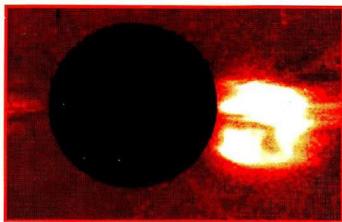


# SCIENCE & VIE

## TROIE

Enquête sur  
une cité  
énigmatique



### SOLEIL

Des images jamais vues

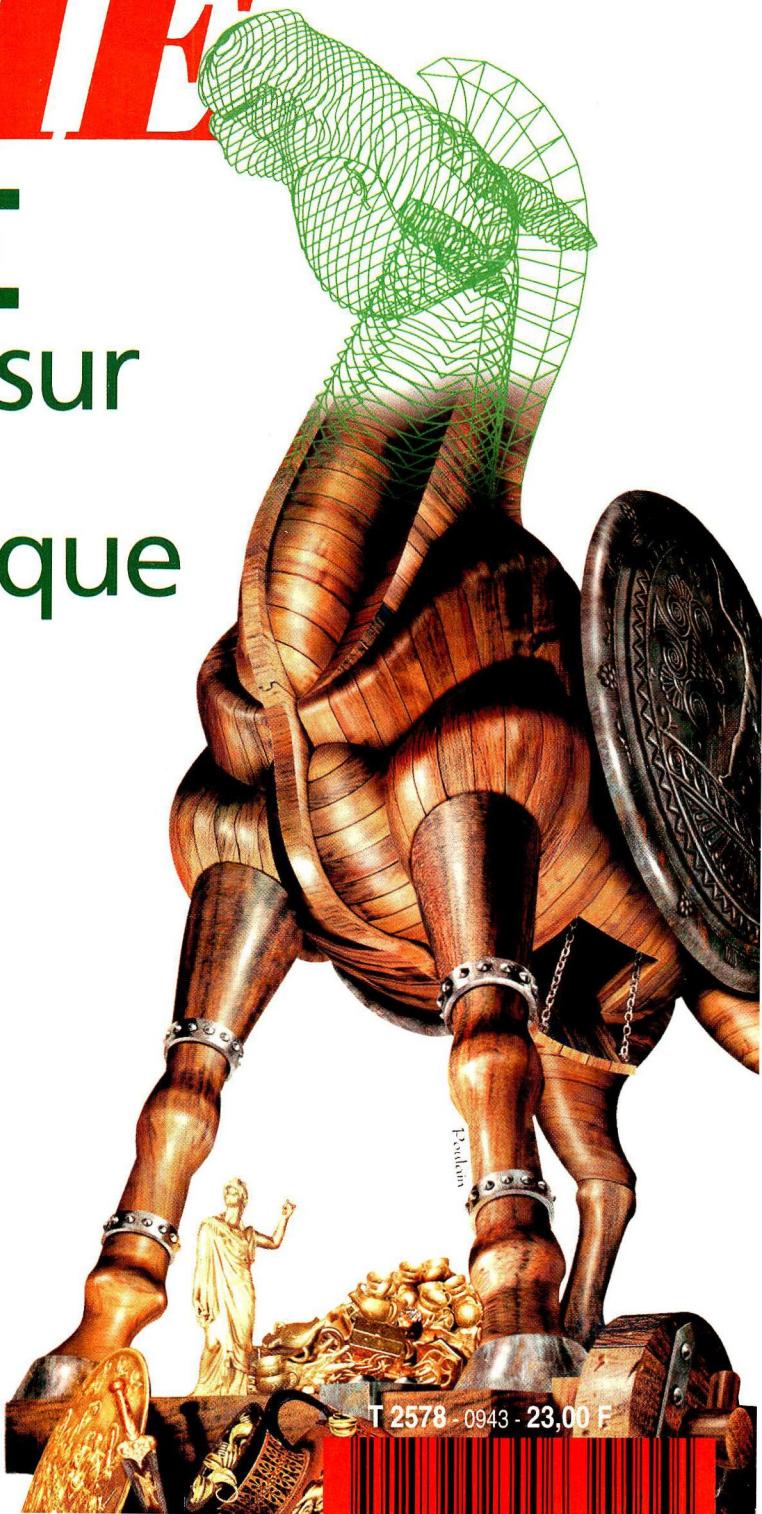


### COUSTEAU

Sa nouvelle Calypso

LE  
POINT  
SUR

15 ans de  
SIDA



T 2578 - 0943 - 23,00 F

Nadège, barmaid  
au Barfly.



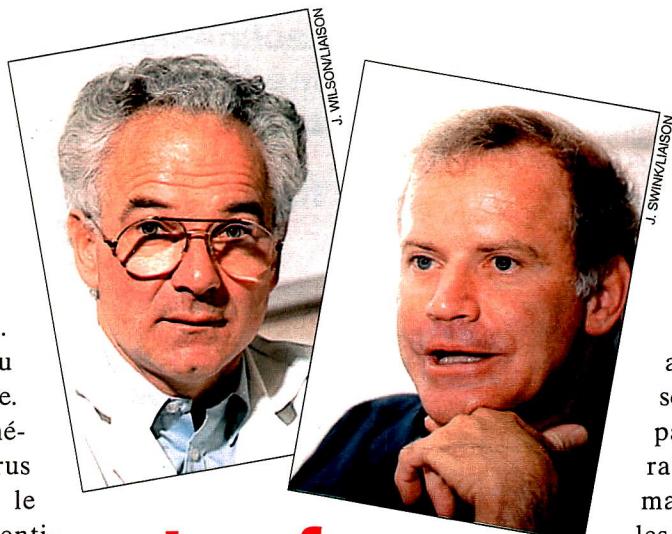
Barfly - 49 avenue Georges V 75008 Paris

# Johnnie Walker®

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTE, CONSOMMEZ AVEC MODERATION.

**L**a vraie science se doit de combattre les dogmes. Elle a donc fait du doute sa raison d'être. Ce doute peut-il bénéficier au VIH, le virus accusé de donner le sida ? Certains scientifiques avancent, à grands coups de déclarations spectaculaires, que ce virus est parfaitement innocent. Leurs chefs de file sont le spécialiste des rétrovirus Peter Duesberg, de l'université de Californie, à Berkeley, et Kary Mullis, prix Nobel de chimie. Depuis plusieurs années, ces empêcheurs de chercher en rond exigent qu'un scientifique "sérieux" leur apporte la preuve formelle de la responsabilité du VIH. Or, personne ne daigne leur répondre.

Le mois dernier, sur *Arte*, une émission illustrait leurs opinions iconoclastes. Il est facile de jouer sur la corde sensible de nos sentiments démocrates en nous présentant des scientifiques privés de liberté d'expression dans les colonnes des grandes revues scientifiques internationales. Facile, mais dangereux. Ne risquait-on pas de provoquer ainsi un effet pervers dramatique : donner aux spectateurs le sentiment que, finalement, le VIH n'est pas aussi inquiétant qu'on nous le fait croire, que le sida ne frappe que des individus à la vie dissolue, bref, qu'il est inutile de s'en protéger. Toute cette histoire ne serait donc qu'une



**Peter Duesberg  
(à gauche)  
et Kary Mullis.**

affaire de gros sous, orchestrée par les laboratoires pharmaceutiques et les suppôts de la pensée unique !

Au-delà des mises en scène partisanes, des accès de paranoïa et des polémiques biaisées, de quoi peut-on être sûr ?

Premièrement que le sida est une maladie bien réelle qui se transmet sexuellement et par le sang. Deuxièmement que la quasi-totalité des porteurs du VIH depuis quinze ans ont développé le sida et que la maladie ne s'est pratiquement jamais manifestée chez des séronégatifs.

Certes, les scientifiques n'ont pas encore levé tous les doutes sur la manière dont le virus détruit les défenses immunitaires. C'est dans cette brèche que se sont engouffrés les contestataires. Ils soulignent avec raison que la responsabilité du VIH a été admise avant d'être clairement démontrée. De là à nier l'existence de l'épidémie, il y a un pas que les observations médicales interdisent de franchir.

Pour en savoir plus sur le fléau qui traumatisé la planète, on consultera, page 83, le dossier complet que nous avons réalisé avec un spécialiste, le Pr Jean-Marie Andrieu, de l'hôpital Laennec.

**S & V**

# SCIENCE & VIE

n° 943 • avril 1996

1 rue du Colonel-Pierre-Avia  
75503 Paris Cedex 15  
Tél. : 1 46 48 48 48  
Fax : 1 46 48 48 67

E-Mail : svmens @ Dialup.FranceNet.fr

Recevez *Science & Vie* chez vous. Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 147. Vous pouvez aussi vous abonner par minitel en tapant 3615 ABON.

Organigramme p. 153.

Encart Club français du livre/Encyclopédie Universalis, 4 pages, broché entre les pages 84 et 85. Diffusion France métropolitaine avec abonnés.



■ Tout va changer pour la radio, et plus particulièrement pour l'autoradio. Grâce au numérique, plus de brouillage, une écoute pratiquement parfaite et même des informations routières en images à bord des voitures. p. 162

Couverture :  
illustration F. Poulain,  
en fenêtre  
C. Lacroix, Sipa Press



■ Né en 1596, René Descartes jouit d'un prestige philosophique intact. Presque ignorée, son œuvre scientifique mériterait davantage d' regards : elle comprend des intuitions géniales, qui préfigurent notamment l'univers relativiste. p. 116

## ACTUALITÉ

- recherche ..... 6
- environnement ..... 24
- technologie ..... 32
- médecine ..... 40
- balise ..... 44
- focus ..... 46
- La pêche en France*
- Sherlock Holmes généticien*

## ENQUÊTE

- TCHERNOBYL**  
**dix ans après ..... 72**

## LE POINT SUR 15 ANS DE SIDA ..... 83

- Un mal qui répand la terreur ..... 84
- L'avancée inexorable de l'infection ..... 86
- Les méthodes de diagnostic progressent constamment ..... 89
- L'épidémie frappe inégalement les continents ..... 91
- Les traitements explorent toutes les pistes ..... 93
- La meilleure arme demeure la prévention ..... 98

## CAHIER PHOTOS

- L'oncle à héritage du diamant ..... 100**

## EN COUVERTURE

### TROIE

### ENQUÊTE SUR UNE CITÉ ÉNIGMATIQUE ..... 106



## HISTOIRES

### DESCARTES

Le scientifique oublié . . . 116

## RENDEZ-VOUS

**quotidien** : Des CD à graver soi-même . . . . . 126

**astronomie** : Et la Lune s'éclipsera . . . . . 132

**l'expérience** : Drôles de bobines . . . . . 134

**énigmes** : Les mirages de l'infini . . . . . 136

**échecs** : Pas si simple que ça . . . . . 138

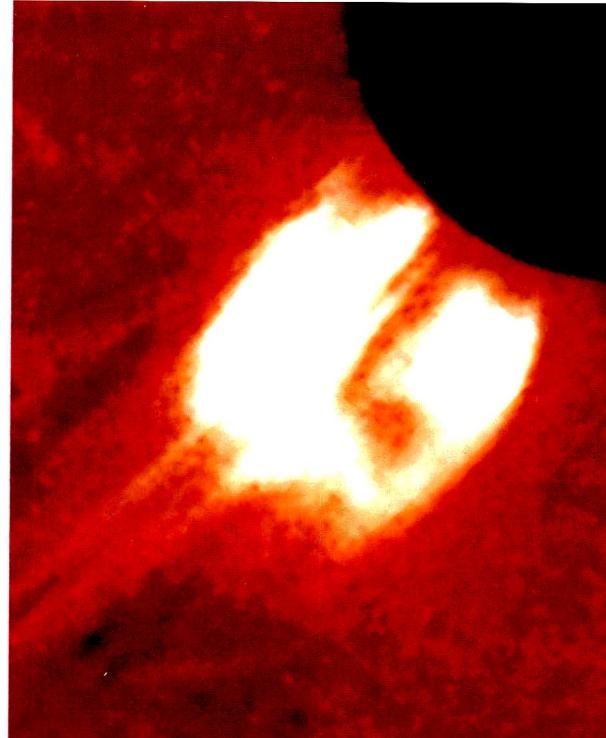
**rétro** : Il y a 45 ans . . . . . 140

**forum** : La langue occitane est bien vivante . . . . . 142

**invention** : Déflocage haute sécurité . . . . . 146

**médiathèque** : Une seconde d'éternité . . . . . 148

**cyberscope** : Internet, de l'utile à l'agréable . . . . . 154



SPUTNIK

■ Le satellite européen *Soho* est un véritable observatoire braqué en permanence sur le Soleil. Il a déjà transmis des images sensationnelles. p. 52

## FUTURS

**Le pouvoir des maths menace-t-il le monde ? . . . . . 156**

**La radio zéro défaut . . . . . 162**

**► c'est déjà demain . . . . . 166**



■ Succédant à la *Calypso* naufragée, le nouveau navire d'exploration océanographique du commandant Cousteau sera propulsé par le vent et doté des technologies les plus avancées. p. 122

## ET AUSSI...

### ASTRONOMIE

***Soho* voit battre le cœur du Soleil . . . . . 52**

### THERMODYNAMIQUE

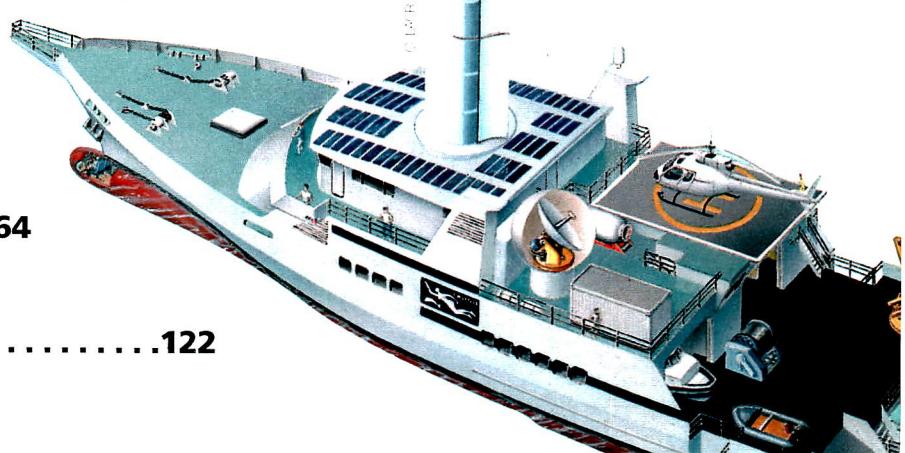
**La musique jette un froid . . . . . 58**

### ENERGIE

**Le nouveau défi nucléaire . . . . . 64**

### OCÉANOGRAPHIE

**Le grand air de *Calypso II* . . . . . 122**



 **BALLOTTÉE DE GAUCHE À DROITE  
ET DE DROITE À GAUCHE  
AU GRÉ DU VENT, C'EST BEAUCOUP  
PLUS POÉTIQUE QU'AU VOLANT  
D'UNE VOITURE.**



# Saxo

**LA VOITURE DE CEUX  
QUI NE VEULENT PLUS JOUER  
AUX PETITES VOITURES.**



## **BARRE ANTIROULIS**

Citroën ne se contente pas d'éviter à votre voiture de s'envoler. Avec, de série sur toute la gamme : une barre antiroulis à l'avant qui vous garantit tenue de route et confort dans les virages, mais aussi une isolation phonique soignée, des vitres teintées, des sièges anti-sous-marinage particulièrement généreux en taille avec appuis-tête réglables, et de série ou en option\* selon les versions, la nouvelle direction assistée électrohydraulique, voici enfin une voiture qui s'accroche à la route et tient à vous. Citroën Saxo à partir de 55 800 F avec l'aide de l'Etat. tarif conseillé du 15/02/96 A.M. 96.

Modèle présenté : Saxo VTL. Documentation détaillée sur demande au 3615 CITROËN (1,29 F/mn). \*Dès la motorisation 1.1.

**CITROËN**

# ACTUALITÉ RECHERCHE

par Thierry Pilorge



## Les fouilles du cyclone

Effets inattendus des cyclones qui ont dévasté la Guadeloupe l'an dernier : la mise au jour de vestiges archéologiques exceptionnels.

Ce n'est pas dans les cœurs que Luis et Marilyn ont fait des ravages à la fin de l'été dernier ! Ces deux cyclones, qui ont dévasté la Guadeloupe les 4, 5, 14 et 15 septembre, ont eu des effets inattendus : la mise à nu de vestiges ar-

chéologiques insoupçonnés dans cette région dont on commence tout juste à retracer l'histoire.

Sur le site précolombien de Morel (côte atlantique de Grande-Terre) sont ainsi apparues des sépultures d'hommes, mais aussi de

chiens et... d'agoutis, datées des IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> siècles avant notre ère. A cette époque, les pêcheurs cueilleurs des Petites Antilles adoptent les pratiques "néolithiques" (horticulture et céramique) développées dans le bassin de l'Oré-



noque plusieurs siècles auparavant. L'un des squelettes humains avait au cou une amulette de pierre verte (représentant peut-être une grenouille), second exemplaire trouvé dans les Petites Antilles. Le mobilier se composait de poteries des plus anciens styles amérindiens, décorées de représentations animales.

Autre découverte exceptionnelle : deux roches portant chacune une gravure de type inconnu, une

représentation anthropomorphe schématique aux jambes repliées et écartées, dont l'une possède un sexe masculin très marqué, fait rarissime, souligne André Delpuech, conservateur du Service régional de l'archéologie.

Bien sûr, de nombreux sites ont été détruits en Guadeloupe, mais les archéologues en ont recensé plusieurs nouveaux – pré-colombiens et coloniaux, habitats et cimetières –, qui aideront à cerner le processus de peuplement de l'île et l'originalité des groupes culturels. En outre, l'étude des effets des deux cyclones leur permettra d'évaluer comment d'autres sites d'implantation humaine ont pu disparaître, et comment prospecter et protéger ceux qui subsistent.

Les fouilles de sauvetage n'ont malheureusement pu empêcher les dommages causés par un fléau autrement pernicieux que les cyclones : les pilleurs. C. C.

## ETHOLOGIE

# Les fourmis sous les drapeaux

chez des insectes sociaux aussi bien organisés que les fourmis, on se doutait bien que chaque caste (ouvrières, soldats, mâles) devait être produite en fonction des besoins de la colonie. En particulier, on pensait que le nombre élevé de soldats devait répondre à la pression exercée par la présence de colonies concurrentes au voisinage. La preuve expérimentale de cette hypothèse vient d'être apportée par une équipe de l'université Paul-Sabatier, à Toulouse (sous la direction de Luc Passera) et de l'université de Lausanne (Laurent Keller). Au laboratoire, les chercheurs ont réparti leurs colonies de fourmis en deux lots. Dans le pre-



L. KELLER

**Chez les fourmis, la mobilisation des soldats (grosses fourmis) est proportionnelle au risque de guerre.**

mier, le chemin emprunté par les fourmis pour aller chercher de la nourriture passe dans un tunnel divisé dans le sens de la longueur par un fin maillage, qui permet aux ouvrières de deux colonies concurrentes de communiquer par des contacts antennaires. Dans le second lot, les individus sont totale-

ment isolés le long de ce trajet. Résultat : les colonies qui détectent la présence d'"ennemis" mobilisent activement. Elles produisent presque deux fois plus de soldats que les autres. Cet effort de guerre ne vient pas s'ajouter à la production d'ouvrières. La biomasse totale de la colonie, en effet, ne change pas : c'est un contingent d'ouvrières qui est armé en soldats, grâce à un régime alimentaire différent appliqué aux larves. Rien de tel que de s'engager pour avoir du rab !

## ASTRONOMIE

# BÉTELGEUSE : PREMIÈRE ÉTOILE DÉVOILÉE

● Pour la première fois dans l'histoire de l'astronomie, la surface d'une autre étoile que le Soleil a pu être observée grâce au télescope spatial *Hubble*. Jusqu'ici, même vue à l'aide des plus grands instruments, aucune étoile ne perdait son aspect ponctuel. Bételgeuse, astre brillant de la constellation d'Orion, constituait une cible idéale puisqu'elle a mille fois la taille du Soleil et qu'elle

n'est distante que de 500 années-lumière. L'image obtenue révèle une atmosphère très étendue contenant une énorme tache, à la fois brillante et chaude, d'un diamètre dix fois plus grand que celui de la Terre. Sa nature demeure un mystère et suggère que des phénomènes physiques encore inconnus peuvent affecter l'atmosphère des étoiles géantes. P. H.



NASA - ESA

## MONSIEUR LUCY ?

● Notre charmante grand-mère à tous est en fait un grand-père, si l'on en croit deux anthropologues suisses, qui ont examiné de près le bassin de Lucy et celui d'un autre australopithèque d'Afrique du Sud.

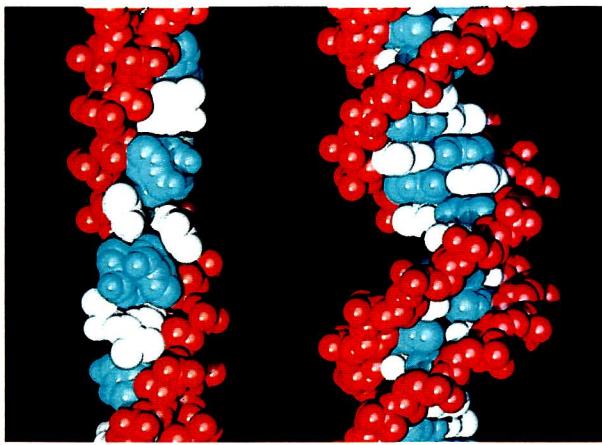
## BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

## Un élastique nommé ADN

L'ADN est une molécule extensible, et cette propriété interviendrait dans le processus de recombinaison. Celui-ci contribue au maintien de la diversité génétique d'une génération à une autre par l'échange de séquences entre chromosomes. Une équipe composée de chercheurs de l'Institut Curie, à Paris, et d'autres laboratoires français vient de démontrer cette élasticité de molé-

cules d'ADN prises individuellement, telles qu'elles se présentent dans les chromosomes. Comment sont-ils parvenus à ce résultat?

Ils ont fixé l'une des extrémités de la molécule à une fibre optique jouant le rôle de capteur de force et l'autre à une microbille de latex, elle-même mainte-



R. LAVERY/CNRS

L'étirement de la double hélice facilite le brassage du matériel génétique.

nue au bout d'une micropipette par dépression. Le déplacement de cette dernière, sous le contrôle d'un

ordinateur, appliquait à la molécule d'ADN une force variant de 10 à 160 pN (piconewtons,  $10^{-12}$  N). La force était enregistrée par la fibre optique. C'est sous une tension de 70 pN que la molécule atteignit son étirement maximal, 1,7 fois sa longueur initiale.

