avec un aliment riche en oméga-3. Comment étiqueter ces œufs enrichis ? "Bons pour le cœur" ? **M.-L. M.**



PHOTO X - TOUTS DROITS RÉSERVÉS



A Greenwich,  
une grande  
exposition  
pour célébrer  
le nouveau  
millénaire.



FESTIVITÉS

## L'AN 2000 EN GRANDE POMPE

PHOTO X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

C'est Greenwich, au sud-est de Londres, qui a été choisi pour accueillir l'exposition britannique du millénaire. Un dôme en fibres de verre de 50 m de hauteur hébergera douze pavillons dévolus aux loisirs et aux médias. Autour de l'édifice, qui surplombera la capitale, jardins, parkings, bou-

tiques et voies d'accès seront aménagés.

200 des 550 millions de livres nécessaires à la réalisation du projet devraient être apportés par la loterie nationale britannique, qui patronne la commission du millénaire, chargée de sélectionner les meilleurs projets pour fêter le *xxi*<sup>e</sup> siècle.

« La publicité et les droits

d'entrée fourniront le complément », déclarait en novembre dernier au *Financial Times* Barry Hartop, directeur général du projet. « Ce sera la plus grande célébration du nouveau millénaire au monde ! »

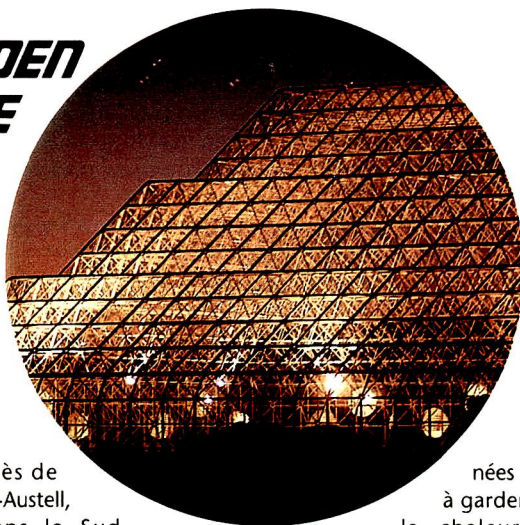
Après les festivités, le dôme pourrait être consacré à des manifestations sportives et artistiques.

SCIENTIFIQUE

## JARDIN D'EDEN SOUS SERRE

L'horticulteur Tim Smit, heureux gagnant de la loterie britannique, a décidé d'employer son pactole – 50 millions de livres (390 millions de francs) – à la construction de la plus grande serre du monde. Haute de plus de 65 m, elle abritera des végétaux menacés de disparition. Quatre serres, reliées par des passerelles, recréeront plusieurs milieux : savane, forêt tropicale humide, désert, biotope méditerranéen... Ce nouveau jardin d'Eden doit être construit dans une ancienne argillère,

PH. PLAILLY/EURELIOS



près de St-Austell, dans le Sud-Ouest de l'Angleterre.

L'édifice sera composé de fines enveloppes de plastique contenant de minuscules pompes solaires desti-

nées à garder la chaleur.

Son architecte, Nicholas Grimshaw, a l'expérience des projets colossaux : il a réaménagé la gare de Waterloo, à Londres.

## Sous la Fournaise, l'eau douce



Le piton de la Fournaise.

J. DURIÉUXI - & V. HOAQUI

● Les volcans pourraient-ils, un jour, se révéler d'immenses réservoirs d'eau ? Dans l'île de la Réunion, des forages prospectifs réalisés par les géophysiciens de l'ORSTOM ont permis de découvrir une vaste nappe d'eau douce sous le volcan actif du piton de la Fournaise. Destinés à connaître la composition des terrains jusqu'à environ 1 km de profondeur, ces sondages audio-magnétotelluriques analysent le comportement de signaux électriques et magnétiques selon les couches traversées. Nécessitant un matériel peu encombrant, ils pourraient se révéler utiles pour chercher des réserves d'eau aux abords des volcans, souvent difficiles d'accès.

● Ont collaboré à cette rubrique : **Fabrice Laurent, Marie-Laure Moinet.**

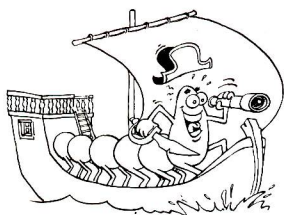


2<sup>ème</sup> Édition

des **Géophiles**



de Science & Vie Junior  
Jeudi 27 mars 1997



Cap sur 97

Venez rejoindre les 114 000 géophiles 96  
et participez au

# GRAND CONCOURS de **Géographie**

des GÉOPHILES de SCIENCE & VIE JUNIOR

Clôture des inscriptions le 23 février 1997

Qui ? tous les collégiens de France métropolitaine.

Quoi ? un jeu-concours QCM de géographie.