Un tel étirement se produit sous l'action de la protéine RecA. Lors de la recombinaison, celle-ci déroule partiellement la double hélice d'ADN, facilitant la formation d'un "triplex", molécule à trois brins qui constituerait une étape intermédiaire de ce processus. Le rôle de RecA serait donc d'induire cet état transitoire.

## ARCHÉOLOGIE

## LA BELLE ARAMÉENNE

● De nouvelles perspectives de recherche pour l'archéologie orientale s'ouvrent grâce aux fouilles menées en Syrie, à Tell Shioukh, par une équipe franco-italo-syrienne, avant la construction d'un barrage sur l'Euphrate. Tout d'abord, la mise au jour d'un ensemble architectural du début du III<sup>e</sup> millénaire très bien conservé, contemporain de la cité mésopotamienne d'Uruk, apportera des données sur la formation des premiers grands centres urbains liée à la naissance de l'Etat. Quant aux vestiges de maisons incendiées de l'âge du bronze récent (1500-1300 avant J.-C.), il faudrait les interpréter en relation avec la conquête

hittite qui bouleversa le Proche-Orient. Enfin, la ville araméenne de Burmarina – citée dans les annales du roi assyrien Salmanasar III (858-824 avant J.-C.) mais non localisée – se serait étendue à cet endroit au I<sup>e</sup> millénaire avant notre ère. Des tablettes d'argile écrites en araméen et en caractères cunéiformes assyriens indiquent, en effet, ce toponyme. En outre, ce bilinguisme, fort rare, montre que cette cité aurait gardé une vie culturelle traditionnelle araméenne malgré le poids de la domination impériale. C. C.



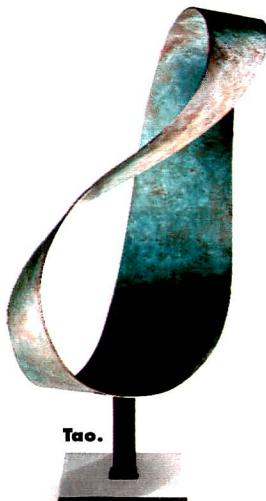
L. BACHELOT

## AMIANTE

● Dans notre article "Amiante : le poison pris au piège" (n° 942, p. 98), Guy Jean est présenté comme directeur de Costanzo Protection. Il a été, en réalité, ingénieur conseil auprès de cette société pour l'étude du Setacium.

# NOUVELLE OPEL VECTRA

McCANN



*Il n'y a rien de plus émouvant  
qu'une courbe que l'on suit  
avec des suspensions dynamiques.*



**TENUE DE ROUTE** Tout votre corps ressent le plaisir de dessiner une trajectoire parfaite avec un nouveau Système de Suspension Dynamique (DSA), un nouveau chassis, un train arrière multibras, et le Système de Contrôle de Traction Electronique (ETC\*). Qu'y a-t-il de plus

beau que de conduire une Nouvelle Opel Vectra ? Votre concessionnaire Opel vous dira encore beaucoup de choses sur la Nouvelle Opel Vectra (ou tapez 3615 Opel - 1,29F/mn) - Disponible à partir de 107 900 F (hors options) en 4 ou 5 portes. Tarif au 25/10/95. AM 96. \*En série sur 2.0i 16V et 2.5i V6.

**NOUVELLE OPEL VECTRA. L'ART DU MOUVEMENT.**



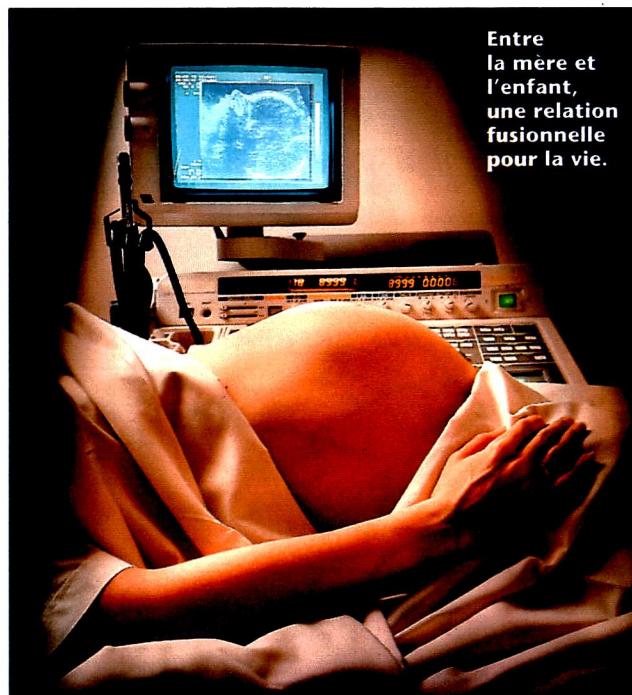
**OPEL**

## BIOLOGIE HUMAINE

## Mères et chimères

Pendant la grossesse, des cellules s'échappent parfois du fœtus pour s'installer et se multiplier dans l'organisme de la mère. C'est en testant une nouvelle méthode de dépistage prénatal des maladies génétiques que l'équipe de Diana W. Bianchi, du centre médical de Nouvelle-Angleterre, à Boston, a repéré, par hasard, des cellules fœtales échappées dans le système sanguin d'une future maman. Certaines de ces cellules ont été retrouvées dans l'organisme vingt-sept ans après la naissance de l'enfant!

Cette découverte étonnante pourrait avoir d'importantes retombées. D'abord, en observant ces cellules, on pourrait déterminer le sexe du fœtus et dépister d'éventuelles maladies génétiques sans procéder à une amniocentèse, laquelle peut s'avérer dangereuse pour le futur bébé. Mais la question se pose de savoir si les cellules échappées



F. GONIN/FOTOGRAM-STONE

Entre la mère et l'enfant, une relation fusionnelle pour la vie.

proviennent bien du fœtus et non d'une grossesse précédente. Selon Diana Bianchi, les cellules persistantes ont une forme dif-

férente de celles d'une grossesse en cours.

Par ailleurs, J. Lee Nelson, immunologue au centre de recherche sur le cancer

de Seattle (Etat de Washington), pense que, si l'on détermine comment ces cellules fœtales parviennent à survivre dans l'organisme maternel, on pourra en savoir plus sur les mécanismes de rejet qui surviennent lors de greffes d'organes. Enfin, toujours selon Nelson, cette découverte pourrait également permettre de mieux comprendre certaines maladies qui affectent plus les femmes que les hommes, telles que l'arthrite rhumatoïde ou le scléroderme, qu'on attribuait

jusqu'à présent à des différences hormonales et qui pourraient être dues à un dérèglement du système immunitaire. S. F.

## INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

## Des ordinateurs allergiques

À près les "réseaux de neurones numériques" et les "algorithmes génétiques", les informatiens s'inspirent maintenant, pour faire progresser leurs chères têtes blondes informatiques, du système immunitaire. Celui-ci se caractérise en effet par une extraordinaire souplesse adaptative, qui lui permet de répondre à pratiquement toute situation nouvelle.

Deux chercheurs britanniques de l'université de Galles ont donc créé un logiciel pouvant engendrer des "anticorps numériques", qui sont ensuite injectés à l'ordinateur. Ainsi "vacciné", celui-ci se voit doté de l'aptitude à choisir la stratégie la plus adaptée pour atteindre l'objectif qui lui est fixé. Il ne s'agit pas pour les ordinateurs d'acquérir une immunité contre des bactéries – com-

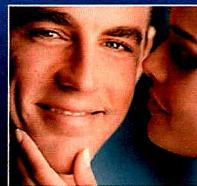
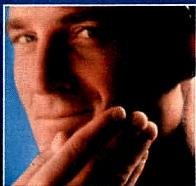
me le font leurs semblables biologiques – mais d'apprendre à faire face à des situations imprévues : dans une partie de "morphon", par exemple, le logiciel développera des anticorps qui se défendront stratégiquement contre la possibilité que l'adversaire aligne trois croix (ou trois ronds) et emporte la manche. Espérons qu'il ne lui pourra pas de boutons en cas de défaite! R. I.

**36 15  
SCV**

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



# **Le Rasage le Plus Précis et le Plus Confortable au Monde.**



## **Gillette SensorExcel, avec ses lamelles souples protectrices.**

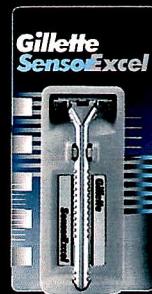
Il n'y a aucun rasoir comme SensorExcel™. C'est le seul rasoir équipé de deux lames montées individuellement sur ressorts et de lamelles souples protectrices.



Les deux lames montées sur ressorts s'adaptent automatiquement aux contours de votre visage. Les lamelles souples en élastomère sont placées avant les lames. Elles protègent votre peau tout en redressant délicatement les poils de votre barbe. Ainsi, les lames vous rasent d'encore plus près, avec un incroyable confort.

Le rasoir SensorExcel possède également un manche Flexgrip® antiglissoir doté d'une tête pivotante, pour une plus grande maniabilité.

Aucun rasoir ne vous procure une plus grande sensation de confort pendant le rasage et ne laisse votre peau plus douce que SensorExcel.



**Gillette**

**La Perfection au Masculin™**

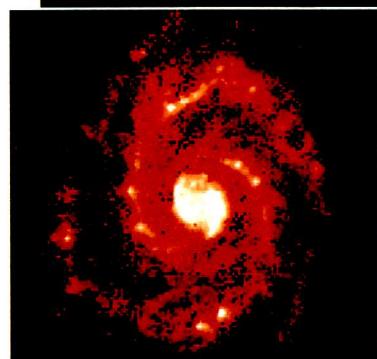
**3615 Gillette**  
2,23 F la minute

## ASTRONOMIE

## Premières images d'ISO

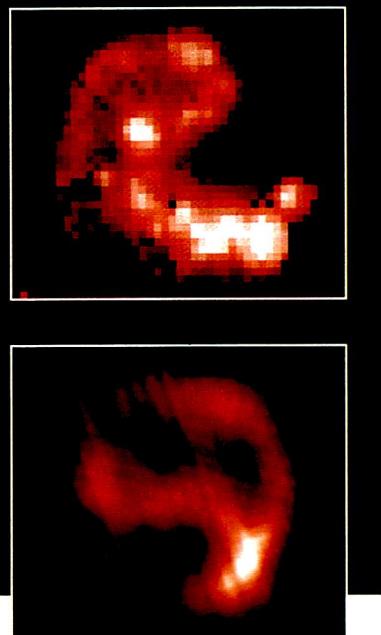
Le satellite européen *Iso* commence à dévoiler la "face cachée" de l'Univers (voir *Science & Vie* n° 938, p. 48). Lancé le 17 novembre 1995, il observe le ciel dans l'infrarouge, inaccessible depuis la Terre. Il peut ainsi révéler des astres sombres ou des nuages de gaz relativement froids qui échappent aux autres télescopes. Sa première cible a été la galaxie spirale du Tourbillon (M 51), au sein de laquelle il a mis en évidence de vastes régions où des étoiles sont en train de se former.

A 60 millions d'années-lumière de la Terre, dans deux autres galaxies en collision, c'est une véritable flambée d'étoiles qu'il a découvert. L'"œil



Ci-dessus, la galaxie du Tourbillon; en haut, la collision entre deux galaxies; à droite, les restes d'une supernova qui explose il y a 1 000 ans.

ESA/ISO, CEA et ISOCAM



infrarouge" d'*Iso* a permis de distinguer les effets provoqués par le choc. Enfin, dans la Voie Lactée, à 10 000 années-lumière de

la Terre, les débris en expansion d'une supernova ayant explosé il y a mille ans sont sortis de l'ombre, alors qu'ils étaient indéce-

lables en lumière visible.

Ces premières images laissent augurer une formidable moisson scientifique au cours des prochains mois. D'autant que la mission, prévue pour durer dix-huit mois, sera portée à deux ans. P. H.

## PALÉOANTHROPOLOGIE

## ABEL ET SES FRÈRES

● Il fallait s'y attendre : Abel n'était pas seul au Tchad (voir *Science & Vie* n° 940, p. 11). D'autres australopithèques viennent d'y être découverts, d'après les confidences faites au *Figaro* par Michel Brunet, de l'université de Poitiers, qui dirige la mission tchadienne des paléoanthropologues. Profitons-en pour rendre à César ce qui appartient à César. Dans l'article qui évoquait cette découverte, nous ne citions qu'Yves Coppens, du Collège de France. Les chercheurs qui ont signé la découverte d'Abel sont, en fait, Michel Brunet, Alain Beauvilain (du CNAR, à N'Djamena), Yves Coppens, Emile Heintz (du CNRS),

Aladji Moutaye (de la DRGM de N'Djamena) et David Pilbeam (de l'université Harvard). Brunet estime que, cette fois, il va falloir trouver une remplaçante à la théorie dite de la savane, l'*East side story* chère à Coppens. Toutefois, selon ce dernier, son scénario ne sera réellement remis en question que lorsqu'on aura trouvé sur place les ancêtres d'Abel et de ses frères. D'après lui, la présence de congénères de Lucy à 2 500 km à l'ouest de l'Afar n'est pas plus troublante que celle de fossiles australopithèques à 2 500 km au sud, connue depuis longtemps. Elle témoigne peut-être simplement du fait que nos ancêtres avaient la bougeotte.

## RECHERCHE : LA FRANCE DEVANT L'ALLEMAGNE

● Cocorico ! En 1994, la France a consacré à sa recherche 2,4 % de son produit intérieur brut (PIB), alors que, outre-Rhin, l'investissement n'a été que de 2,34 %. Ces chiffres de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) révèlent un renversement de situation.

NOUVEAU  
MONDE

INTERNET : <http://www.nba.com>

Retrouvez la NBA sur : 36 68 71 71 (2,23 F la minute) • MINITEL : 3615 BASKET NBA (2,23 F la minute) • INTERNET : <http://www.nba.com>

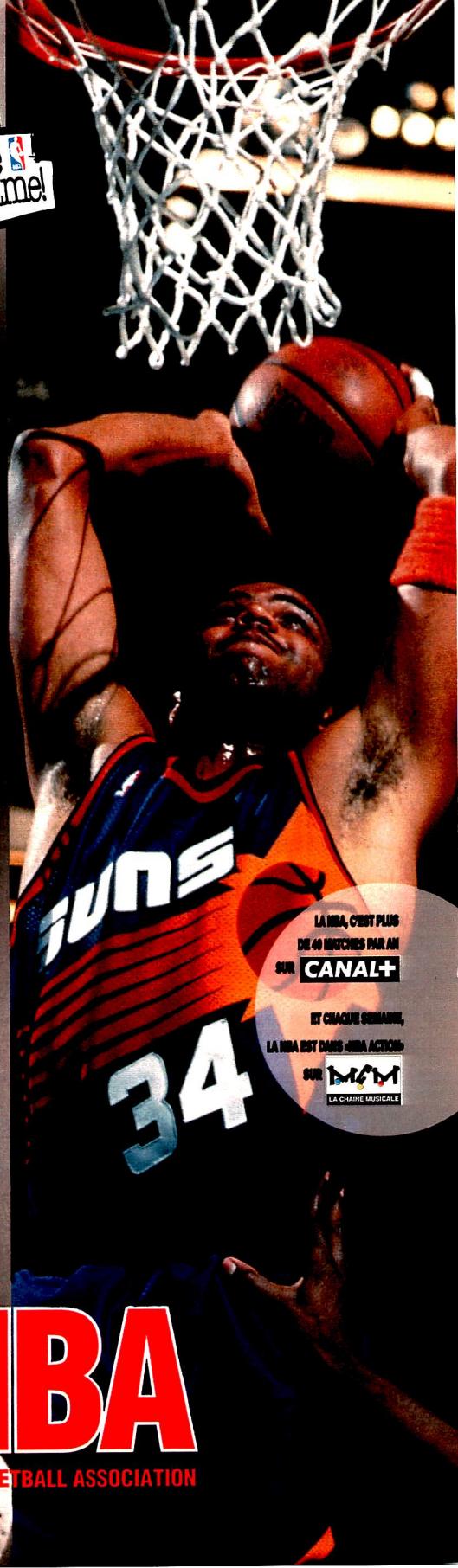
La NBA,  
ça veut dire :  
«No Babies Allowed»\*

 CHARLES BARKLEY  
PHOENIX SUNS

 **NBA**  
NATIONAL BASKETBALL ASSOCIATION

\*Interdit aux bébés.

i love  
this game!



LA NBA, C'EST PLUS  
DE 40 MATCHES PAR AN  
SUR **CANAL+**

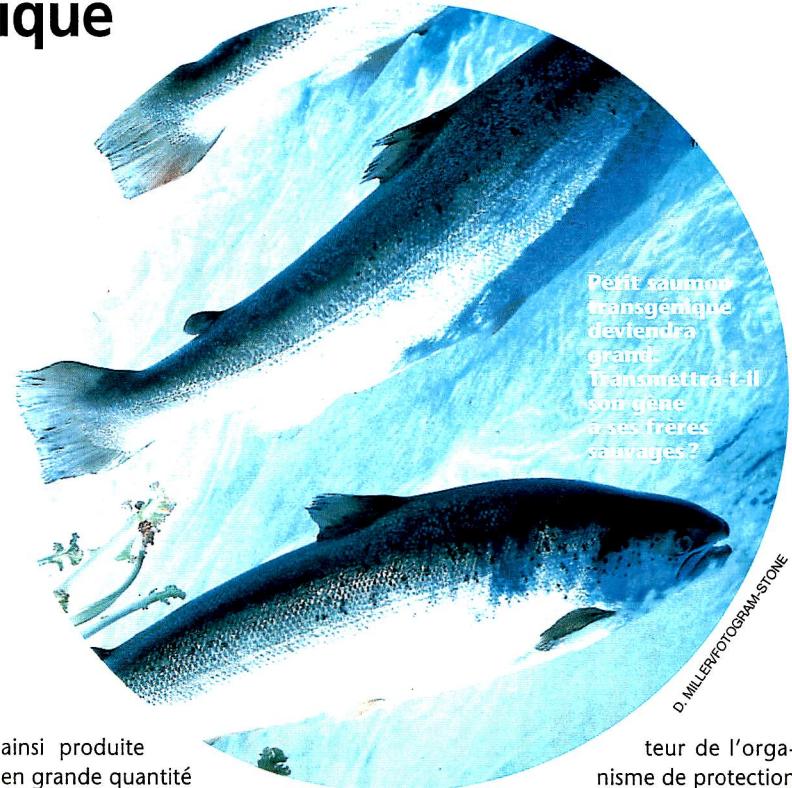
ET CHAQUE SEMAINE,  
LA NBA EST DANS **UNA ACTION**  
SUR **MFM**  
LA CHAÎNE MUSICALE

## GÉNIE GÉNÉTIQUE

## Le bond en avant du saumon transgénique

Une nouvelle "construction" génétique a été transférée à de jeunes saumons par des chercheurs de la Memorial University de Saint-Jean, à Terre-Neuve (Canada). Objectif : les faire grandir dix fois plus vite. L'astucieux "bricolage" consiste à attacher la séquence d'ADN codant pour l'hormone de croissance du saumon à la remorque d'un "accélérateur" de production : le promoteur du gène de la protéine antigel d'un poisson de mer froide, *Macrourus americanus*.

Cette molécule est en effet sécrétée à haute dose dans le foie de cette espèce (elle permet au plasma de rester liquide jusqu'à -1,7 °C). Dans la construction réalisée, la séquence codant pour l'hormone de croissance remplace, à la queue du promoteur, celle codant pour la protéine antigel. Elle se trouve



ainsi produite en grande quantité dans le foie des quelques pour cent des saumons chez qui le gène transféré s'exprime.

Une société écossaise d'aquaculture, à Loch

Fyne, a d'ores et déjà injecté des copies de ce gène chimérique à 10 000 œufs de saumon. Malcolm Windsor, direc-

teur de l'organisme de protection du saumon nord atlantique, à Edimbourg, s'en émeut. Lorsque les jeunes poissons d'environ un an devront passer en eau de mer, ne risquent-ils pas de s'échapper et de transmettre le gène à une descendance de saumons sauvages ? En Norvège, les fjords regorgent de lignées d'élevage échappées, lors de tempêtes, de cages immersées. Et l'on retrouve des individus "domestiques" jusque dans les rivières écossoises.

Pour l'instant, le taux de transgénèse est faible. Mais l'avenir commercial de la technique demande une surveillance étroite.

M.-L. M.

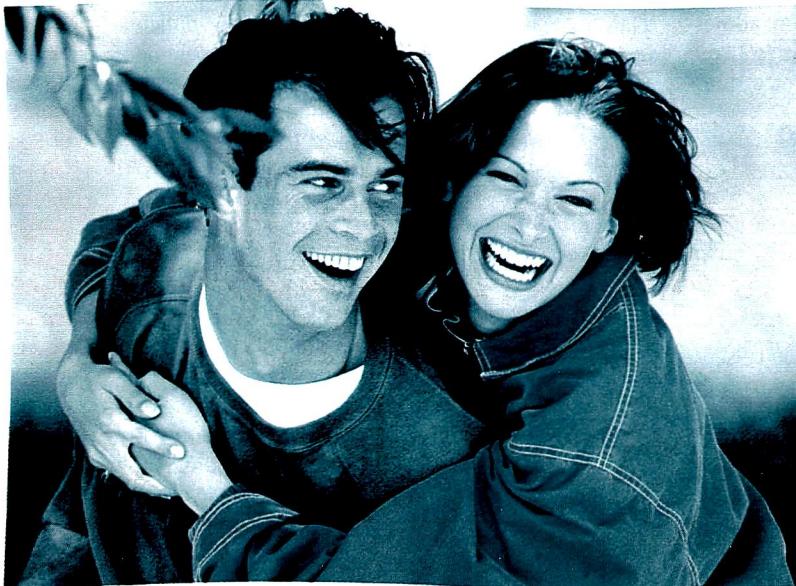
## PHYSIQUE

## SUR LA PISTE DES RAYONS COSMIQUES

Le plus grand détecteur de rayons cosmiques du monde sera implanté au sud de l'Argentine, dans la province de Mendoza. Conçu par les scientifiques d'une quinzaine de pays, il mettra en œuvre plusieurs milliers de capteurs électroniques répartis sur une surface de 3 000 km<sup>2</sup>. Les rayons cosmiques, particules ultra-rapides qui sillonnent l'espace avec une énergie cent

millions de fois supérieure à celle des plus fugaces corpuscules produits dans les accélérateurs, constituent une énigme : aucune étoile ou galaxie connue ne paraît assez active pour pouvoir les créer. Ce détecteur les étudiera en grand nombre par l'intermédiaire des gerbes de particules secondaires qu'ils créent en entrant dans l'atmosphère terrestre. F. G.

# Lentilles de contact. Liberté, Simplicité, Tranquillité, vous aussi vous y viendrez.



**LENTILLES FOCUS  
ESSAYEZ-LES  
GRATUITEMENT\***  
EN APPELANT LE  
**05 11 95 11**

(Numéro Vert: appel gratuit) ou en nous renvoyant le coupon-réponse ci-dessous.

Avouez que ce serait vraiment dommage de se passer de lentilles aujourd'hui. Les lentilles Focus sont si simples à utiliser: elles se remplacent tous les mois, pour une sécurité parfaite. Avec Focus, vous redevenez vous-même, vous redécouvrez le confort et la liberté. Alors n'hésitez plus, c'est vraiment le moment de les essayer: c'est très facile et c'est gratuit. Même le téléphone.

**Focus®** Changez-vous la vue.

Renvoyez-nous ce coupon à l'adresse suivante, pour recevoir une information complète sur les lentilles FOCUS: CIBA Vision - Service Consommateurs - B.P. 1167 - 31036 Toulouse Cedex.

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_ Date de naissance : \_\_\_\_\_

Adresse complète : \_\_\_\_\_ Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_ Tél. : \_\_\_\_\_

Profession : \_\_\_\_\_ Vous portez déjà des lentilles :  OUI  NON Si oui, marque de vos lentilles : \_\_\_\_\_



## PSYCHO-INFORMATIQUE

## Dépister les adolescents à problèmes

**V**otre beau bébé de 6 mois sera-t-il, dans quinze ans, un adolescent à problèmes ? Pour répondre à cette ques-

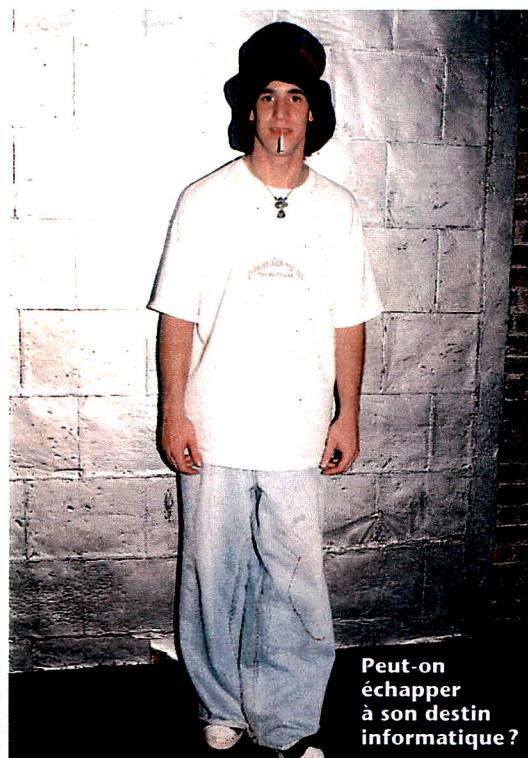
tion, un groupe de psychiatres, d'ingénieurs et d'informaticiens de l'université du Missouri a mis au point un système d'in-

telligence artificielle.

Ce logiciel de pronostic de l'adolescence "difficile" utilise la technologie des réseaux de neurones numériques et la logique "floue" (qui intègre aux catégories logiques classiques, «oui» et «non», d'autres catégories comme «peut-être», «sans doute»...).

Il s'agit simplement d'un outil d'aide au diagnostic psychiatrique destiné à remplacer les questionnaires standard, qui établissent le profil du patient à partir de nombreux paramètres (niveau socioculturel des parents, héritérité psychiatrique, etc.). Cet outil devrait pouvoir intégrer un plus grand nombre de données et procéder à une première analyse des corrélations entre tous les paramètres.

Un outil à ne pas laisser tomber dans n'importe quelles mains. R. I.



Peut-on échapper à son destin informatique ?

J. C. FIGENWALD

## GUANINE = G

● Nos lecteurs auront rectifié d'eux-mêmes : dans l'article "La carte d'identité de Cro-Magnon" (Science & Vie n° 940, p. 50), le symbole de la guanine, en jaune dans la séquence d'ADN représentée au bas de la page, n'est évidemment pas un B, mais un G.

## ASTRONOMIE

## Magellan détrôné

**C**achée derrière le véritable "rideau d'étoiles" que constitue le centre de la Voie Lactée, la galaxie Sagittarius (ou Sgr) était longtemps restée inconnue. Découverte en 1994 par une équipe américaine, elle a dépossédé le Grand Nuage de Magellan du titre de la galaxie la plus

proche de la nôtre. Il y a quelques mois, Christophe Alard, de l'Observatoire de Paris, a découvert sur les plaques photographiques du télescope de Schmidt de La Silla (Chili) que ce gigantesque amas d'étoiles en forme de ballon de rugby était beaucoup plus étendu que prévu. «Esti-

## LES SURPRISES DU PHARAON

● Le mausolée découvert en mai dernier dans la Vallée des Rois comptait 67 chambres funéraires des fils de Ramsès II (voir *Science & Vie* n° 934, p. 12). On en dénombre maintenant 93. Et il est possible qu'il y en ait encore d'autres. Selon les chercheurs, les deux couloirs sur lesquels s'ouvrent les nouvelles sépultures débouchent dans la tombe du pharaon lui-même. Cette connexion serait une première. Et les archéologues ne sont sans doute pas au bout de leurs surprises. Ainsi, deux escaliers qui, selon eux, devaient conduire à un niveau inférieur de tombes, se terminent... sur un mur !

mée jusque-là à 3,5 kpc (1) de longueur, Sgr mesure au moins 8 kpc, ce qui lui donne un volume égal au Grand Nuage de Magellan», précise-t-il. En fait, Sgr touche aux limites extérieures de la Voie Lactée, qui est en train de l'absorber littéralement. P. H.

(1) 1 parsec (pc) = 3,08.10<sup>13</sup> km.

# "banque directe"



**Nos Conseillers à votre écoute 24h / 24 et 6 jours sur 7**

**Jamais besoin de se déplacer**

**Un compte-chèque qui rapporte**

**Les virements et prélèvements gratuits**

**Pas de dates de valeur**

**Les cartes Visa internationales les moins chères du marché**

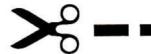
**Pas d'agios sur les petits découverts**



# 05 103 104

PAS BESOIN DE SE VOIR POUR S'ENTENDRE

## Qu'attendez-vous pour nous appeler ?



### Demande d'information

**N° VERT 05 103 104**

**(1) 40 67 36 09**

Télécopie

Minitel **3614**  
code BDIRECTE

E-mail : [www2.Atelier.fr/BDIRECTE](http://www2.Atelier.fr/BDIRECTE)

Reportez sur votre Minitel et sur  
E-mail le code annonce : **PC 0JO**

Mme  Mlle  M.

Né(e) le

Nom :  Prénom :

Adresse :

Code Postal  Ville :

Profession :

Tel. domicile  Tel. bureau

Renvoyez sans affranchir à :

Banque Directe Libre réponse n°18165 75 – 75742 Paris cedex 15

SCV

GROUPE PARIBAS

## GÉOPHYSIQUE

## Le flash qui trahit le séisme

**D**'étranges flashes lumineux rouges et bleus apparaissent dans le ciel peu avant les séismes. Le chercheur japonais Yoshiro Yamaguchi a montré que ces éclairs peuvent être causés par la brutale fracture de la silice dans les

roches compressées. Il a placé de petites plaques de silice dans de l'azote pur (avec lequel elle ne réagit pas), puis les a pliées jusqu'à ce qu'elles cèdent. Au moment de la fracture, il se produit un phénomène de fractoluminescence,

c'est-à-dire que la silice émet aussitôt de la lumière. Celle-ci apparaît un millionième de seconde seulement après la fracture. Elle commence par être rouge, à la longueur d'onde d'environ 650 nm (650.10<sup>-9</sup>m), avant de virer au bleu

10 millisecondes (ms) plus tard, et de rester de cette teinte pendant 100 ms.

Les raisons de ces émissions lumineuses demeurent obscures. Il pourrait s'agir de particules chargées (des électrons, par exemple) recouvrant leur état normal. Des recherches sont en cours. Elles détermineront peut-être si ces lumières dans le ciel pourront servir à annoncer les tremblements de terre.

F. L.

## ELEVAGE

## Hormones : nouvelle bataille

**E**n Europe, le recours aux hormones stéroïdiennes pour accélérer la croissance des bovins est interdit, alors qu'il est légal aux Etats-Unis (voir *Science & Vie* n° 941, p. 84). Or, en juillet dernier, le *Codex alimentarius*, instance internationale d'arbitrage de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), a tranché en faveur de l'innocuité de cinq hormones : œstradiol, progestérone, testostérone (naturelles), zéranol et trenbolone (artificielles). C'est seulement

pour les deux dernières que le *Codex* a imposé des limites de résidu dans la viande et dans le foie des animaux.

Forts de cette décision, les Etats-Unis ont attaqué l'Europe devant l'OMC, afin qu'elle cesse d'interdire l'importation de viande d'animaux traités. Mais l'Europe a un moyen de retarder la sanction potentielle : depuis 1968, une sixième hormone stéroïdienne, l'acétate de melenestrol (MGA), est largement – et légalement – utilisée dans l'élevage des

génisses américaines. Ce progestatif, fabriqué par Upjohn, est un simple additif qu'on mélange à l'aliment en fin d'engraissement. La seule restriction à son emploi, son "retrait" de l'alimentation quarante-huit heures avant l'abattage, a même été levée en juin 1994 par la FDA (Food and Drug Administration). En outre, aux doses préconisées par Upjohn, la limite de résidu fixée par la FDA n'est pas atteinte. Tout va donc bien pour les Etats-Unis, sauf qu'ils ont omis de faire valider l'étude toxicologique de la MGA par le *Codex alimentarius*... M.-L. M.

L'Europe maintient l'interdiction générale des anabolisants en élevage.

## FAUX-MONNAYEUR GAULOIS

● Pourquoi diable des petits disques métalliques, ayant servi à frapper ou à mouler des monnaies gauloises, se trouvaient-ils dans un lieu isolé en haute montagne ?

Trouvés par un randonneur dans le massif des Bauges, en Savoie, ils ont fortement intrigué le service régional de l'archéologie auquel ils ont été remis, conformément à la loi. Ce lot regroupe en effet des types monétaires attribués à des peuples gaulois différents.

Les archéologues en concluent, pour l'instant, que cet étrange trésor a été caché par un... faux-monnayeur !



CORTO/SIPA-PRESS



*Gold, bière spéciale.*

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTE. CONSOMMEZ AVEC MODERATION.

## EXOBIOLOGIE

# Extraterrestres : la traque reprend



R. RESSMEYER/STARLIGHT/COSMOS

**M**oins d'un an après son lancement, le programme Seti (*Search for extraterrestrial intelligence* – quête d'intelligence extraterrestre) était brusquement interrompu en octobre 1993 par le Congrès des Etats-Unis, en quête, lui, d'économies budgétaires. Les astronomes ne se sont pas découragés pour autant, et les fonds privés pallient le finan-

cement fédéral défunt.

L'un des nouveaux projets, Phoenix, a pour objectif de scruter les "systèmes solaires" à moins de 150 années-lumière (1) de la Terre. Les chercheurs ne seraient pas étonnés si les E.T. les plus proches (à moins de 25 années-lumière) recevaient nos émissions de télévision et si, subjugués par leur qua-

(1) 1 année-lumière  $\approx 10^{13}$  km.

**Grâce, notamment, au radiotélescope de Parkes, en Australie, les chances de ne rien détecter sont considérablement accrues...**

lité, ils nous envoyent en retour un signal tout aussi intelligent... Plus sérieusement, Phoenix s'appuie sur divers radiotélescopes, comme celui de Parkes, en Australie. L'astronome américaine Jill Tarter, qui participe au projet, estime qu'il nécessiterait des télescopes bien plus puissants,

pour explorer un nombre bien plus grand de "cibles".

Un autre programme, Serendip (*serendipity*, en anglais, c'est le don de faire par hasard des découvertes merveilleuses), utilise les travaux du télescope d'Arecibo, à Porto Rico. Grâce à ce formidable instrument, en quatre ans, Serendip a couvert 93 % du ciel visible de cette île la nuit, soit le tiers du ciel. Les extraterrestres s'obstinent pourtant à nous ignorer. Peut-être n'ont-ils pas la télévision?

## PALÉONTOLOGIE

## Dinosaures : et si c'était le cancer ?

**D**'après les calculs de l'astrophysicien Juan Collar, de l'université de Caroline du Sud (Etats-Unis), les dinosaures sont peut-être morts de cancers provoqués par les étoiles de notre galaxie.

Ils auraient été victimes des décharges massives de neutrinos qu'émettent les étoiles lorsqu'elles s'éteignent. Collar a cal-

culé que, tous les cent millions d'années, une étoile meurt à 20 années-lumière de la Terre. Les neutrinos propulsés vers notre planète seraient entrés en collision avec les noyaux des atomes des dinosaures, endommageant leur ADN et entraînant des mutations cancérogènes.

En comparant le poten-

tiel destructeur de ces collisions à celui de radiations conventionnelles, Collar a estimé que la mort d'une étoile de notre galaxie pouvait engendrer environ douze cellules malignes par kilogramme de tissu, chacune de ces cellules pouvant déclencher une tumeur. Largement de quoi anéantir les dinosaures..

E. E.

● Ont collaboré à cette rubrique : Catherine Chauveau, Emmanuelle Eyles, Sonia Feertchak, Frédéric Guérin, Philippe Henarejos, Roman Ikonico, Fabrice Laurent et Marie-Laure Moinet.



## Destruction des déchets

Nom de code du programme d'élimination des déchets les plus toxiques : torche à plasma.

*La technique de traitement à haute température par torche à plasma est particulièrement indiquée pour l'amiante, les déchets organo-chlorés et les résidus ultimes de l'incinération des déchets ménagers.*

Un centre d'essai aux Renardières et une unité opérationnelle de traitement de l'amiante à Arjuzanx utilisent cette technique.



Nous vous devons plus que la lumière.



Levi's 517

Le jean plus  
large pour les  
garçons.

par Didier Dubrana

## La Hague : inquiétante récidive

**Nouvelle alerte à l'usine  
de La Hague : elle serait  
responsable d'une importante  
radioactivité autour du site.**

**S**i les nucléocrates français pensaient que l'arrêt des essais nucléaires dans le Pacifique calmerait la colère des antinucléaires, c'est raté ! La CRII-Rad (Commission de recherche et d'information indépendante sur la radioactivité) vient de révéler une grave pollution radioactive autour de l'usine de retraitement de déchets nucléaires de La Hague (Manche). L'étude, commandée par Greenpeace-France, met en évidence une pollution de l'air par l'iode 129. C'est en recherchant la présence

de produits radioactifs dans des mousses terrestres (*Bryum argetum*) que la CRII-Rad a découvert le pot aux roses.

L'iode 129 est un produit radioactif cancérogène qui s'accumule dans la chaîne alimentaire. Il peut, par exemple, contaminer l'herbe, puis le lait des vaches et enfin l'homme. « Comment expliquer que les résultats communiqués au public [par l'OPRI (1) ou la COGEMA (2) – NDLR] ne fassent pas état de la présence d'iode radioactif ? » s'insurge Bruno Cha-

reyron, responsable du laboratoire de la CRII-Rad. « Les analyses de la COGEMA et de l'OPRI ne portent que sur les poussières atmosphériques. Les gaz ne sont pas contrôlés, alors que plus de 99,99 % de la radioactivité rejetée par l'usine se présente sous forme gazeuse. »

La CRII-Rad dénonce également une pollution par le tritium dans la nappe d'eau superficielle et dans deux rivières avoisinantes (Grand Bel et Sainte-Hélène). Rappelons que La Hague est aussi une

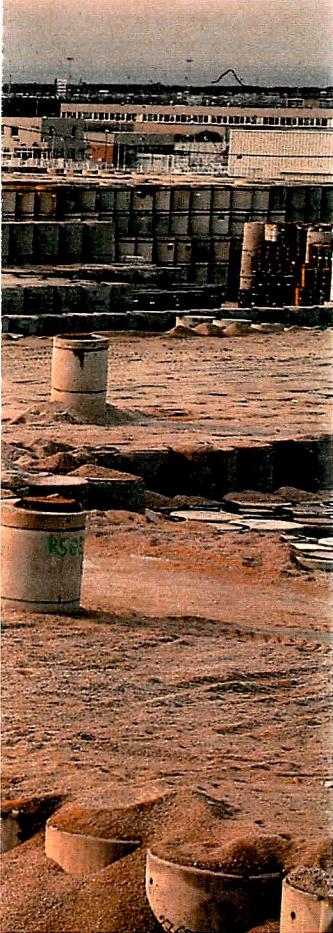
**525 000 m<sup>3</sup> de  
déchets radioactifs  
sont stockés sur  
le site de La Hague.**

“poubelle” qui héberge 525 000 m<sup>3</sup> de déchets radioactifs. D'ailleurs, l'ANDRA (3) a reconnu, à la fin de l'année dernière, que la nappe phréatique située sous le Centre de stockage de la Manche (CSM) était polluée par le tritium.

En décembre dernier, *Science & Vie* (n° 939, p. 85) publiait les résultats d'une enquête épidémiologique mettant en lumière l'augmentation du



PHOTOS D. AUBERT/SYGMA



## SAUVEZ LE MOINE

● Il ne reste plus que de 500 à 1 000 phoques moines en Turquie. L'association Europe Conservation propose des séjours d'étude consacrés à la localisation des grottes où se cachent encore ces fabuleux pinnipèdes. Tél. : 16 54 55 16 17.

## LE SPERME ASPHYXIÉ

● Une équipe de médecins toulousains vient d'établir un nouveau lien entre la qualité de l'environnement et la diminution de la spermatogénèse. Le sperme des donneurs serait de moins bonne qualité en Ile-de-France que dans la région Midi-Pyrénées. Au banc des accusés, les teneurs trop fortes en dioxyde d'azote et en sulfure de dioxyde dans l'air de la capitale.

nombre de cancers chez les jeunes gens vivants dans un rayon de 10 km autour de l'usine. Aujourd'hui, un laboratoire d'étude indépendant révèle une pollution radioactive suspecte. Bien qu'il soit impossible d'établir une corrélation entre ces deux informations, le public est en droit de se poser la question : que se passe-t-il autour de la plus grande installation de traitement de déchets nucléaires du monde ?

(<sup>1</sup>) L'Office de protection contre les rayonnements ionisants a en charge le contrôle de la radioactivité autour des sites nucléaires français.

(<sup>2</sup>) La Compagnie générale des matières nucléaires est l'exploitant de La Hague.

(<sup>3</sup>) L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs est chargée du stockage des déchets nucléaires français.

## ECOLOGIE

### Haro sur la tortue

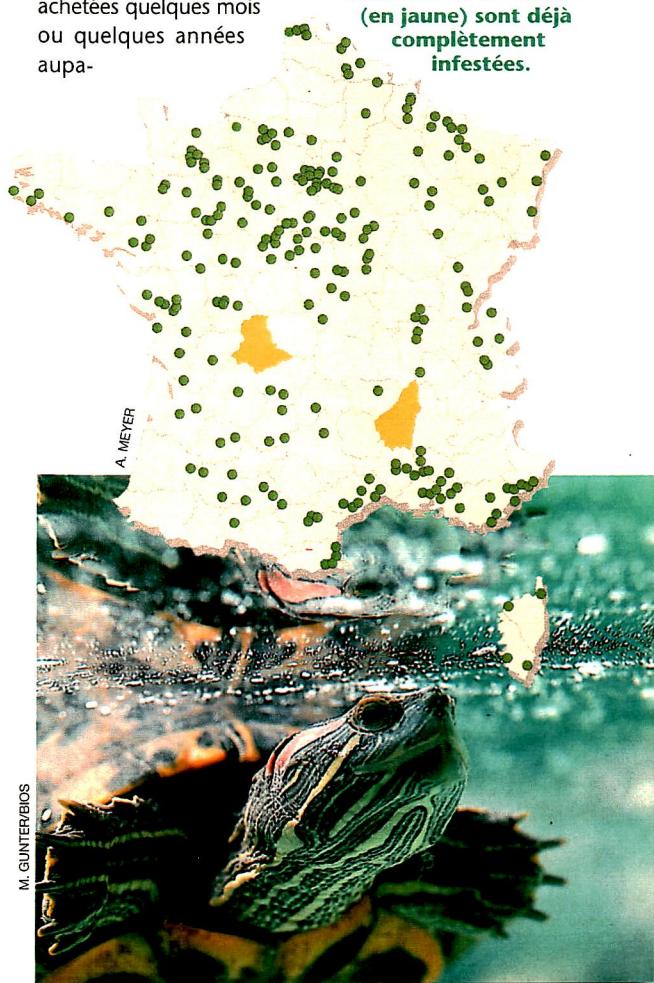
Le ministère de l'Environnement déclare la guerre à la tortue de Floride (*Trachemis scripta elegans*). Ce chélonien envahit nos campagnes, menaçant de prendre la place de la cistude d'Europe (*Emys orbicularis*), une tortue protégée. C'est une enquête confiée au Muséum national d'histoire naturelle de Paris qui a confirmé l'étendue des dégâts : la tortue nord-américaine a, en quelques années, colonisé l'ensemble de la France.

Coupables : les inconscients qui ont lâché dans la nature ces bestioles achetées quelques mois ou quelques années aupar-

ravant. En effet, la tortue de Floride devient rapidement encombrante. Pas plus grosse qu'une pièce de 5 F à la naissance, elle peut mesurer de 15 à 20 cm et peser 2 kg à l'âge adulte.

Pour enrayer l'invasion, le ministère vient de publier, en collaboration avec le PRODAF (syndicat des professionnels de l'animal familier), une brochure gratuite qui informe du "danger" que représente le reptile dans la nature.

**La tortue de Floride envahit la France entière (points verts). L'Ardèche et la Vienne (en jaune) sont déjà complètement infestées.**



## BIODIVERSITÉ

## Combien coûte la vie sauvage ?

Une enquête de l'organisation américaine Nature Conservancy, publiée dans le magazine *New Scientist*, révèle qu'un tiers de la faune et de la flore américaines est menacé d'extinction : 1,3 % des espèces recensées sur le continent ont déjà disparu, 15,4 % d'entre elles connaissent une situation « critique », et 15 % sont dites « vulnérables ».