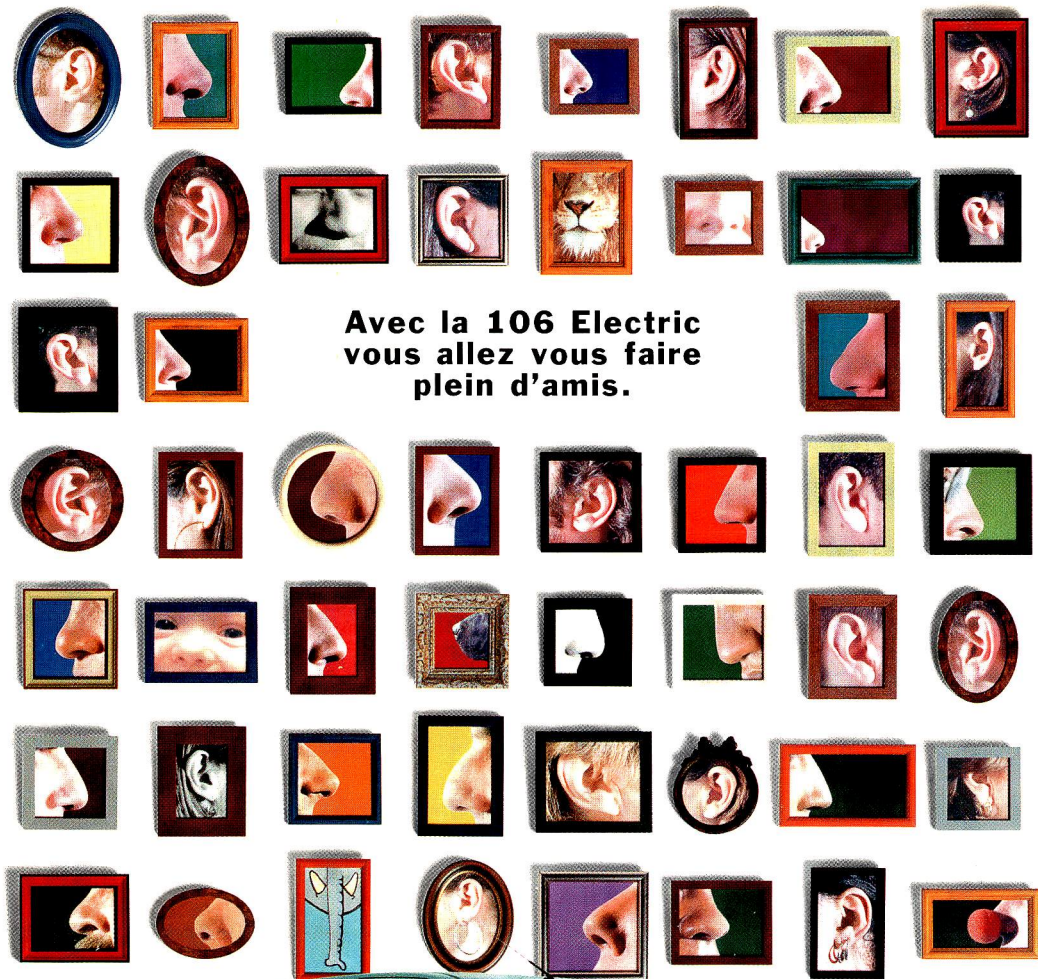
Comment ? Les professeurs de géographie inscrivent leurs élèves.

Et des milliers de cadeaux récompenseront les lauréats.

Pour tout renseignement :  
les GÉOPHILES  
de SCIENCE & VIE JUNIOR,  
1, rue du Colonel Pierre Avia  
75503 Paris cedex 15,  
Tél. : 01 46 48 48 30,  
Fax : 01 46 48 49 39.

Ecrivez-nous  
pour recevoir les annales  
des GÉOPHILES  
de SCIENCE & VIE JUNIOR,  
et retrouvez-nous  
sur le 3615 GEOPHILES,  
2,23F/mn.





**Avec la 106 Electric  
vous allez vous faire  
plein d'amis.**



Sans bruit ni pollution de l'air, la Peugeot 106 Electric est la voiture la plus propre de toute la ville. C'est le fruit du savoir-faire de Peugeot, pionnier de la propulsion électrique automobile. Pratique, la 106 Electric se recharge n'importe où sur une simple prise de courant 220 volts/16 ampères. Ses performances, de 0 à 50 km/h en 8,3 secondes et son autonomie de 80 km, en font une voiture parfaitement adaptée à la ville. Découvrez sa souplesse et son aisance de conduite pour plus de bien-être. A partir de 64 950 F.H.T. (aide de l'Etat comprise) la Peugeot 106 Electric c'est la pollution en moins et des amis en plus. Pour plus de renseignements, renvoyez le coupon ci-dessous.



**TOUT LE MONDE VA SAVOIR QUE VOUS ÊTES QUELQU'UN DE BIEN.**

PEUGEOT. POUR QUE L'AUTOMOBILE SOIT TOUJOURS UN PLAISIR.

- ☐ Je demande à recevoir gratuitement des renseignements et une cassette vidéo sur la 106 Electric.  
☐ Je désire prendre un rendez-vous pour un essai.

Nom, prénom : .....

Adresse : .....

Téléphone : ..... Véhicule actuel : .....

Automobiles Peugeot. Marketing Commercial France. 75, avenue de la Grande-Armée, 75116 Paris Cedex. Tél. : 01 41 16 12 20.