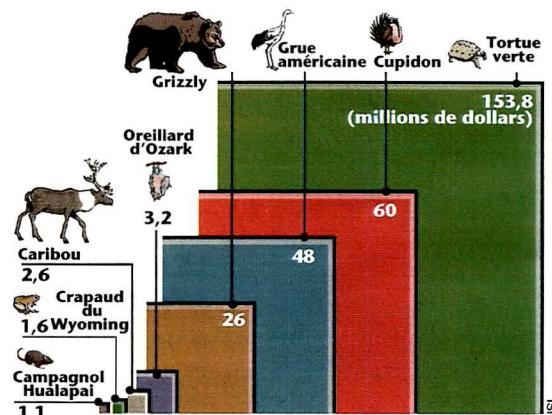
Le sort de certains groupes, tels que les invertébrés d'eau douce, est encore pire : 20 % des écrevisses et 26 % des moules sont en danger. D'autres groupes d'animaux, comme les mammifères et les oiseaux, sont à 80 % hors de danger, alors que l'opinion est paradoxalement plus sensibilisée à leur disparition qu'à celle des langoustes.

En janvier dernier, quelques jours avant la

révélation de l'enquête de Nature Conservancy, l'US General Accounting Office, l'organisme de comptabilité publique américain, publiait une estimation des coûts qu'entraînerait le sauvetage des espèces menacées : 153,8 millions de dollars pour la tortue verte, 2,6 millions de dollars pour le caribou, etc. Ces chiffres exorbitants ont aussitôt déclen-

ché une polémique entre politiques et écologistes. En effet, l'auteur du rapport, Don Young, est un membre du Congrès farouchement opposé aux mesures de conservation des espèces en danger. Selon Suellen Lowry, pré-

sidente du Sierra Club Legal Defense Fund, le document est mensonger, car « il cumule pour une espèce (tortue, ours, etc.) les coûts de toutes les mesures de sauvetage envisageables, alors que, généralement, seules



**Les Américains procèdent à une évaluation économique de leur biodiversité. Le coût des mesures de protection de la nature nécessaires pour sauvegarder une espèce comme le caribou est évalué à 2,6 millions de dollars.**

une ou deux options sont appliquées ».

Le rapport évoque également le coût d'acquisition de terrains individuels pour chaque espèce menacée. Or, il est possible de protéger plusieurs espèces sur un même territoire, aménageable ensuite en parc naturel.

E. E.



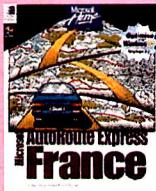
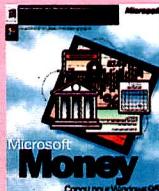
VOUS GEREZ MIEUX VOS COMPTES car Microsoft® Money vous permet de contrôler votre argent 24 heures sur 24. Donc vous vous faites bien voir par votre banquière. Et avec Microsoft® AutoRoute Express™, un atlas routier informatique enrichi des sites les plus intéressants, vous avez toutes les cartes en main pour épater cette nouvelle relation. Alors les yeux dans ses yeux, vous susurrez d'une voix étrangement basse: "Merci Microsoft® Money, merci Microsoft® AutoRoute Express™". Pour en savoir plus, tapez <http://www.microsoft.com/france>. Ou 3616 Microsoft (1.29F/min).

**Microsoft**

Microsoft Money et Microsoft AutoRoute Express sont des marques déposées de Microsoft Corporation.

AVEC **MICROSOFT MONEY**, VOUS AVEZ DU SUCCÈS  
AUPRÈS DE VOTRE BANQUIÈRE  
ET AVEC **MICROSOFT AUTOROUTE EXPRESS**,  
VOUS VISITEZ ENSEMBLE TOUTES  
LES AUBERGES DE LA RÉGION.

199<sup>FTTC\*</sup> + 10<sup>FTTC</sup>



Offre exceptionnelle  
jusqu'au 31 mai 1996.

Avec l'achat du logiciel Microsoft® Money et pour 10 francs supplémentaires, Microsoft® vous offre Microsoft® AutoRoute Express™.

\*Prix Moyen Estimé Microsoft® pour Microsoft® Money 3.0 pour Windows® ou Microsoft® Money pour Windows® 95.  
Chaque revendeur est libre de fixer son prix de vente. Ces prix peuvent varier en fonction des localités, des périodes et des revendeurs.



Curieux endroit pour construire une centrale nucléaire...

## ÉNERGIE

# Sous la centrale nucléaire, le volcan !

**E**n janvier dernier, le président indonésien, Yogyakarta Suharto, a lancé le projet de construction d'une centrale nucléaire de 1 800 mégawatts. Le site choisi est un volcan éteint sur la très peuplée île de Java.

Or, depuis quelques années, environnementa-

listes locaux et consultants en énergie s'égosillent dans une lutte commune contre le projet. Selon ces derniers, l'Indonésie, riche de vastes réserves de charbon et de gaz, ainsi que d'un grand potentiel d'énergies solaire et géothermique, n'a nullement besoin d'une centrale nucléaire. De surcroît, pour nombre de géologues indonésiens, l'entreprise n'est pas sans risques, bien que le volcan soit inactif depuis 340 000 ans.

En dépit des protestations, M. Ahimsa, directeur de l'Indonesia's Atomic Energy Council, a laissé entendre que Atomic Energy of Canada et une joint-venture entre l'américain Westinghouse Electric et une société du groupe japonais Mitsubishi s'intéressent au projet, auquel devrait participer le gouvernement indonésien. La construction de la centrale devrait commencer en 1998. A suivre... E. E.

## ORNITHOLOGIE

# Longue vie aux maigrichons

**P**our vivre longtemps, quand on est oiseau, mieux vaut être petit et maigre. C'est, du moins, ce qu'avancent deux biologistes britanniques, Kevin J. Gaston, de l'université de Sheffield, et Tim M. Blackburn, du centre de biologie des populations de l'Imperial College, à Silwood. Pour démontrer la relation entre la taille et le risque d'extinction de l'espèce, ces deux jeunes théoriciens se sont appuyés sur des données concernant la taille corporelle de 6 214 espèces d'oiseaux, et sur des listes d'espèces rares ou en danger de disparition.

Résultat : le poids des espèces les plus menacées est en moyenne trois fois plus élevé (169 g)

que celui des espèces non menacées (50 g).

Les chercheurs avancent plusieurs explications possibles. D'abord, les populations des espèces de grande taille auraient un effectif plus réduit et un taux de fertilité plus bas. Ensuite, elles auraient besoin d'un territoire et d'un habitat plus étendus. Autant de facteurs qui les rendraient plus vulnérables.

Autre information apportée par ces deux biologistes de l'évolution : un modèle (à paraître) établit que les 3 906 espèces des Amériques et des Caraïbes ont une moyenne d'âge phylogénétique (celle de l'espèce) plus élevée à

l'Équateur qu'aux pôles. Elle est de 42 millions d'années autour de l'équateur et de seulement 33 millions aux hautes latitudes nord-américaines.

C'est dans le climat de la Terre que se trouverait la clé de cette variation de l'âge des espèces. « L'extension des glaciations dans le Nouveau Monde a été nettement plus marquée aux hautes latitudes qu'aux tropiques », précise Tim Blackburn. De tels événements ont pu entraîner l'extinction de certaines espèces et la migration d'autres vers l'équateur. Par la suite, seules les jeunes espèces d'oiseaux, les plus aptes aux migrations, auraient pu recoloniser les terres du nord.

Pour séduisant qu'il soit, ce modèle de distribution phylogénétique reste spéculatif et contredit celui des mammifères américains, dont les plus vieux fossiles ont été retrouvés aux hautes latitudes. V. T.



## DANGER, RIS DE VEAU

- L'Académie de médecine voudrait faire interdire l'importation des thymus, intestins et moelles épinières de veaux britanniques : ceux-ci peuvent contenir le prion, l'agent infectieux responsable de la "maladie des vaches folles".

VOUS TRAVAILLEZ VITE ET BIEN, Microsoft Works vous a permis de prendre une avance considérable dans votre travail. Normal puisque Microsoft Works est un des meilleurs logiciels de bureau qui soit. Done vous prenez des vacances bien méritées. Et avec Microsoft AutoRoute Express™, un atlas routier informatique enrichi des sites les plus intéressants, la route est à vous. Les vacances s'annoncent joyeuses et tous en chœur, vous chantez les louanges de Microsoft Works et de Microsoft AutoRoute Express™.

Pour en savoir plus, tapez <http://www.microsoft.com/france>. Ou 3616 Microsoft™ (1,29F<sup>\*\*</sup> mn).

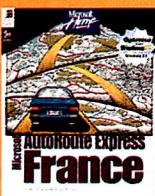
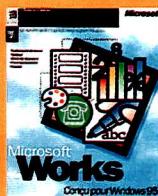
**Microsoft**

Microsoft Works et Microsoft AutoRoute Express sont des marques déposées de Microsoft Corporation.

AVEC MICROSOFT WORKS,  
VOTRE TRAVAIL AVANCE TOUT SEUL,  
ET AVEC MICROSOFT AUTOROUTE EXPRESS,  
VOUS PLIEZ BAGAGES PUISQUE  
VOTRE TRAVAIL AVANCE TOUT SEUL.



490<sup>FITC\*</sup> + 10<sup>FITC</sup>



Offre exceptionnelle  
jusqu'au 31 mai 1996.

Avec l'achat du logiciel Microsoft® Works et pour 10 francs supplémentaires, Microsoft® vous offre Microsoft® AutoRoute Express™.

\*Prix Moyen estimé Microsoft® pour la Mise à Jour de Microsoft® Works pour Windows® 95.  
Chaque revendeur est libre de fixer son prix de vente. Ces prix peuvent varier en fonction des localités, des périodes et des revendeurs.  
Offre Microsoft® AutoRoute Express™ valable également pour l'achat de Microsoft® Works pour Windows® 95 version complète.

## LA FORÊT DE PIERRE

● Une forêt fossilisée vient d'être découverte dans le Sud de la Patagonie : d'immenses troncs de conifères (araucarias), qui pouvaient atteindre 100 m de haut, couronne non comprise, et qui poussaient voilà 160 millions d'années. A l'époque, les éruptions du volcan Cerro Cuadrado recouvriront la forêt de cendres et de boues qui emprisonnèrent les troncs sans qu'ils brûlent. Les sels minéraux ont transformé les fruits des arbres en pierres semi-précieuses aux couleurs splendides.

## ARMEMENT

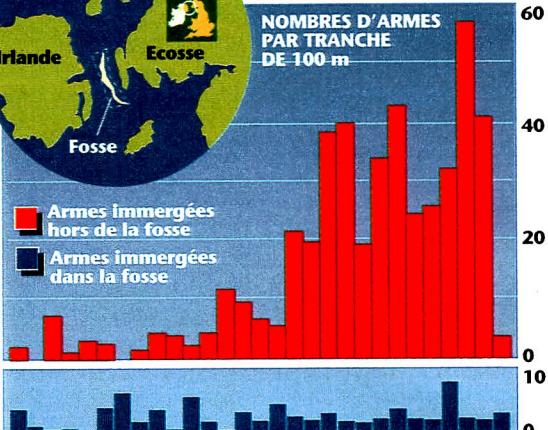
### La plage de

**S**i vous aimez arpenter les blanches plages écossaises, méfiez-vous, car, en l'espace de quelques mois, des milliers de bombes incendiaires s'y sont échouées. Immergées dans la Manche il y a plus de cinquante ans, elles refont aujourd'hui surface.

Par décision du ministère de la Défense britannique, une fosse sous-marine (longue de 50 km, large de 5 km, à 250 m de profondeur) située à 10 km de la côte écossaise devait accueillir, entre 1945 et 1976, 1 million de tonnes de munitions datant de la Seconde Guerre mondiale. Mais, en raison de « mauvaises conditions météorologiques », nombre de bateaux se débarrassèrent de leur chargement avant



A. MEYER/SOURCE : NEW SCIENTIST



En explorant les fonds sous-marins avec un sonar, les Ecossais se sont aperçus que des stocks de munitions ont été déversés en dehors de la fosse sous-marine initialement choisie à cet effet. Aujourd'hui, les bombes s'échouent sur les plages...

d'atteindre cette poubelle maritime...

C'est la pose d'un oléoduc par la société British Gas qui a permis de découvrir la bavure. Des

scientifiques du Scottish Office's Marine Laboratory ont donc entrepris de sonder les fonds marins de part et d'autre de l'oléoduc. Le sonar a révélé la présence de milliers d'armes enfouies à 50 m de profondeur, à moins de 5 km au nord de la péninsule de Galloway.

Les images vidéo ont montré jusqu'à 50 "objets" par tranche de 100 m : caisses de munitions, obus, roquettes, mines, grenades sous-marines, etc. Selon les experts du ministère de la Défense, les bombes peuvent encore exploser... E. E. ■

## L'ARBRE PURIFICATEUR



● L'équipe du Pr Geoff Folkard, de l'université de Leicester (Grande-Bretagne), vient de mettre au point un système d'épuration de l'eau qui utilise les principes actifs de la graine d'un arbre indien, *Moringa oleifera*. Broyées, les graines de moringa désinfectent l'eau boueuse d'un fleuve ou d'une rivière, qui devient potable en une heure. Un espoir pour les pays du tiers monde, qui pourraient cultiver cet arbre. Le moringa a le triple avantage de pousser en terrain peu fertile, sans beaucoup de soins, et d'être productif au bout d'un an. Outre ses graines, il offre des feuilles et des fleurs riches en protéines, en vitamines A et C, en calcium et en fer.

● Ont collaboré à cette rubrique : Anne Depont, Emmanuelle Eyles et Vincent Tardieu.

NE CROYEZ PAS CE QUE DISENT LES LIVRES, ILS NE SONT QUE LES ÉMANATIONS  
DE NOS BANALES EXISTENCES ET CHANGENT CONSTAMMENT.  
CROYEZ EN VOS RÊVES. EUX SEULS PEUVENT VOUS APPRENDRE LA VÉRITÉ...

PREMIÈRE EXTENSION  
ÉGALEMENT DISPONIBLE :  
L'ÎLE DE LA DAGUE

GUARDIANS  
A ÉTÉ ENTIÈREMENT ILLUSTRE PAR CINQ DES MEILLEURS  
ARTISTES DE FANTASY. BROM, DON MAITZ, KEITH  
PARKINSON, MIKE PLOOG ET JAMES WARHOLA ONT  
ASSOCIÉ LEURS TALENTS AFIN DE PRODUIRE PLUS DE 270  
ŒUVRES D'UNE QUALITÉ  
SANS PRÉCÉDENT.

# GUARDIANS

Bienvenue dans le passé véritable de la Terre  
JEU DE CARTES À JOUER ET À COLLECTIONNER MÉDIÉVAL-FANTASTIQUE

VERSION FRANÇAISE  
OFFRE DE LANCEMENT

## BON DE COMMANDE

Je souhaite recevoir :

- 1 paquet de base (starter) + 2 paquets additionnels (boosters) + 2 paquets "Île de la Dague" ..... 114 F au lieu de 132 F  
 2 paquets de base (starters) + 3 paquets additionnels (boosters) + 3 paquets "Île de la Dague" ..... 192 F au lieu de 228 F  
 Ci-joint un chèque de ..... F (franco de port) à l'ordre de Jeux Descartes, 1 rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15  
 Nom ..... Prénom .....

Adresse .....

Code postal .....

Ville .....



par Gérard Morice

## Le "laser puce" s'introduit partout



Mis au point par le CEA,  
un microlaser  
aux applications  
quasi infinies : automobile,  
aéronautique, météorologie, etc.

PHOTOS X - TOUS DROITS RESERVÉS

**M**is au point par le Laboratoire d'électronique, de technologie et d'instrumentation (LETI) du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), ce microlaser a une diode d'à peine 1 millimètre cube de volume. Cette taille miniature lui permet de se glisser partout...

Il présente trois atouts essentiels. D'abord, la simplicité. Il n'est formé que de deux éléments :

une diode-laser, composant électronique qui émet une lumière intense mais peu cohérente, et une puce d'yttrium-aluminium-grenat (YAG) "dopée" au néodyme. La puce absorbe l'énergie fournie par la diode, la stocke puis la libère sous forme de lumière, dans une impulsion très brève – de l'ordre du milliardième de seconde.

Cette configuration permet de fabriquer le laser puce en une seule opération. En effet, par microusinage, une centaine de puces sont découpées sur une même tranche de matériau. Chacune d'elles est ensuite équipée d'une diode. Cette technique, dite de fabrication "collective", autorise une pro-

duction de masse à un coût avantageux.

Autre avantage du laser puce : sa grande souplesse d'adaptation. Forgé d'un seul bloc, il peut être développé pour une application spécifique sans qu'il faille modifier son processus de fabrication. Il suffit de régler le faisceau laser sur une longueur d'onde précise.

Troisième atout, dans le domaine du contrôle de qualité : en greffant au dispositif un minuscule cristal qui assure la conversion de fréquence des photons émis, on obtient de la lumière visible, dans la gamme du vert (notre photo). Un opérateur peut vérifier le bon alignement des pièces une à une, en suivant le faisceau laser à

l'œil nu, sans protection particulière.

Capable de détecter instantanément des obstacles (leur distance, leur vitesse d'approche ou d'éloignement) sur une centaine de mètres, le laser puce est promis à un nombre infini d'applications industrielles : automobile, aéronautique, défense, etc.

Placé dans le phare d'une voiture, par exemple, il aiderait le conducteur à évaluer la visibilité dans le brouillard : le faisceau serait réfléchi par les gouttes d'eau en suspension, proportionnellement à la densité du phénomène. De même, en approche d'atterrissement, il pourrait compléter efficacement les données des

### 36 15 SCV

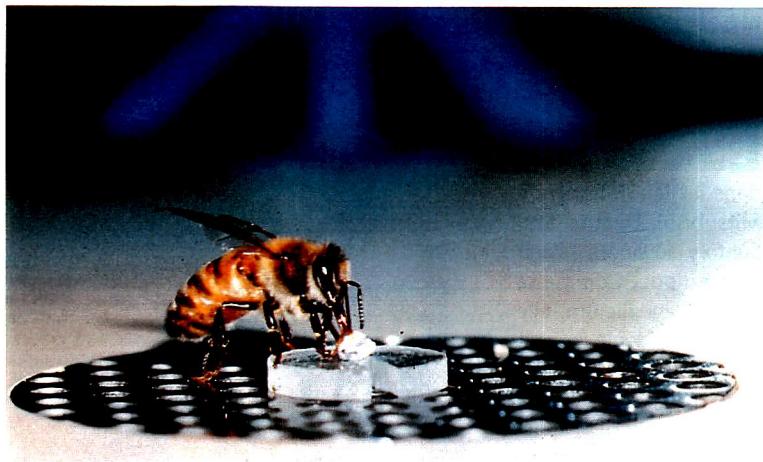
Questions / réponses  
à la rédaction  
(sous 24 ou 48 heures,  
selon complexité).

instruments de bord classiques d'un avion, en mesurant la distance qui sépare celui-ci de la piste.

D'autres applications sont envisagées à plus long terme, comme le contrôle de la qualité de l'air : la longueur d'onde du laser puce serait adaptée à celle des corps chimiques à détecter (hydrocarbures, gaz carbonique, dioxyde de soufre...).

Les météorologues pourraient eux aussi utiliser le laser puce. Pour élaborer une prévision quotidienne, ils mesureraient la vitesse du vent, en "frappant" du faisceau laser les particules de poussière transportées par la masse d'air.

La licence de commercialisation du laser puce a été confiée par le LETI à un spécialiste de l'optronique, la société SFIM-ODS.



S. CARRÉ/INRA

## LA MÉMOIRE DE L'ABEILLE

● Cette abeille ouvrière butine une fleur artificielle. Elle prélève une solution sucrée et reçoit une odeur, comme s'il s'agissait d'une fleur naturelle. L'INRA (Institut national de la recherche agronomique) a mis ainsi en évidence la "mémoire" olfactive de l'insecte. L'odeur mémorisée par l'abeille lui permet de s'orienter sélectivement vers les fleurs sur lesquelles elle a précédemment trouvé une nourriture. Grâce à ce type d'étude, on comprend mieux le fonctionnement nerveux de l'abeille et la façon dont elle traite des informations olfactives complexes. A terme, on pourrait recourir aux insectes pour développer la pollinisation de certaines fleurs d'intérêt agronomique.

## COLLECTIVITÉS

### TARTINAGE AUTOMATIQUE

● Destinée à la restauration et aux collectivités, la Spread-matic, fabriquée en Grande-Bretagne, peut enduire de beurre ou de margarine 3 000 tartines à l'heure ! Elle ne suppose que deux réglages.

L'un pour l'épaisseur  
du pain :  
de 6 à 40 mm.  
L'autre  
pour le poids  
du produit  
à tartiner : de 3  
à 12 grammes.



## INFORMATIQUE

### L'entreprise interactive

Bien souvent, dans une grande entreprise, chaque poste s'équipe en informatique en fonction de ses besoins, mais sans prendre en compte les solutions informatiques retenues par les autres services. Ainsi, les logiciels de gestion des stocks sont souvent incompatibles avec ceux de la comptabilité ou du service des livraisons. C'est à partir de ce constat que la société Skipper a développé un nouveau concept de gestion des moyens de l'entreprise : Orqua. Son but : lancer des passerelles, autour d'un noyau central, entre les diverses solutions informatiques utilisées. L'interactivité entre les fichiers des différents services devient totale, sans qu'il soit nécessaire de modifier l'outil de travail des employés. Chacun conserve son logiciel et sa machine. Cependant, afin de préserver la confidentialité et l'autonomie des services, l'interactivité peut rester sélective, par la mise en place de mots de passe et de codes d'accès.

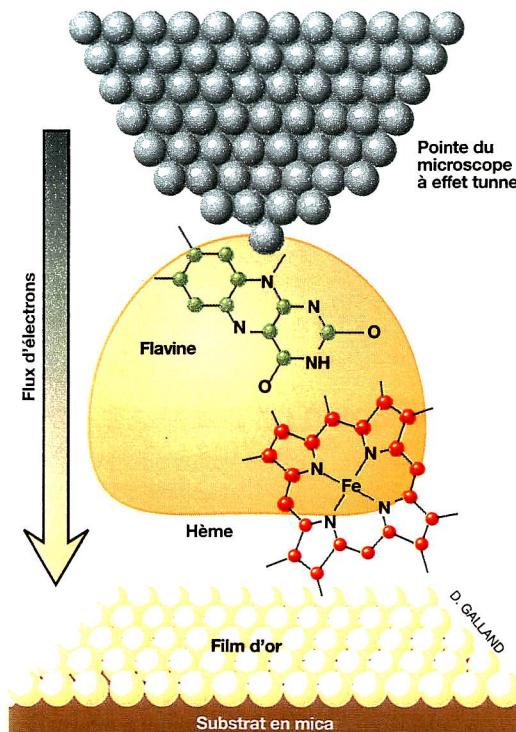
De nombreuses grandes sociétés – FNAC, GDF, SNCF, La Redoute... – ont déjà fait appel à ce système.  
H.-P. P.

## NANOTECHNOLOGIES

## Du vivant dans l'électronique

Le premier composant bioélectronique est né dans les laboratoires de Mitsubishi Electric and Suntory, au Japon. Il s'agit d'une diode. Comme sa cousine en silicium, elle ne laisse passer le courant que dans une seule direction. Mais, dans cette nouvelle diode, c'est l'association de deux molécules organiques, la flavine (famille des vitamines) et l'hème (famille de l'hémoglobine), qui remplace le silicium.

Son principe de fonctionnement est le suivant (voir schéma ci-contre) : les électrons, apportés à la molécule de flavine par l'intermédiaire de la sonde d'un microscope à effet tunnel, sautent de la molécule de flavine à celle d'hème. Du coup, l'ion ferreux ( $Fe^{3+}$ ) de l'hème devient un ion ferrique ( $Fe^{2+}$ ) et le nouvel électron est récolté par un film d'or en contact avec la molécule d'hème.



Deux molécules organiques suffisent pour fabriquer cette diode.

Le transfert d'électrons en sens inverse (de l'hème vers la flavine) est impossible, d'où l'effet de diode. Enfin, ces trans-

ferts s'effectuent sur une paire de molécules. C'est le domaine des nanodimensions. Ainsi, la diode de Mitsubishi occupe un volume 10 000 fois plus petit que celui de la plus petite des diodes en silicium.

H.-P. P.

## ÉCONOMIE

## PANNE DE SILICIUM ?

Le silicium est la matière première de tous les composants électroniques. Raffiné à l'extrême, puis découpé en galettes de vingt centimètres de diamètre, il constitue le substrat sur lequel sont gravées les puces électroniques. Or, avec l'envolée de l'industrie électronique, les fabricants de silicium ont du mal à suivre. D'ici à la fin de 1997, la demande pourrait dépasser l'offre de 30 %. Ce qui entraînerait un déficit de 250 000 galettes par mois. H.-P. P.

## UNE BENNE À GÉOMÉTRIE VARIABLE

La Grapner est une benne qui se fixe sur la flèche d'une grue télescopique conventionnelle ou à l'avant d'un quelconque engin de terrassement. Chacune de ses deux mâchoires, qui pivotent autour d'axes mobiles et pénètrent dans les sols les plus durs, fonctionne indépendamment l'une de l'autre. L'engin s'adapte ainsi parfaitement au terrain. La benne possède en outre un éjecteur amovible pour expulser les matières qui restent collées aux mâchoires. Les dents de ces dernières sont amovibles : deux couteaux racleurs les remplacent pour la saisie de matériaux sur une surface plane.

## INFORMATIQUE

## L'ordinateur multitâche

À l'aide d'une série de logiciels rassemblés sous l'appellation de ComSuite 95, la société Delrina transforme un ordinateur en fax, en répondeur téléphonique ou en messagerie vocale interactive. Ces logiciels

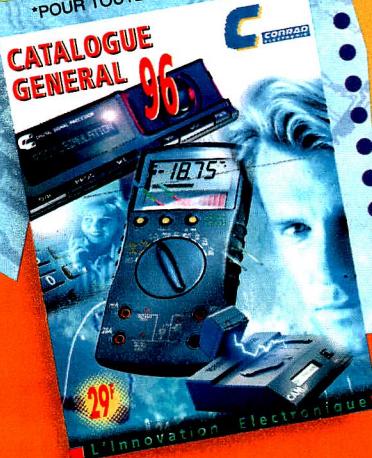
sont autonomes : on peut donc continuer à travailler sur le PC tout en le laissant gérer les appels téléphoniques ou en passant un fax. Une nouvelle ergonomie pour les PC, rendue possible par l'utilisation de Windows 95. H.-P. P.

# Découvrez le Monde de l'Innovation Électronique



**542 Pages**  
**LE CATALOGUE GÉNÉRAL 1996**  
**GRATUIT!**

\*POUR TOUTE COMMANDE



Découvrez le nouveau catalogue général 96 grâce à cette offre spéciale, étudiée pour vous.

Plus de 15000 références dans :  
 les applications domestiques, l'audio-video,  
 l'automobile, les composants, l'informatique,  
 la mesure, le modélisme, la télécommunication,...

AMPOULE 13 watts  
**39F90**

**19F50**

## LAMPE A ECONOMIE D'ENERGIE 13 WATTS

Faites vos comptes !  
 Les lampes à économie d'énergie à un prix tout à fait exceptionnel !

Disponible 13 Watts (équivalence 60 watts).

Alimentation directe 220 Volts, culot standard à vis.

Dimensions : Longueur 18 cm, Ø support lampe 3,8 cm, Ø lampe 2,7 cm.

Code : 0616 575

L'unité

**39,90F**

**19,50F**

• Pile UM-3 (nécessite 1 pièce)

Code : 7900 644

**2,90F pièce**



## COFFRET DE 21 OUTILS DE PRÉCISION DCK 0511

Ce coffret regroupe les principaux tournevis et clés utilisés en électronique ou informatique. Il se constitue de : 6 tournevis plats : de 0,9 à 3,5 mm ; 2 tournevis cruciformes ; 3 clés mâles 6 pans ; 5 clés à douilles 6 pans de 3 à 5 mm ; 5 clés à fourches et 1 barre de torsion.

Code : 0800 511 **39,00F**

**26F90**



**TESTEUR**

**DIGITAL LCD 12/230 V**

Une aide mini et pratique de la technologie la plus récente.

Pour des tests de tension de 12 à 230 V (tension continue et alternative) avec un affichage digital de 5 mm. Idéal pour : mesure directe (test de phase avec indication de la tension), mesure indirecte, détection de rupture de fil, en 12 V idéal pour le contrôle du réseau électrique automobile. Avec clip et bout en tournevis. Dimensions : 120 x 14 x 7 mm. Ecologique car sans pile.

Code : 0133 728

**26,90F**

## BON DE COMMANDE

A retourner à Decock Electronique BP 78 59003 LILLE Cedex ou par Tél. 20.12.88.88 ou par Minitel 3615 CONRAD votre mot de passe **W 4**

DÉSIGNATION DES ARTICLES	CODE	PRIX UNITAIRE	QUANTITÉS	MONTANT TOTAL
TESTEUR DIGITAL	0133 728	<b>26,90F</b>		
MECANISME D'HORLOGE	0199 010	<b>19,50F</b>		
PILE UM3	7900 644	<b>2,90F</b>		
COFFRET 21 OUTILS	0800 511	<b>39,00F</b>		
LAMPE 13 WATTS	0616 575	<b>39,90F</b>		
<b>CATALOGUE GÉNÉRAL 1996</b>		<b>GRATUIT</b>	1	<b>GRATUIT</b>
		FRAIS DE PORT ET D'EMBALLAGE		<b>29,00F</b>

OFFRE VALABLE JUSQU'AU 31/05/96

MONTANT TOTAL À PAYER

Je désire seulement le Catalogue Général 96 et je joins un chèque de 29F, remboursé à la première commande (minimum d'achat 190F)

CHOOISSEZ VOTRE FORMULE DE PAIEMENT

(n'oubliez pas d'inscrire le numéro de votre carte, la date d'expiration et de signer. Merci)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

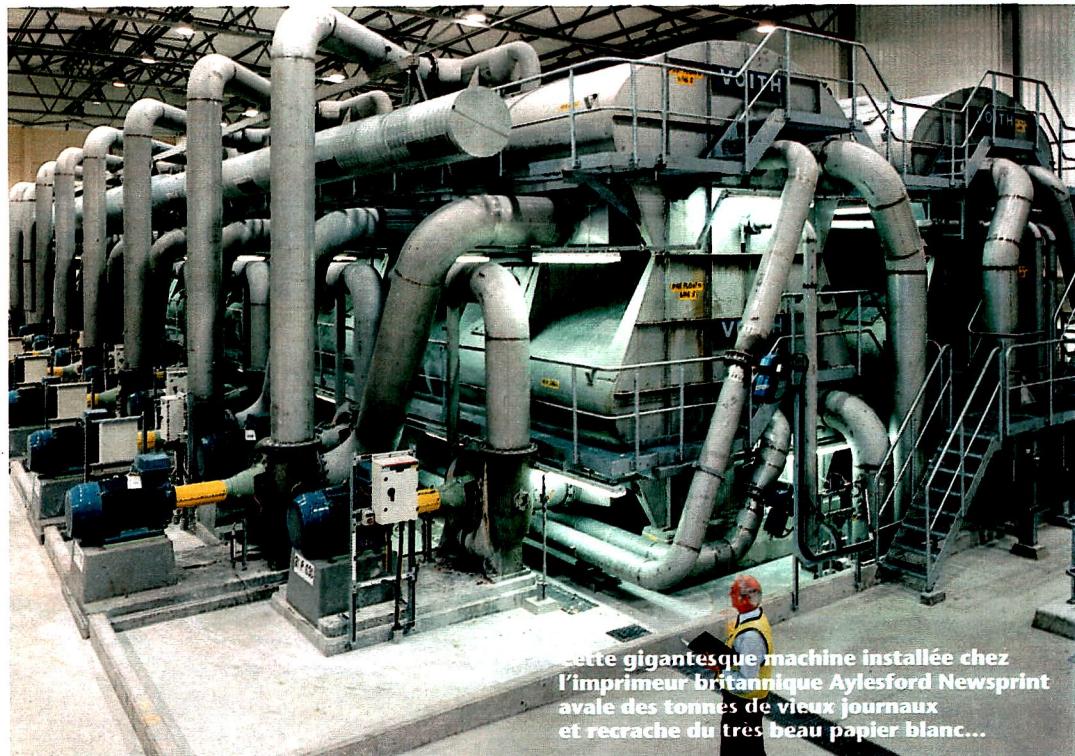
Chèque bancaire date de validité : **Votre Signature :**

ou postal à l'ordre de **DECOCK électronique S.A.** mois - année

Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD)

## RECYCLAGE

## Révolution de papier



Cette monstrueuse machine, dont l'architecture évoque Beau-bourg, est le fruit du plus ambitieux programme de recyclage jamais conçu en Grande-Bretagne.

Installée dans le Kent (sud de l'Angleterre), chez Aylesford Newsprint, elle va produire, à partir de vieux journaux recyclés, un papier très propre et très clair, adapté aux besoins de l'impression en couleur. Sa capacité (370 000 t de papier journal par an) per-

mettra à la Grande-Bretagne d'exporter un tiers de sa production.

Les Britanniques sont parmi les plus grands consommateurs euro-

péens de papier journal, et une campagne vient d'être lancée pour les encourager à recycler les vieux journaux. Le projet Aylesford devrait faciliter la

tâche du gouvernement de Sa Majesté, qui espère que le papier recyclé entrera pour 40 % dans la composition du papier journal avant l'an 2000.

## TRANSMISSIONS

## RECORD DU MONDE DES FAISCEAUX HERTZIENS

● Siemens vient de battre le record du monde de distance dans le domaine de la transmission radioélectrique. Sur la côte ouest du Mexique, un nouveau champ hertzien enjambe le golfe de Californie sur 160 km (trois fois la longueur des faisceaux hertziens terrestres habituels). Siemens détenait

l'ancien record : un champ de 151 km installé en 1990 en Bolivie. Le nouveau faisceau à large bande, construit pour la société mexicaine de téléphonie Telmex, transmet 140 Mbits par seconde, ce qui permet d'acheminer simultanément 2 000 conversations téléphoniques.

● A collaboré à cette rubrique : Henri-Pierre Penel

## ESPACE

# Les fils d'or d'Ariane

**L**e programme Ariane a déjà rapporté aux douze pays actionnaires près de trois fois le montant de leur "mise" initiale. C'est ce qu'établissent les comptes, extrêmement complexes, effectués par Arianespace.

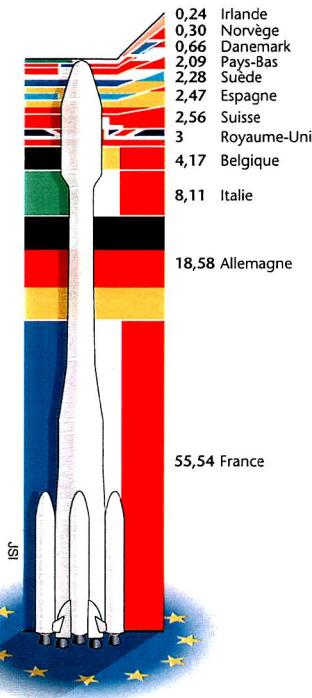
«Il aura fallu cinq mois de travail, dit Bernard Perraud, chargé de mission auprès de la direction d'Arianespace, pour parvenir à une évaluation crédible et à des comparaisons chiffrées qui se tiennent.»

L'investissement représente la somme de divers sous-programmes menés par plusieurs sous-traitants, donc difficiles à additionner. Dans un souci d'exhaustivité, on a comptabilisé aussi bien l'aménagement du centre spatial de Kourou que la création du nouvel ensemble de lancement ELA 2 en Guyane – bien que ce dernier ne soit pas entièrement amorti.

Tout compte fait, en quinze ans d'exploitation (à l'exclusion d'Ariane 5) et 104 lancements, le lanceur de l'Agence spatiale européenne a coûté

25,5 milliards de francs français et en a rapporté 75. Cette dernière somme a "irrigué" quelque 240 sociétés dans les douze pays actionnaires. On estime que l'industrie du lanceur représente actuellement 10 000 emplois à temps plein.

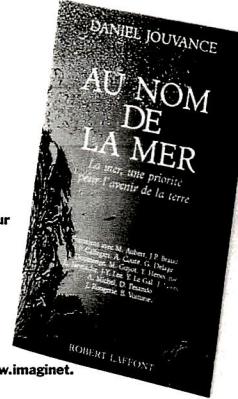
Le rapport sur investissement s'élève au fur et à mesure que s'enchaînent les tirs commerciaux. A la fin de 1995, la fusée européenne avait effectué 82 vols, dont 76 "commerciaux", et placé en orbite 110 satellites. Elle doit procéder, d'ici à 1999, à une trentaine de lancements, dont le développement et les infrastructures sont déjà amortis. ■





**Daniel Jouvance, fondateur des laboratoires de Biologie Marine, Vice-président d'Océan Océan Fédér'Action Internationale du monde marin.**

**Code Internet : <http://www.imaginet.fr/au-nom-de-la-mer>**



**ROBERT LAFFONT**

**Daniel Jouvance**

*«La mer est notre principal espoir pour l'avenir et cet espoir est aujourd'hui menacé. Si nous n'agissons pas à temps, elle peut devenir, demain, un "Sahara marin"».*

**EDITIONS ROBERT LAFFONT.**



**POURQUOI  
ACCEPTER  
D'ÊTRE  
CHAUVE ?**

La chirurgie Esthétique vous permet par une technique sûre, efficace et indolore, **de retrouver définitivement vos vrais cheveux**. Grâce à un progrès technique spectaculaire, les **MICROGREFFES** permettent de reconstituer la **ligne frontale de façon naturelle**.

**Clinique du Rond-Point des Champs-Elysées**  
**61, av. F.D. ROOSEVELT, 75008 PARIS**  
**43.59.71.63**  
**Sur Minitel : 3615 CLINFORM**

Documentation sous pli confidentiel, envoyée sur demande.  
 Informations et consultation sur R.V.

NOM . . . . .  
 ADRESSE . . . . .

SY 04 96



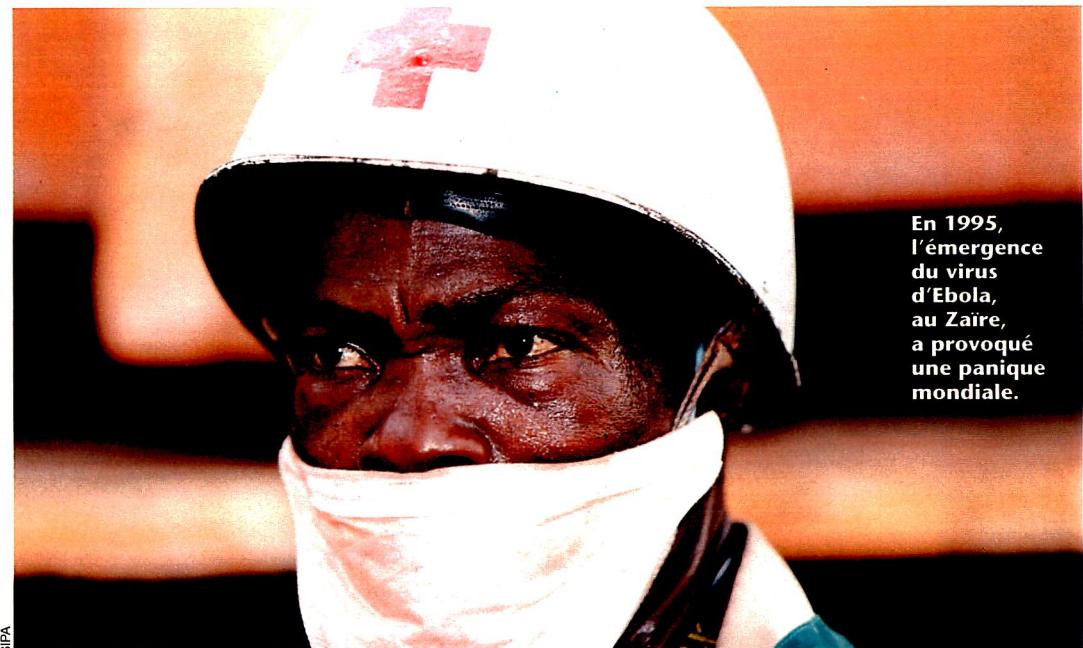
Tout s'évapore à la limite.

*A l'entraînement, Mary Pierce préserve son bien-être grâce à la fibre de son combi-short Nike Dri-F.I.T.™ qui élimine la transpiration. C'est le meilleur moyen pour elle d'affuter ce coup droit qui élimine tant d'adversaires.*

3615 NIKE 2,23 F/mn



par Philippe Chambon



SIPA

En 1995,  
l'émergence  
du virus  
d'Ebola,  
au Zaïre,  
a provoqué  
une panique  
mondiale.

## Alerte mondiale aux infections

Sida, virus d'Ebola, rage, tuberculose...

De nouvelles infections surgissent, et les anciennes redoublent. Coupables : aussi bien la pauvreté que... le réchauffement du climat.

Trente-six revues médicales internationales lancent un cri d'alarme : il faut surveiller de près l'émergence des nouvelles maladies infectieuses et la réapparition d'anciens fléaux. Sida, hantavirus, maladie de Lyme, rage, tuberculose, diarrhée à cryptosporidium..., la liste ne cesse de s'allonger. Aux États-

Unis, la mortalité par infection a augmenté de 59 % entre 1980 et 1992.

Les spécialistes suggèrent des causes culturelles (libération sexuelle), technologiques (rapidité des voyages), socio-économiques (pauvreté) et biologiques (mutations, résistances aux médicaments).

Le réchauffement de l'atmosphère aussi joue un

rôle : si, comme prévu, la température globale augmente de 2 % d'ici à 2100, la fréquence des maladies transmises par les moustiques et par l'eau devrait augmenter.

C'est dans ce contexte que la revue médicale britannique *The Lancet* rapporte l'émergence d'une nouvelle parasitose dans les pays froids : la disto-

matose, due à une douve (ver plat) du foie, *Metorchis conjunctus*. Déjà connue pour s'attaquer aux chiens de traîneaux, elle vient d'infecter dix-neuf Canadiens qui avaient mangé du poisson cru, pêché dans une rivière au Nord du Canada. Période d'incubation : de un à quinze jours. Symptômes : fièvre, douleurs abdominales, anorexie grave. Il existerait aussi des formes chroniques non dépistées.

**36 15  
SCV**

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

## REPRODUCTION

# Les spermatozoïdes n'aiment pas les emballages

Une enquête de deux années, menée par le Medical Research Council britannique, révèle que l'absorption d'infimes quantités de composés chimiques tels que l'octol-phénol et le biphénol A

entraîne une diminution de la fertilité masculine.

Utilisés dans la fabrication d'emballages alimentaires, de tétines et de biberons, ainsi que comme isolants dans les boîtes de conserves, ces produits ont de très fortes propriétés œstrogènes, capables d'entraver le développement des testicules et la production du sperme.

Les hommes nés entre 1955 et 1960 sont les plus touchés.

Selon le Pr Richard Sharp, du MRC, « tout se joue dans l'utérus et pendant la première année de vie ». E. E.

J. BURNS/ACE/PHOTOTAKE/CNRI

Des composés chimiques courants menacent le sperme.



## NOUVEAUX MÉFAITS DE L'ECSTASY

Alors que les autorités françaises ont décidé de lancer une campagne

d'information dans les lieux de consommation privilégiés de l'ecstasy (les fameuses "rave parties"), des médecins britanniques publient les résultats des autopsies de plusieurs drogués de 20 à 25 ans. Elles révèlent de spectaculaires nécroses hépatiques, cardiaques et cérébrales. Si l'ecstasy tue rarement, elle peut donc entraîner des lésions graves et irréversibles. La forte fièvre qu'elle provoque parfois et la fréquente impureté du produit sont incriminées.



M. MELFORD/COSMOS

## PHARMACOLOGIE

# Quand le cancer s'autodétruit

Une quarantaine de cancéreux britanniques vont participer, au printemps, à l'essai d'une nouvelle molécule dont on attend beaucoup. Les chimiothérapies classiques s'attaquent à l'ADN de

toutes les cellules en cours de division (dont les follicules pileux du cuir chevelu et les cellules de la moelle osseuse). La CT-2584, elle, vise les seules cellules cancéreuses, qui se caractérisent notamment par une forte quantité d'acide phosphatidique (de 10 à 15 fois plus que dans les cellules normales). La CT-2584 fait augmenter cette production au point que se déclenche, dans les cellules cancéreuses, une réaction en chaîne conduisant à la destruction des mitochondries – les "centrales" énergétiques cellulaires – et donc à la mort des cellules cancéreuses.

Cette molécule est bien tolérée par le rat. Pour ce qui concerne l'homme, réponse à l'automne. ■

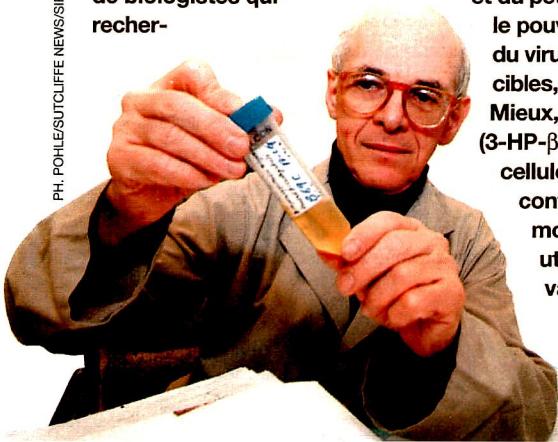
## BIOCHIMIE

# LE LAIT CONTRE LE VIH

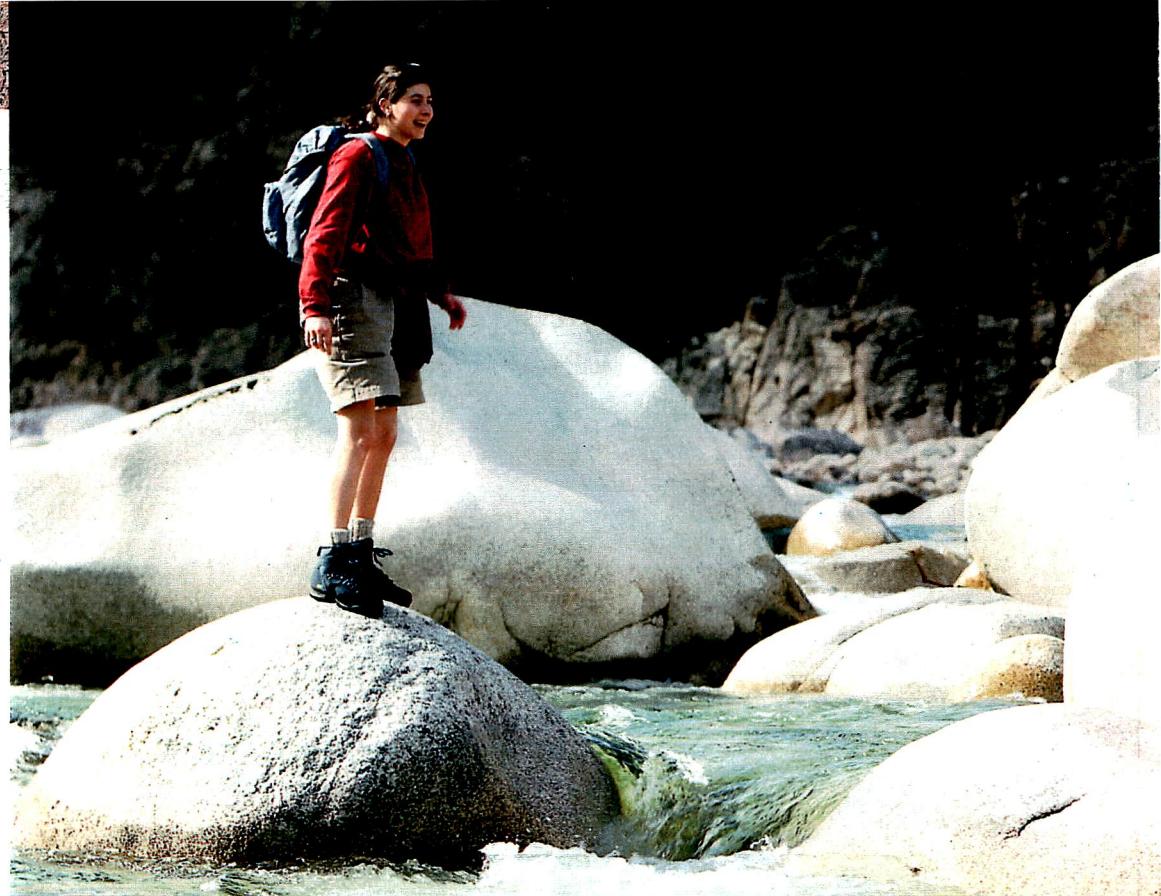
Une protéine du lait semble avoir des vertus contre le virus du sida. Cette découverte a été faite au centre d'hématologie de New York par une équipe de biologistes qui recher-

chaient des composés antiviraux dans les protéines alimentaires. Ils ont découvert qu'en modifiant la  $\beta$ -lactaglobuline, l'une des principales protéines du lait et du petit lait, celle-ci acquiert le pouvoir d'empêcher l'entrée du virus dans ses cellules cibles, les lymphocytes T4. Mieux, la protéine modifiée (3-HP- $\beta$ LG) inhibe la fusion des cellules saines et des cellules contaminées. Cette molécule pourrait être utilisée en applications vaginales pour prévenir la contamination.

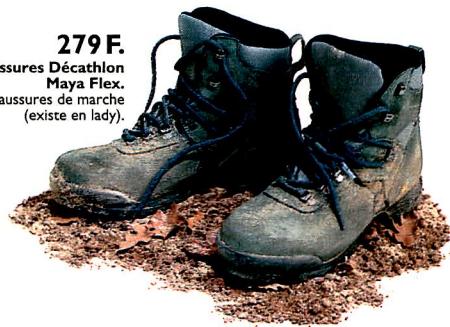
PH. POHLE/SUTCLIFFE NEWS/SIPA



A collaboré à cette rubrique :  
Emmanuelle Eyles.



**279 F.**  
Chaussures Déca  
Chaussures de marche  
(existe en lady).



Voilà des heures que Pierre, Sébastien et Marie marchaient.

Après avoir franchi presque facilement la Piscia di Gallu, puis traversé la forêt de l'Ospedale, ils arrivent tranquillement au village de Cartalavone. C'est à ce moment que Pierre déclare "vachement

confortables ces chaussures". Bravo. En quelques

mots, il vient de résumer ce que nos ingénieurs ont

## Ce que vous appelez "v nos ingénieurs appellen

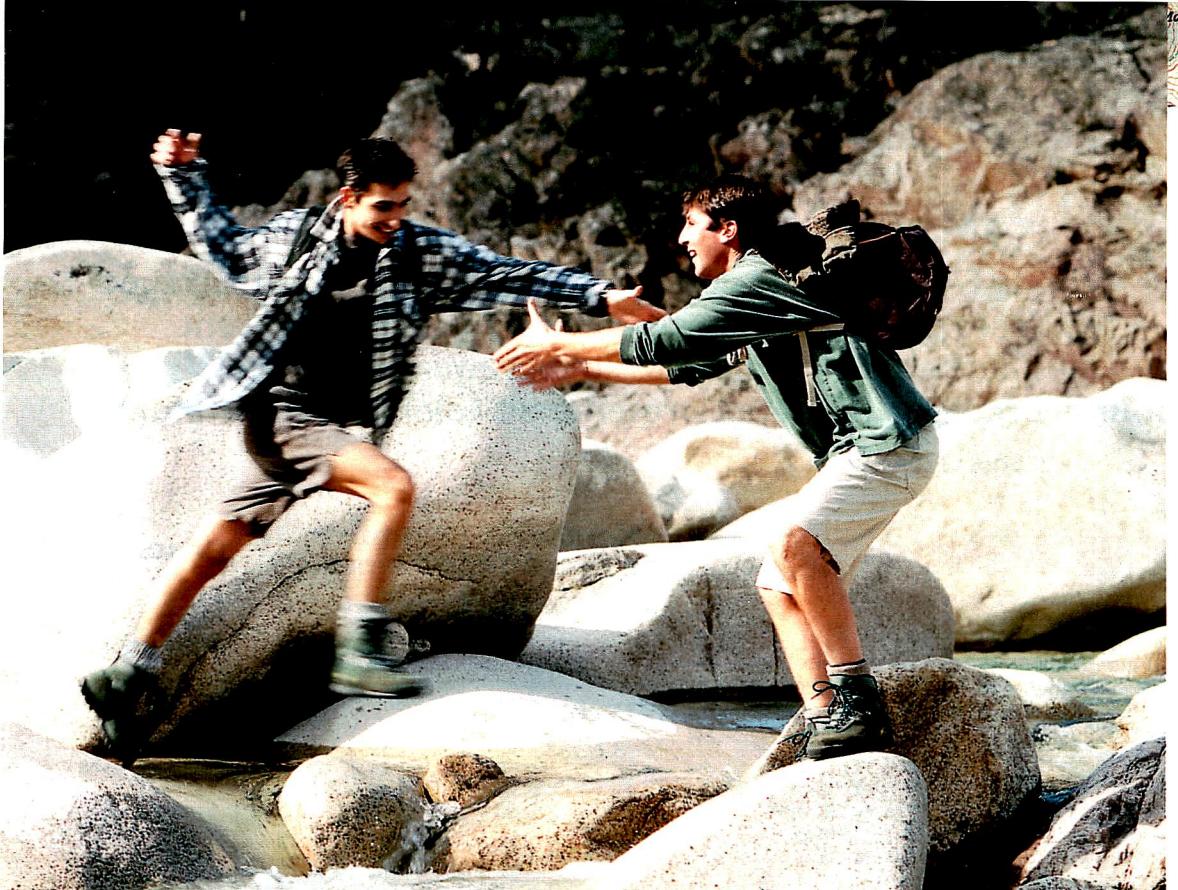
mis des années à concevoir, la technologie Flex. Ils sont simplement partis d'une observation assez surprenante : l'avant du pied pivote par rapport au talon, vers l'extérieur ou l'intérieur, suivant qu'il est en phase de propulsion ou en position de freinage. Conséquence : lorsqu'on marche dans des chaussures classiques, le pied frotte constamment contre le cuir, provoquant ampoules et autres

**3615**  
**DECATHLON**  
DES INFOS  
DES VÉTI  
DES PROMOS  
DES HORAIRES  
DES ENVOIS & STAGES  
L'UNIVERS DE LA FORME

DB TRADE IGN - Aut. F/50.0009

Rejoignez-nous sur Internet : <http://www.Décathlon.fr>





## achement confortable”, t ça “technologie Flex”

rougeurs. Nous avons donc tout naturellement inventé la technologie

Flex que vous pouvez découvrir sur la chaussure Maya Flex: chaque

partie de la chaussure pivote avec chaque partie du pied, grâce à une

semelle articulée autour d'un pivot, et à

un soufflet en néoprène (pour sa sou-

plesse) et kevlar (pour sa robustesse),

sur les côtés de la chaussure. Une technologie unique, conçue par Décathlon, qui évite tout conflit entre le pied et la chaussure pendant l'effort. Pour résumer, la Maya Flex est tout simplement “vachement confortable”.

35 autres modèles de chaussures Décathlon sont disponibles de 99 à 799 F allant de la balade à l'alpinisme, avec une garantie de un an sur la tenue des couleurs et des coutures.



Os du pivot (bleu)  
sous la semelle  
en caoutchouc.



Soufflet en néoprène doublé  
et recouvert de kevlar.

**FLEX**  
**DECATHLON**  
A FOND LA FORME



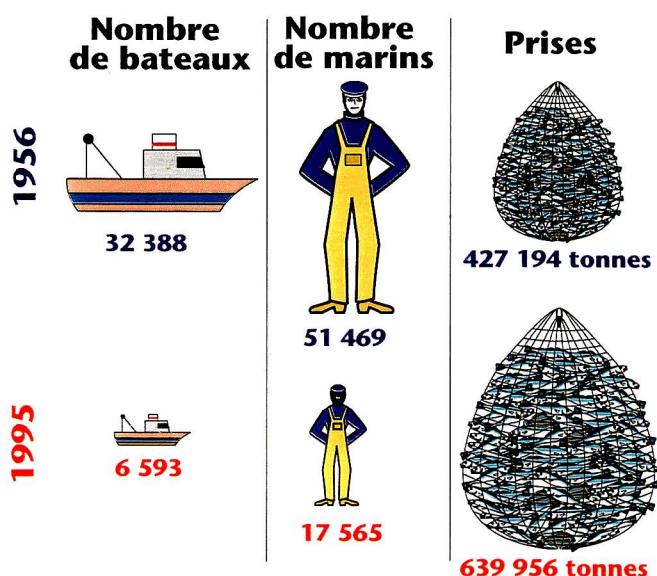
# Trop de PÊCHE tue la pêche

■ Selon la FAO, 70 % des réserves mondiales de poisson sont épuisées ou en péril. Des quotas rigoureux menacent les pêcheurs. Remède possible : l'aquaculture, qui, pour la première fois, était présente au Salon de l'agriculture.

PAR SONIA FEERTCHAK

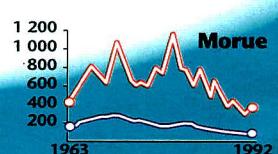
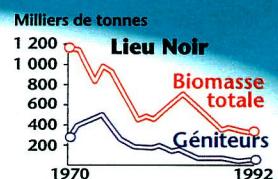
## PLUS de poisson, MOINS de pêcheurs

■ Pourquoi la production de poisson a-t-elle augmenté de 50 % depuis 1955, alors que le nombre des marins et celui des bateaux ont baissé de 66 % et de 80 % ? A cause des progrès de la pêche industrielle. En 1955, un marin français pêchait en moyenne 8 tonnes de poisson par an. Aujourd'hui, il en pêche presque cinq fois plus (36 tonnes). Un bateau capturait en moyenne 13 tonnes de poisson en 1956, et 53 tonnes en 1989. En 1995, chaque navire de pêche a rapporté 96 tonnes de poisson. Bref, le tonnage des bateaux français a pratiquement doublé en six ans, et il a augmenté de 638 % en quarante ans !

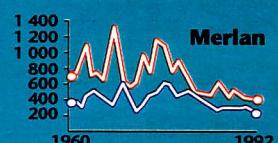


## Les RÉSERVES s'épuisent

■ Dans tous les océans, des espèces sont en péril. Parmi celles que les Français pêchent en Europe (mer du Nord, Atlantique...), certaines sont menacées (voir ci-contre et ci-dessous). En mer du Nord et à l'ouest de l'Écosse, le nombre des géniteurs de morues, d'églefins et de lieus noirs a été divisé par trois depuis la fin des années 70. De surcroît, comme les pêcheurs utilisent des filets aux mailles trop étroites, ils déciment la population des juvéniles. Résultat : dans le golfe de Gascogne, près de 80 % des merlus pêchés sont immatures.



## Les espèces menacées (pêchées par les Français en Europe)



# L'AQUACULTURE : une solution ?

■ L'aquaculture est née dans les années 20 de façon empirique. Aujourd'hui, elle s'industrialise (les tonnages ont été multipliés par quatre depuis 1990) et occupe une place de plus en plus importante dans la production totale de poisson. Dans quelques années, il sera sans doute possible d'élever des espèces dont on ignore encore les moeurs aujourd'hui. Cependant, l'aquaculture ne pourra se développer beaucoup sur le littoral français : les sites où des fermes pourraient être créées sont défendus par les maires des communes avoisinantes, qui préfèrent les touristes aux alevins...

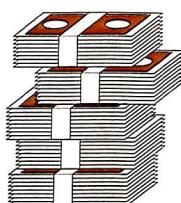
## L'aquaculture en chiffres



Effectif  
500 emplois



Production  
5 056 tonnes



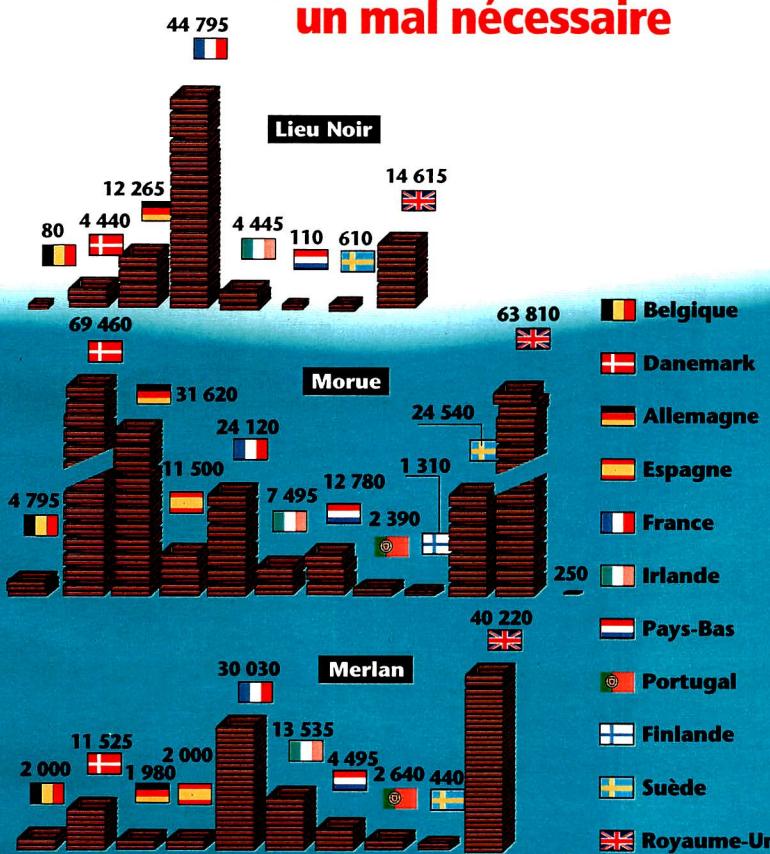
Chiffre d'affaires  
222 millions de F

## Quels poissons ?

Production de l'ordre de...

Bretagne, Normandie	Saumon 500 t
Bretagne	Truite de mer 1500 t
Bretagne	Turbot 800 t
Aquitaine, Charentes	Esturgeon 200 t
Méditerranée	
Atlantique sud	Daurade 1 300 t
Nord, Corse	Bar 2 300 t

## Les QUOTAS : un mal nécessaire



■ La diminution des stocks de poissons n'est pas un phénomène irréversible : si l'on évite la surpêche plusieurs années de suite, les réserves se reconstituent. Il faut ensuite les gérer. C'est pourquoi, depuis 1983, chaque année, le Conseil européen fixe pour chaque espèce menacée un taux admissible de capture (TAC). Ces TAC sont répartis en quotas attribués aux pays membres selon des clés de répartition inchangées depuis 1983. Comme les TAC sont constamment revus à la baisse, les pêcheurs s'inquiètent de voir leurs revenus diminuer.

# Sherlock Holmes généticien

■ La police dispose d'une arme nouvelle et redoutable contre les criminels : les empreintes génétiques. Du viol de la jeune Céline aux "disparus de Mourmelon", en passant par l'assassinat des Romanov, bien des énigmes vont être éclairées d'un nouveau jour.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

**L**a police britannique détient les empreintes génétiques de l'homme qui a violé et étranglé Céline Figard, la jeune Française venue pour passer les fêtes de fin d'année dans le Hampshire. Elle avait été vue la dernière fois le 19 décembre dernier, alors qu'elle montait dans un semi-remorque. Son corps fut retrouvé dix jours plus tard. Les empreintes génétiques du violeur ont été établies à l'aide des traces de sperme. La police a adressé aux associations britanniques de transport routier 22 500 lettres décrivant le camion et son chauffeur. Elle a aussi décidé de recueillir l'ADN des 4 000 conducteurs de semi-remorques Mercedes blancs, semblables à celui qui a conduit Céline à la mort. Depuis, elle a arrêté Stuart Morgan, qui a été inculpé du

M. POLAK/SYGMA





VO TRUNG/COSMOS

## Le code-barres révélateur

**Si, lors de l'enquête sur l'assassinat de Céline, la solidarité a aidé la police britannique à appréhender un suspect, c'est la génétique qui pourrait le confondre. Tout homme possède sa propre empreinte génétique (une succession de bandes), que quelques cellules de peau ou des traces de sperme révèlent.**



SIPA-PRESS

meurtre de la jeune fille. On attend les résultats des tests génétiques pratiqués sur lui.

En France, la police va rechercher des empreintes génétiques pour tenter de résoudre l'affaire des "disparus de Mourmelon". Sept jeunes gens, six appelés du contingent et un civil, ont disparu entre 1980 et 1987, près de Mourmelon-le-Grand (Marne). Leur assassin présumé, l'ancien adjudant-chef Pierre Chanal, a été mis en examen

pour "séquestrations et assassinats" en juin 1993 mais laissé en liberté sous contrôle judiciaire.

En 1989, le Carme, un laboratoire privé alors chargé d'enquêtes policières, avait retrouvé dans le véhicule de Chanal près de 400 poils et cheveux. Une analyse microscopique de plusieurs d'entre eux a révélé une similitude avec des fragments de cheveux d'un jeune Irlandais disparu. Mais, à présent, le laboratoire de police de Nantes va essayer d'en "extraire" des empreintes génétiques, pour les comparer à celles des jeunes gens disparus. ■■■

Ainsi, une technologie inconnue il y a quelques années va peut-être permettre à la justice d'appréhender les coupables. On peut, en effet, grâce aux empreintes génétiques, identifier un individu à l'aide d'un cheveu, d'un fragment de peau, d'une trace de sang ou de sperme.

Le patrimoine génétique est propre à chaque individu. Il ne se retrouve à l'identique chez aucun autre. Mais il est impossible de comparer la totalité des séquences d'ADN d'un individu à celle d'un autre : le génome humain n'a pas été entièrement séquencé. Et, même s'il l'était, la tâche serait trop complexe, trop longue. On compare donc des bribes d'ADN. Lesquelles ?

La première méthode, inventée par le Pr Alec Jeffreys, de l'université de Leicester (Grande-Bretagne), consiste à étudier les séquences répétées des dizaines ou des centaines de fois le long de l'ADN. Ces séquences sont dites silencieuses parce qu'elles ne participent pas au codage qui détermine la synthèse des protéines spécifiques de l'organisme. Elles ne sont identiques que chez des jumeaux homozygotes.

### UN ÉTERNUEMENT PEUT POLLUER L'ÉCHANTILLON

Une autre technique consiste à examiner les séquences d'ADN des mitochondries. Sortes de cellules dans les cellules, elles ont la particularité d'être pratiquement inexistantes dans les spermatozoïdes mais d'être nombreuses dans les ovules, ce qui fait que c'est la mère qui transmet les gènes mitochondriaux.

Les empreintes génétiques permettent non seulement d'identifier un individu, mais aussi d'établir des liens de parenté. Ainsi, dès 1988, des chercheurs américains, travaillant avec leurs collègues argentins, ont établi la filiation de centaines d'enfants dont les parents, accusés de "subversion", avaient été massacrés en Argentine entre 1975 et 1983. Les gènes mitochondriaux maternels retrouvés chez des enfants ont permis à bien des familles de se réunir.



P. MENZEL/COSMOS

### La preuve par les gènes

**L'analyse de traces de sang dévoile le groupe sanguin mais aussi les empreintes génétiques de la victime ou de l'assassin. Ici, un prélèvement effectué au service britannique de médecine légale, près de Londres.**

Toutefois la méthode d'identification par empreintes génétiques exige de la prudence. Le prélèvement d'échantillons est délicat : un cheveu de l'enquêteur peut se mêler à ceux d'un suspect, et un simple éternuement projette des milliers de cellules, qui polluent l'échantillon.

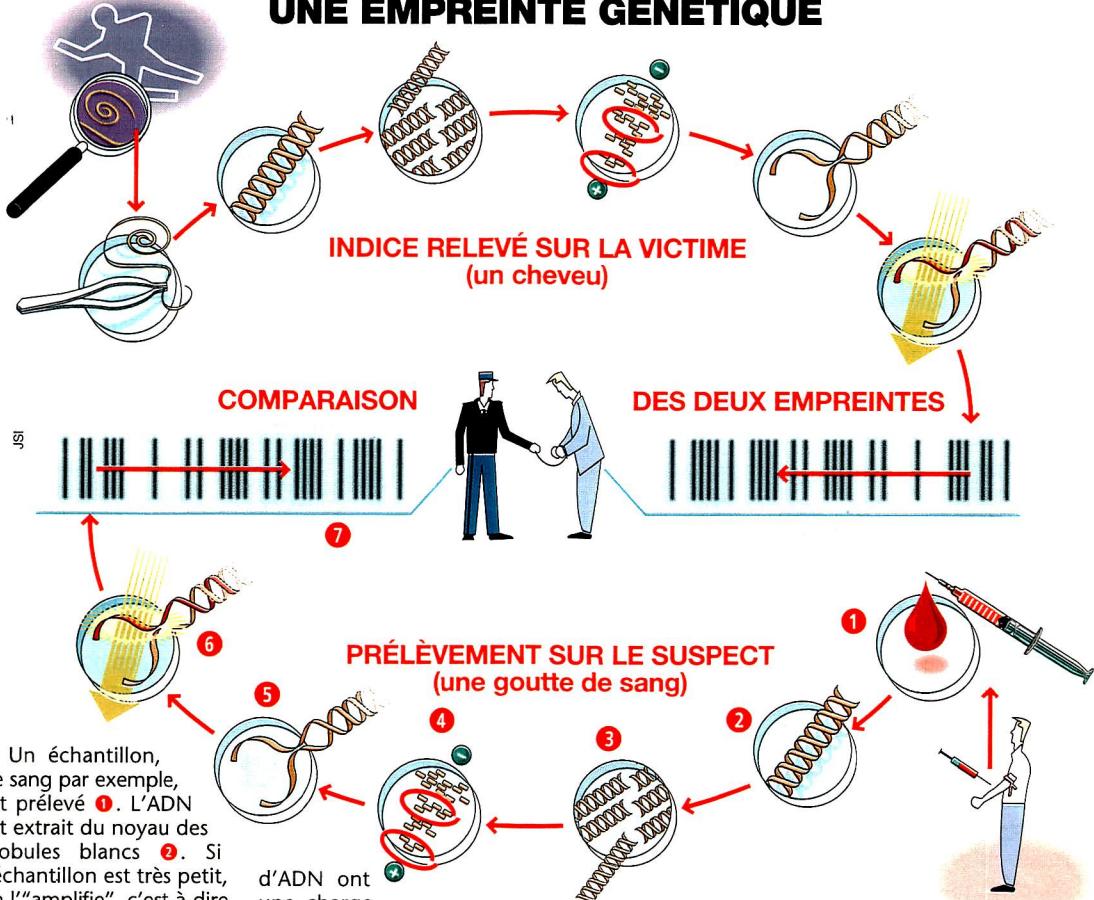
La réponse fournie par la comparaison de deux empreintes génétiques se présente toujours sous la forme d'une probabilité, même si, dans certains cas, cette probabilité s'apparente à une certitude. Supposons, par exemple, qu'on possède deux empreintes génétiques, l'une provenant d'un échantillon de sang prélevé sur un suspect, l'autre d'un cheveu dont on veut déterminer l'origine. Supposons qu'une séquence d'ADN se retrouve dans les deux échantillons comparés. Si les études génétiques de population ont montré que cette séquence ne se retrouve que chez un individu sur 1 000, il y a 99,9 % de chances pour que les

deux échantillons aient la même origine. Mais, si la séquence en question apparaît chez un individu sur dix, il n'y a plus que 90 % de chances pour que l'origine des échantillons soit commune. Donc plus on examine d'échantillons d'ADN, plus on restreint le risque d'erreur.

D'année en année la technique s'améliore et s'automatise. Et les informations qu'elle fournit sont prises en considération par les tribunaux de nombreux pays. Non sans provoquer de controverses.

Innocenter un suspect en montrant que ses empreintes génétiques ne correspondent pas à celles d'un indice est, en effet, chose bien plus aisée que d'apporter la preuve que deux empreintes proviennent du même individu. Ainsi, en 1992, le tribunal fédéral de Karlsruhe (Allemagne) a refusé de condamner un homme accusé de viol sur la seule "preuve" d'une analyse génétique établissant qu'il y avait 99,986 % de chances que le sperme trouvé sur la victime fût le sien ! Rapporté au nombre d'habitants de Hanovre, ville où le viol avait été perpétré, ce pourcentage signifiait que

## COMMENT ON PREND UNE EMPREINTE GÉNÉTIQUE



■ Un échantillon, de sang par exemple, est prélevé ①. L'ADN est extrait du noyau des globules blancs ②. Si l'échantillon est très petit, on l'"amplifie", c'est-à-dire qu'on le "polycopie" à des millions d'exemplaires, à l'aide d'une autre enzyme, la polymérase ③. Cette technique est dite PCR (pour polymerase chain reaction). On mélange ensuite l'ADN et ses copies à des enzymes de restriction, sortes de "ciseaux biologiques" qui les coupent en millions de petits fragments. Toutefois, l'enzyme conserve entières les régions répétitives, non codantes, qu'on veut examiner : ces régions contiennent des successions de bases (A, C, G et T) caractéristiques de chaque individu.

Les fragments d'ADN sont introduits à l'une des extrémités d'une plaque de gel. Comme les molécules

d'ADN ont une charge négative, sous l'effet d'un courant électrique, elles se déplacent vers l'électrode positive. Les gros fragments "traînent", alors que les petits se déplacent plus vite. Au bout de quelques heures, les morceaux d'ADN sont répartis selon leur taille ④.

Le gel ne se manipule pas facilement. Les fragments sont donc transférés sur une membrane de nylon, sans altération de la séquence. Puis les deux brins des fragments de la double hélice d'ADN sont séparés ⑤.

La membrane de nylon est mise dans une solution contenant des "sondes" radioactives, qui s'apparentent avec les portions d'ADN des régions répétitives ⑥.

On place ensuite sur la membrane un film sensible aux rayons X. Développé, celui-ci révèle, aux endroits où les brins se sont appariés aux sondes, des bandes semblables à celles des codes-barres ⑦. Ce sont les empreintes génétiques.

Si l'empreinte génétique du suspect et celle de l'individu laissé sur le cadavre (cheveu, morceau de peau...) comportent des séquences répétitives identiques, pour évaluer la probabilité que le suspect soit le criminel, il est encore nécessaire de savoir si ces parties communes sont ou non répandues dans la population concernée.

En 1994, on a découvert que des séquences conte-

nant seulement deux bases se répètent un nombre différent de fois selon les individus. Une technique, la STR (pour short tandem repeats), permet d'étudier des échantillons très petits ou en mauvais état. Toutefois la méthode est peu discriminante, car elle concerne des séquences assez répandues dans la population.

La technique du RFLP (pour restriction fragment length polymorphism) est plus fiable, mais peut requérir beaucoup de temps – jusqu'à plusieurs semaines. Elle consiste à isoler et à étudier des segments d'ADN plus importants (entre six et vingt bases).

■ ■ ■ 35 hommes pouvaient avoir les mêmes empreintes.

L'avantage des empreintes génétiques sur les empreintes digitales est net : elles peuvent être obtenues à partir de toutes sortes d'échantillons. Un criminel ne saurait se camoufler en portant des gants ! En Grande-Bretagne, la police a commencé à mettre en "fiches" les empreintes génétiques de suspects, comme elle le fait de leurs empreintes digitales. Mais un risque demeure, souligné par bien des comités d'éthique, notamment, en France, la Commission nationale de l'informatique et des libertés : on pourrait, un jour ou l'autre, ficher les génotypes des citoyens, ce qui trahirait des renseignements "indiscrets", par exemple d'ordre sanitaire.

La technique des empreintes génétiques sert aussi à élucider certaines énigmes historiques. Celle, par exemple, de l'assassinat de la famille impériale russe, en 1918. Le lieu où les corps avaient été enterrés n'a été retrouvé qu'en 1991. Les restes de la tsarine, petite-fille de la reine Victoria et grand-tante de Philip, l'actuel prince consort de Grande-Bretagne, ont été identifiés en comparant son ADN à celui du duc d'Edimbourg. Les restes de Nicolas II ont été identifiés sans l'ombre d'un doute par comparaison avec l'ADN extrait d'ossements de son frère, le grand-duc Georges, exhumé à la demande de Boris Eltsine.

Mais l'incertitude demeurait à propos du prince héritier, Alexeï, et d'une princesse, Maria ou Anastasia. Selon le rapport de l'officier chargé de l'exécution, leurs corps avaient été brûlés et enterrés dans la forêt. Une légende tenace voulait

cependant qu'Anastasia eût survécu au massacre. Plusieurs femmes se réclamèrent par la suite de son identité, dont la plus célèbre fut Anna Anderson, qui vivait dans le nord de l'Allemagne. Elle épousa, en 1968, un Américain, J. E. Manahan et s'établit aux Etats-Unis. En 1970, un tribunal allemand rejeta sa requête et désigna la duchesse de Mecklembourg comme héritière de la famille impériale.

Quelques années avant sa mort

KEYSTONE/SYGMA



### Plus d'affaire Anastasia

**Aucun membre de la famille impériale russe n'a échappé au massacre ordonné par Lénine. L'analyse génétique effectuée sur des restes d'Anna Anderson est formelle : celle-ci ne pouvait être, comme elle le prétendait, la princesse Anastasia (ici au premier plan).**

en 1984, Anna Anderson avait été opérée à Charlottesville, Virginie, et l'on avait conservé des échantillons de ses tissus et de ses cheveux. L'analyse génétique établie par trois laboratoires indépendants les uns des autres a prouvé que ces échantillons provenaient de la même personne, et que celle-ci ne descendait pas des Romanov.

Une autre analyse a permis de dévoiler la véritable identité

d'Anna Anderson. Des sceptiques affirmaient que celle-ci était en réalité Franziska Schankowska, une Polonaise dont on perdait la trace vers 1920, au moment où apparaissait Anna Anderson. Des chercheurs américains qui ont analysé le sang d'un petit-neveu de Franziska Schankowska, en ont apporté la confirmation. Il y a 300 chances contre une pour qu'Anna et Franziska soient la même personne.

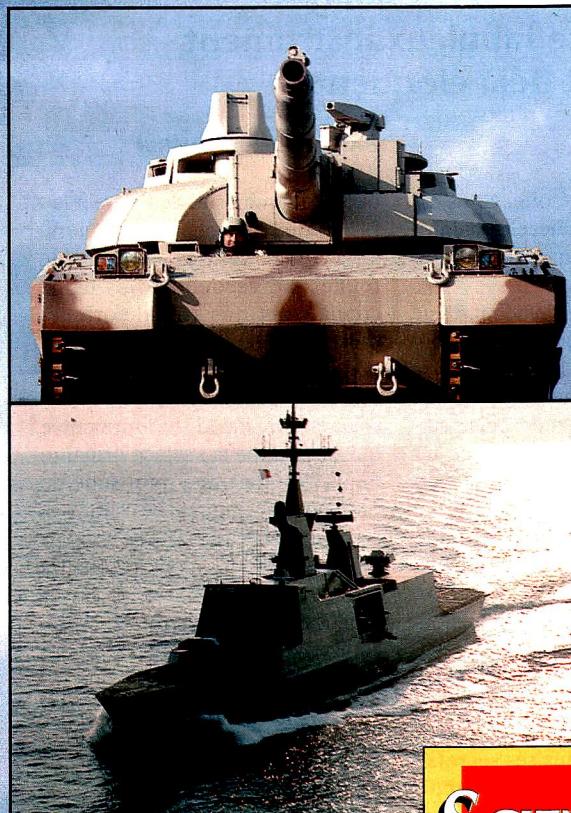
La "traque" génétique ne cesse de remonter le temps. Aux Etats-Unis, on a entrepris, par exemple, d'analyser les gènes du président Lincoln, assassiné en 1865. De nombreux musées, hôpitaux, centres de recherche, etc., détiennent des échantillons de tissus d'hommes illustres. Grâce à l'étude de génétique de ces restes, on pourrait établir la véritable pathologie de ceux qui, à une époque ou à une autre, ont dominé le monde. Pathologie qui éclairerait leurs comportements à des moments critiques de l'histoire.

On a aussi extrait et amplifié des gènes de momies égyptiennes vieilles de 5 000 ans, ceux d'un quagga (sorte de zèbre aujourd'hui disparu) et ceux d'insectes prisonniers dans l'ambre depuis 40 millions d'années.

Ces avancées scientifiques ne permettront pas de recréer les dinosaures de Jurassic Park, mais elles enrichissent considérablement nos connaissances. Ne sommes-nous pas issus de petits mammifères apparus à l'ombre des dinosaures il y a quelque 200 millions d'années ? L'étude de gènes fossiles nous aidera à mieux comprendre les mécanismes et les cheminements de la longue évolution qui conduit aux mammifères modernes, dont l'homme. ■

# Où va la Défense française ?

A l'heure où s'accumulent les incertitudes budgétaires, où en sont notre Marine, notre armée de l'Air, notre armée de Terre ? Quel est l'avenir de notre dissuasion nucléaire ? Bien des questions se posent aujourd'hui autour de nos choix de Défense dont les réponses passent par une analyse approfondie de la situation stratégique mondiale.



La Frégate  
« Le Lafayette »

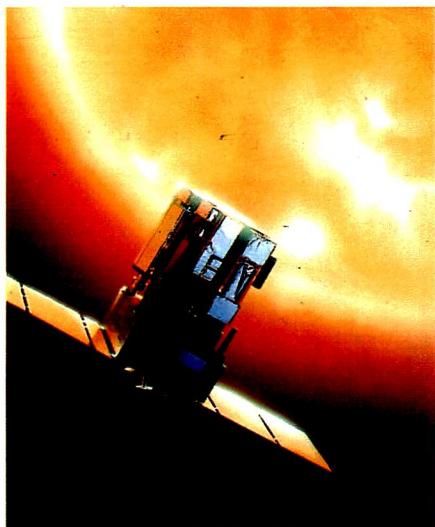
LE  
PROCHAIN

SCIENCE & VIE  
HORS SÉRIE

EN VENTE PARTOUT

PHOTOS  
J.M CHOURGNOZ  
A. ERNOULT/  
AGENCE ERNOULT

# Soho voit battre le cœur du



ESA

■ **Un observatoire braqué en permanence sur le Soleil : le satellite européen Soho rejoint son poste d'observation, à 1,5 million de kilomètres de la Terre. Transmises il y a quelques semaines, les premières images de ce fabuleux instrument sont déjà éloquentes.**

PAR FRÉDÉRIC GUÉRIN

**T**out va bien pour le satellite solaire européen *Soho*, lancé le 2 décembre 1995. Les manœuvres orbitales ont été si précises que la mission pourrait finalement durer beaucoup plus longtemps que les deux à six années prévues. « *Soho* a assez de carburant pour rester à son "poste de travail" pendant au moins vingt ans », estime l'Agence spatiale européenne (ESA). Sur le plan scientifique, les chercheurs sont également ravis. Hormis le problème d'un cache protecteur récalcitrant, tous les instruments de bord ont commencé à transmettre des données.

Les premières images tests reçues ont révélé la structure dynamique et enchevêtrée de l'atmosphère solaire, les jets gazeux qui s'en échappent jusqu'à 20 millions de kilomètres, les variations à grande échelle des vents émis dans l'espace interplanétaire. En outre, en trois jours de mesures seulement, les astronomes se sont vus gratifiés du meilleur enregistrement jamais obtenu des pulsations

globales de notre étoile. Et ils caressent l'espoir de déceler bientôt les délicats battements du cœur même de l'astre...

C'est, semble-t-il, le début d'une longue série de découvertes qui aideront à lever le voile sur la constitution interne du Soleil, sur la physique de son atmosphère surchauffée et éruptive, ainsi que sur l'origine des vents continus de particules qui en sont expulsés. Le satellite (1,85 tonne, 4 m de haut, 10 m d'envergure) devait arriver sur son "lieu de travail" à la mi-mars, et entamer aussitôt la campagne d'observation proprement dite.

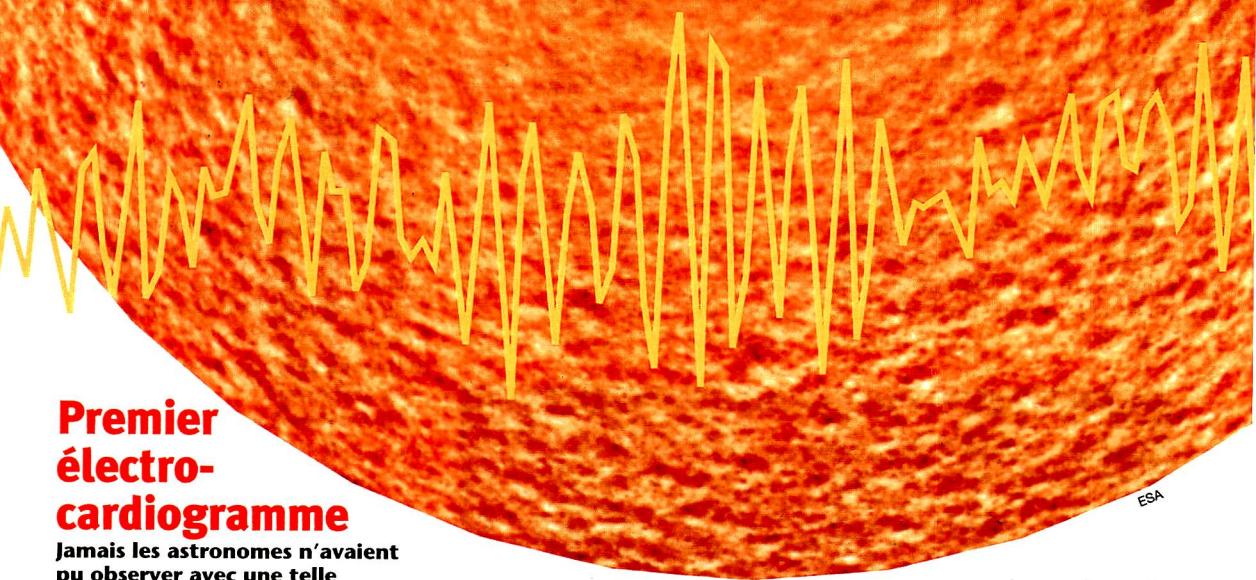
Observé depuis des millénaires, notre Soleil – l'étoile la plus proche et la plus connue de toutes – n'a-t-il pas déjà livré tous ses secrets ? Justement, non. Bien sûr, depuis le début du siècle, les astronomes savent que cette gigantesque sphère d'hydrogène incandescent, de 1,4 million de kilomètres de diamètre, brille du feu des réactions thermonucléaires qui bouillonnent en son cœur. Bien sûr, ils attri-

buent la luminosité de l'astre à la fusion de l'hydrogène en hélium, au rythme de 600 millions de tonnes par seconde. Mais ils ne connaissent que très théoriquement la composition, la structure et la dynamique solaires internes.

De même, l'origine de l'atmosphère ultra-chaude et tourmentée qui surplombe la surface brillante de l'astre pose une multitude de problèmes. Comment se chauffe la couronne solaire ? C'est l'une des plus irritantes questions auxquelles se trouvent confrontés les astronomes et les physiciens. En outre, cette enveloppe gazeuse s'évapore ensuite pour former les vents solaires, qui atteignent la Terre à des vitesses de 1,5 à 3 millions de km/h, sans que les mécanismes de leur accélération initiale soient le moins du monde éclaircis.

Enfin, le Soleil, seule étoile qui puisse être étudiée en détail dans toutes les gammes de rayonnement, est un objet de référence qu'il convient d'analyser à fond avant de s'aventurer plus avant sur

# Soleil



## Premier électrocardiogramme

Jamais les astronomes n'avaient pu observer avec une telle précision les pulsations émanant des entrailles du Soleil et sa granulation (photo ci-dessus). La courbe montre les oscillations détectées par le spectromètre français GOLF. On peut y voir des pulsations rapides, déjà connues, et des fluctuations lentes qui proviennent peut-être du cœur nucléaire de notre étoile.

le chemin de l'exploration physique de l'Univers.

C'est pourquoi les astronomes ont conçu *Soho*, l'observatoire solaire le plus complet dont ils aient jamais disposé. Il leur permettra d'enregistrer les pulsations de

la surface de l'astre, de capter les ondes acoustiques affectant sa structure interne, de mesurer à distance l'état de la couronne gazeuse, d'analyser directement la composition des vents résultants au voisinage de la Terre.

« Les douze instruments embar-

ques vont permettre de sonder l'intégralité du Soleil, de son cœur nucléaire à ses extensions venteuses externes», explique Roger Bonnet, directeur scientifique de l'ESA. L'observatoire jouira en permanence d'une vue imprenable sur l'astre du jour. Son orbite, très

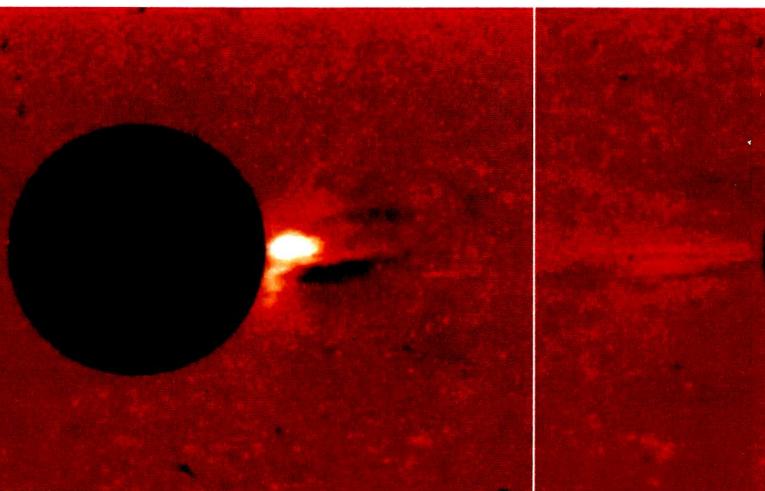
les innombrables éclipses subies par les satellites classiques en orbite autour de la Terre. Une aubaine pour les astrophysiciens solaires, qui rêvaient depuis longtemps de scruter leur astre favori 24 heures sur 24, 365 jours par an (voir dessin ci-dessous).

depuis par trois réseaux mondiaux de télescopes. Son principe : l'étude des infimes vibrations de surface de l'astre qui résultent d'ondes profondes porteuses d'informations sur la structure et sur la dynamique solaire interne.

La méthode est efficace. Elle

## Vents de particules et éruption solaire

Sur les trois images du haut, obtenues par le coronographe Lasco, on peut suivre, depuis le bord du disque et pendant 20 millions de kilomètres, l'éjection des vents de particules solaires dans l'espace interplanétaire. Sur les clichés ci-contre, c'est une éruption solaire qui a été "filmée" pendant plus de quatre heures. (Pour faciliter l'observation du phénomène le Soleil a été occulté.)



serrée, est en effet "centrée" sur le point de Lagrange, L 1 (1). Ce point se situe à 1,5 million de kilomètres de la Terre, au premier centième de la distance Terre-Soleil. Là, les attractions gravitationnelles de la planète et de l'étoile se compensent exactement, faisant de ce point un point d'équilibre. Fini l'inéluctable alternance des jours et des nuits terrestres. Terminées,

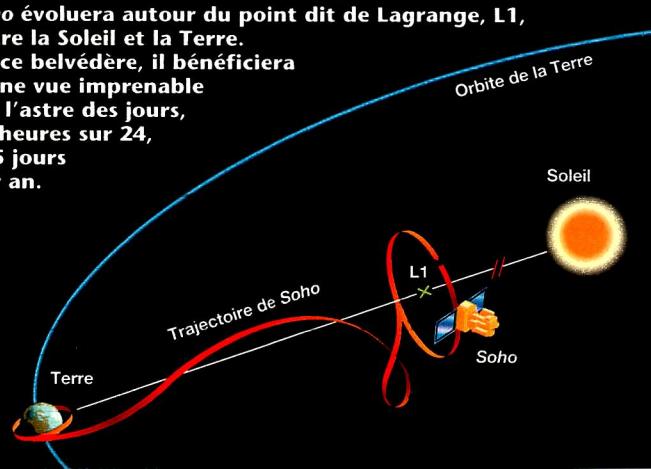
Premier champ d'investigation à bénéficier de ces conditions de travail hors pair : l'intérieur incandescent et opaque du Soleil. Il y a quinze ans encore, l'accès à ces régions optiquement invisibles paraissait matériellement exclu. Il s'ouvre aujourd'hui, grâce à une technique de sondage sismique mise au point par Eric Fossat, de l'université de Nice, et exploitée

s'apparente à celle des géophysiciens, qui radiographient l'intérieur de la Terre en enregistrant les séismes de la croûte externe. Cependant, sa mise en pratique, depuis la Terre, reste terriblement tributaire du cycle jour-nuit, des caprices de la météo et de la turbulence atmosphérique. Du coup, la durée et la qualité de l'enregistrement s'en ressentent obligatoirement. Avec Soho, ces limitiations sont révolues.

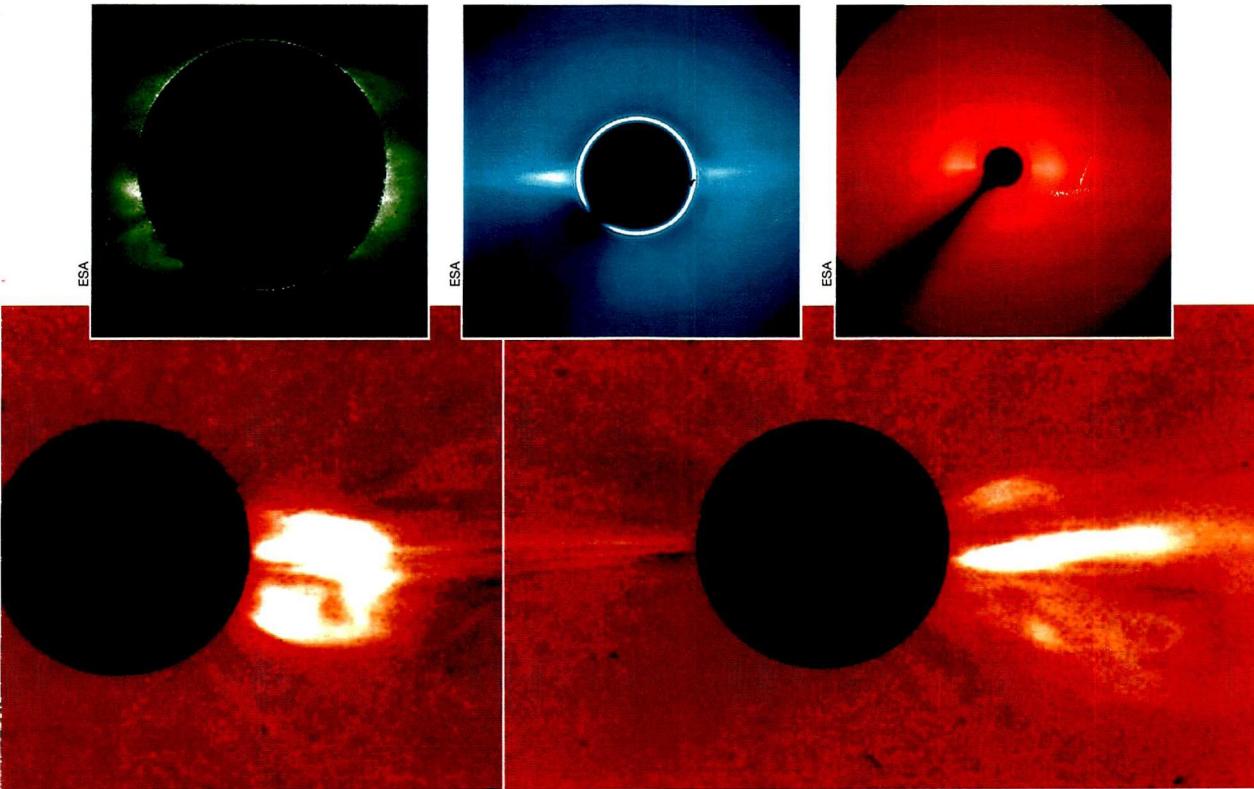
L'héliosismologie va entrer dans une ère de maturité grâce à trois instruments qui apporteront pendant plusieurs années un flot continu de données indépendantes. L'imageur californien MDI surveillera les oscillations de la surface solaire en un million de points, le spectrophotomètre français Golf étudiera ses déformations globales, le radiomètre suisse Virgo mesurera ses variations d'intensité lumineuse.

## Aux premières loges

Soho évoluera autour du point dit de Lagrange, L1, entre la Soleil et la Terre. De ce belvédère, il bénéficiera d'une vue imprenable sur l'astre des jours, 24 heures sur 24, 365 jours par an.



(1) Les coordonnées théoriques de ce point furent calculées au XVIII<sup>e</sup> siècle par le mathématicien Joseph-Louis de Lagrange.



SIPA-PRESS

Golf, construit par l'Institut d'astrophysique spatiale (IAS), le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et l'Institut d'astrophysique des Canaries (IAC), a déjà fourni des résultats «dépassant toutes les prévisions», selon son responsable Alan Gabriel. Du premier coup d'œil, sur un enregistrement de trois jours effectué à la mi-janvier, les chercheurs ont trouvé la signature de modes de vibration bien connus, d'environ cinq minutes de période, mais «reproduits ici avec dix fois plus de précision».

Observés du sol, ces modes acoustiques, véritables ondes sonores ou «musique» du Soleil, avaient surtout permis de sonder l'astre dans ses 200 000 premiers kilomètres de profondeur (30 % de son rayon). Les mesures spatiales devraient largement améliorer cette exploration. Grâce à la détection d'ondes de longue période – jusqu'à des valeurs de l'ordre de l'heure –, on pourrait évaluer la densité, la température, la turbu-

lence et la vitesse de rotation de toutes les couches de gaz jusqu'au centre de la sphère solaire.

Cette radiographie en profondeur permettrait de «voir» pour la première fois le cœur de notre étoile, donc les paramètres de fonctionnement de sa chaudière nucléaire. Avec, à la clef, une détermination précise du rythme des réactions de fusion et la solution possible de l'éénigme du déficit des neutrinos solaires, qui, depuis trente ans, défie les astrophysiciens (voir *Science & Vie* n° 898, p. 20).

D'autres grandes questions sont à l'ordre du jour : comment se chauffe l'immense atmosphère au-dessus de la surface brillante du Soleil ? Comment s'évapore-t-elle ensuite pour donner naissance aux vents de matière, sensibles jusqu'à la Terre ? «Le problème avec la couronne chaude et diffuse, c'est qu'elle ne devrait même pas exister, dit Jean-Pierre Delaboudinière, de l'IAS, responsable du téles-

cope franco-américano-belge EIT embarqué sur *Soho*. On y enregistre des températures si élevées que, physiquement, le milieu ne devrait pas pouvoir se maintenir.»

Très faiblement lumineuse et diluée, la couronne d'hydrogène ionisé qui entoure le disque solaire

## Flot continu de données pendant des années

brillant est difficilement observable : il faut soit mettre à profit les éclipses (qui sont rares), soit utiliser des satellites sensibles aux ultraviolets ou aux rayons X (qui sont coûteux). On a ainsi constaté que la température des gaz coronaux était en moyenne de 1 million de degrés, avec des poussées de fièvre locales de 30 millions de degrés. Or, comment une telle atmo-

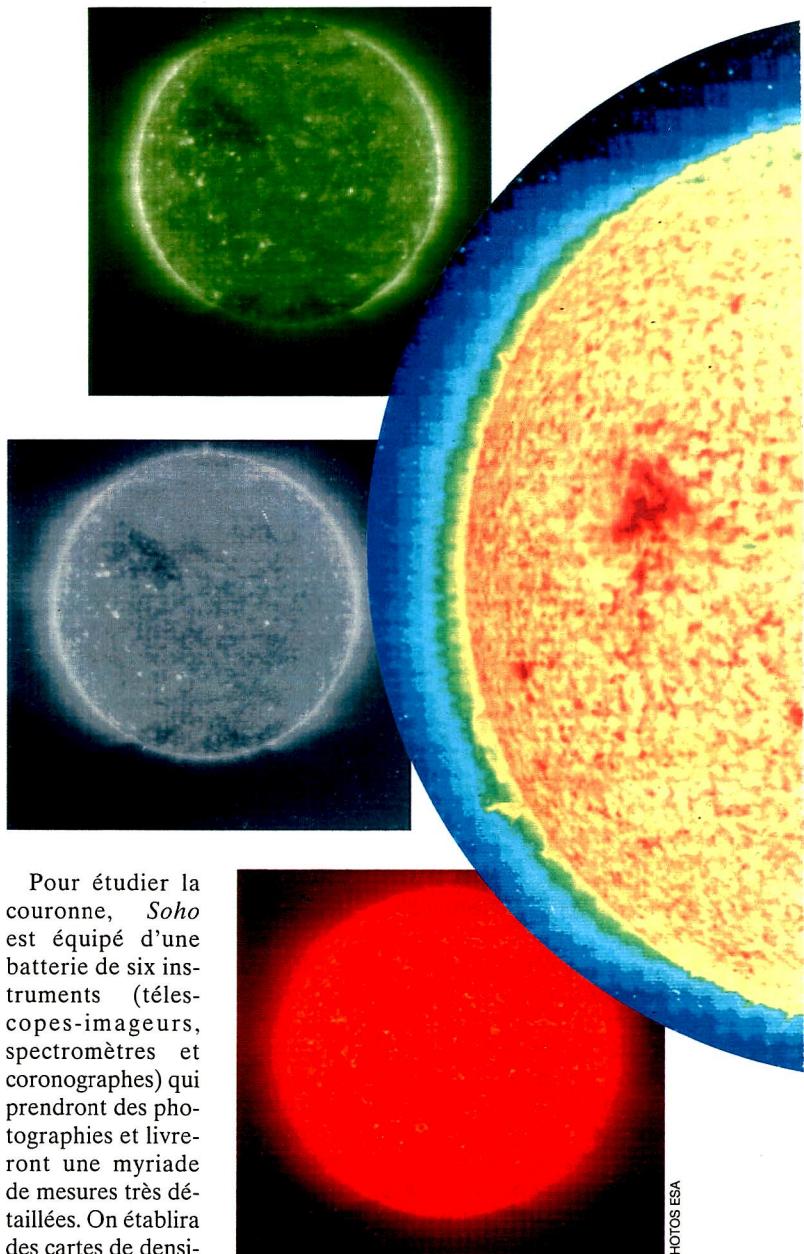
■ ■ ■ sphère surchauffée peut-elle co-exister avec la surface solaire sous-jacente, deux cents fois plus froide en moyenne (6 000 degrés) ? «En principe, au contact de la photosphère froide, les gaz coronaux devraient se condenser et disparaître rapidement. Ce n'est absolument pas le cas», renchérit Jean-Pierre Delaboudinière.

En particulier, le comportement du Soleil semble en opposition avec la loi fondamentale selon laquelle la chaleur s'écoule toujours des points les plus chauds vers les points les plus froids. L'astre du jour se montre le plus têtu des mauvais élèves de physique : c'est la photosphère "froide" qui procure son énergie à la couronne chaude. «Le paradoxe est si flagrant que nous en sommes réduits à supposer que le mécanisme sous-jacent n'est pas purement thermique. Il s'agirait plutôt de la dissipation organisée d'ondes mécaniques ou magnétiques, de chocs supersoniques, ou encore de minuscules explosions violentes», conclut l'astrophysicien.

Seule certitude : l'atmosphère solaire externe est un milieu extrêmement structuré et dynamique. Les images du télescope EIT l'ont récemment illustré : la couronne est parcourue de ré-

## La photosphère froide réchauffe la couronne chaude !

gions magnétiques actives, de protubérances enchevêtrées, d'un réseau de filaments brillants, de trous sombres déficitaires en énergie... C'est sans doute dans ces structures en perpétuelle évolution que se trouve la réponse à la question physique du mode de chauffage.

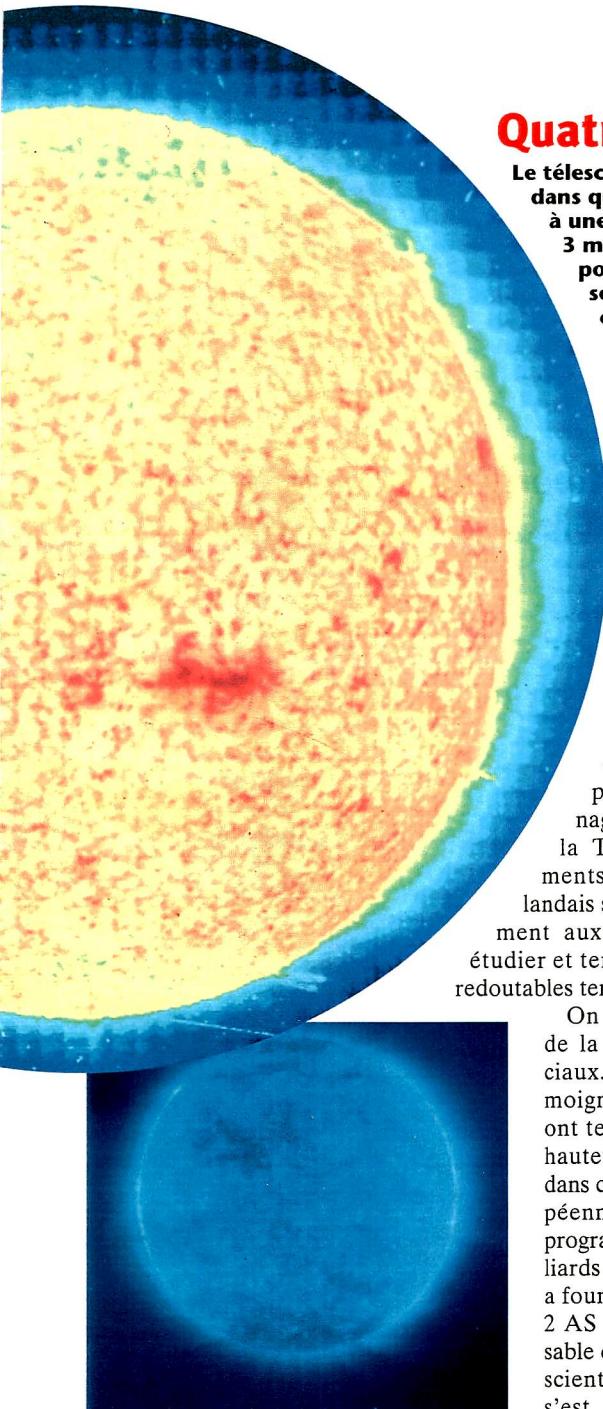


PHOTOS ESA

Pour étudier la couronne, *Soho* est équipé d'une batterie de six instruments (télescopes-imageurs, spectromètres et coronographes) qui prendront des photographies et livreront une myriade de mesures très détaillées. On établira des cartes de densité et de température. On évaluera les vitesses d'écoulement, les flux et les propagations d'ondes en de multiples points. Pour aboutir à un diagnostic sans précédent et, espérons-le, concluant des divers mécanismes en action.

Là aussi, les tests instrumentaux ont donné des premiers résultats très prometteurs. EIT a démontré sa capacité à établir plusieurs fois par jour des cartes globales et détaillées de la basse couronne dans quatre longueurs d'onde corres-

pondant à des températures comprises entre 60 000 et 3 millions de degrés. De plus, cet instrument sensible au rayonnement ultraviolet extrême pourra filmer en gros plan le développement d'éruptions locales. Le coronographe américain Lasco, développé en collaboration avec le Laboratoire d'astrophysique spatiale de Marseille (LAS), a donné les premières images de la couronne, depuis le limbe optique jusqu'à une distance de vingt fois le rayon solaire.



## Quatre visages du Soleil

**Le télescope ultraviolet EIT prend des images dans quatre longueurs d'onde, chacune correspondant à une température comprise entre 60 000 et 3 millions de degrés. Un outil de diagnostic unique pour essayer de comprendre comment se chauffe l'atmosphère solaire externe. L'image centrale a été réalisée en combinant les quatre images monochromes complémentaires ci-contre.**

de *Soho*, augure bien des futures mesures sur les vents».

Quant aux trois analystes de particules indépendants, ils ont commencé leurs mesures directes du flux de matière parvenant au voisinage du satellite et de la Terre. Ces instruments allemands et finlandais s'allieront efficacement aux précédents pour étudier et tenter de prévoir les redoutables tempêtes solaires.

On le voit, les enjeux de la mission sont cruciaux. Un chiffre en témoigne : les Etats-Unis ont tenu à s'impliquer à hauteur de près de 50 % dans cette initiative européenne. Coût global du programme : de 5 à 6 milliards de francs. La Nasa a fourni le lanceur Atlas 2 AS et elle est responsable de trois instruments scientifiques. L'Europe s'est acquittée de la construction du satellite

– l'un des plus complexes jamais réalisés chez Matra, à Toulouse – et ses instituts de recherche ont mis au point les neuf autres expériences embarquées.

Outre sa participation à six instruments, la France a notamment financé un centre de commande et

de gestion de données scientifiques (centre MEDOC) qui entre en service ces jours-ci à l'IAS d'Orsay. « Je commence à craindre que nous ne manquions de bras ! », confie Jean-Claude Vial, responsable du centre, à la vue du flot d'informations qui devra être archivé et distribué chaque jour à l'ensemble des utilisateurs européens.

Quoi qu'il en soit, la moisson commence. Dans les prochaines années, *Soho* ne sera pas le seul instrument à scruter le Soleil. Une douzaine de satellites – dont le quatuor européen *Cluster*, qui doit être lancé le mois prochain – s'envolera avant la fin du siècle. Cette flotte internationale aura l'ambition d'élucider la physique tumultueuse des relations Soleil-Terre.

Au sol, un arsenal de télescopes pointe déjà assidûment notre étoile. En Europe, aux Etats-Unis, en Australie, dans le Caucase, au Japon, au Maroc, en Ouzbékistan, en Slovaquie, des dizaines d'instruments sont prêts à épauler *Soho*. Le radiohéliographe de Nançay (Cher) prendra des clichés en rafale toutes les secondes dans des longueurs d'onde auxquelles le satellite n'est pas sensible. La nouvelle tour observatoire Thémis, qui entrera en fonction en juillet, aux Canaries, fournira des images sans précédent de la partie brillante de l'atmosphère solaire.

La communauté mondiale a entrepris d'arracher au Soleil tous ses secrets. Non sans espérer qu'il lui réservera quelques bonnes surprises.

L'expérience SWAN du Service d'aéronomie du CNRS a fourni une carte indicatrice de l'intensité des vents solaires suivant les directions de l'espace. Selon Jean-Loup Bertaux, responsable de l'instrument, ce document, obtenu dès les premiers jours de fonctionnement

# La musique jette un froid

■ Si la musique adoucit les mœurs, elle modère aussi la température... Les ondes sonores peuvent bel et bien transporter la chaleur. Et l'on teste déjà en laboratoire des réfrigérateurs thermoacoustiques, sans moteur ni fréon!

PAR RENAUD DE LA TAILLE

Pour le musicien, le son est d'abord mélodie. Pour le physicien, il est essentiellement mouvement : oscillations des molécules du milieu qui transmet l'onde et variations de pression alternées en tout point de ce milieu. L'onde sonore se caractérise par un mouvement oscillant de chaque molécule de part et d'autre de son point d'équilibre, l'oscillation se propageant de proche en proche aux molécules voisines.

Ce mouvement de va-et-vient des molécules fait qu'en un même point elles se trouvent tour à tour resserrées, puis espacées, autrement dit comprimées puis détendues. De là les alternances de pression et de dépression qui sont liées à l'onde sonore. Conformément aux lois de la thermodynamique, toute compression s'accompagne d'un échauffement, et toute détente d'un refroidissement.

En principe, la chaleur de la région comprimée est compensée par le froid de la zone détendue et le

bilan thermique est nul. Dans la réalité, une partie de la chaleur engendrée à chaque alternance de pression se communique au milieu environnant, d'où une perte d'énergie qui se traduit par une diminution progressive de l'amplitude des ondes sonores.

Ce phénomène est pratiquement imperceptible dans des milieux à faible viscosité comme l'air ou l'eau, mais il devient prépondérant avec des matériaux très visqueux comme les plastiques : la soudure aux ultrasons des résines synthétiques en est l'exemple le plus connu. Toutefois, les oscillations de température qui accompag-

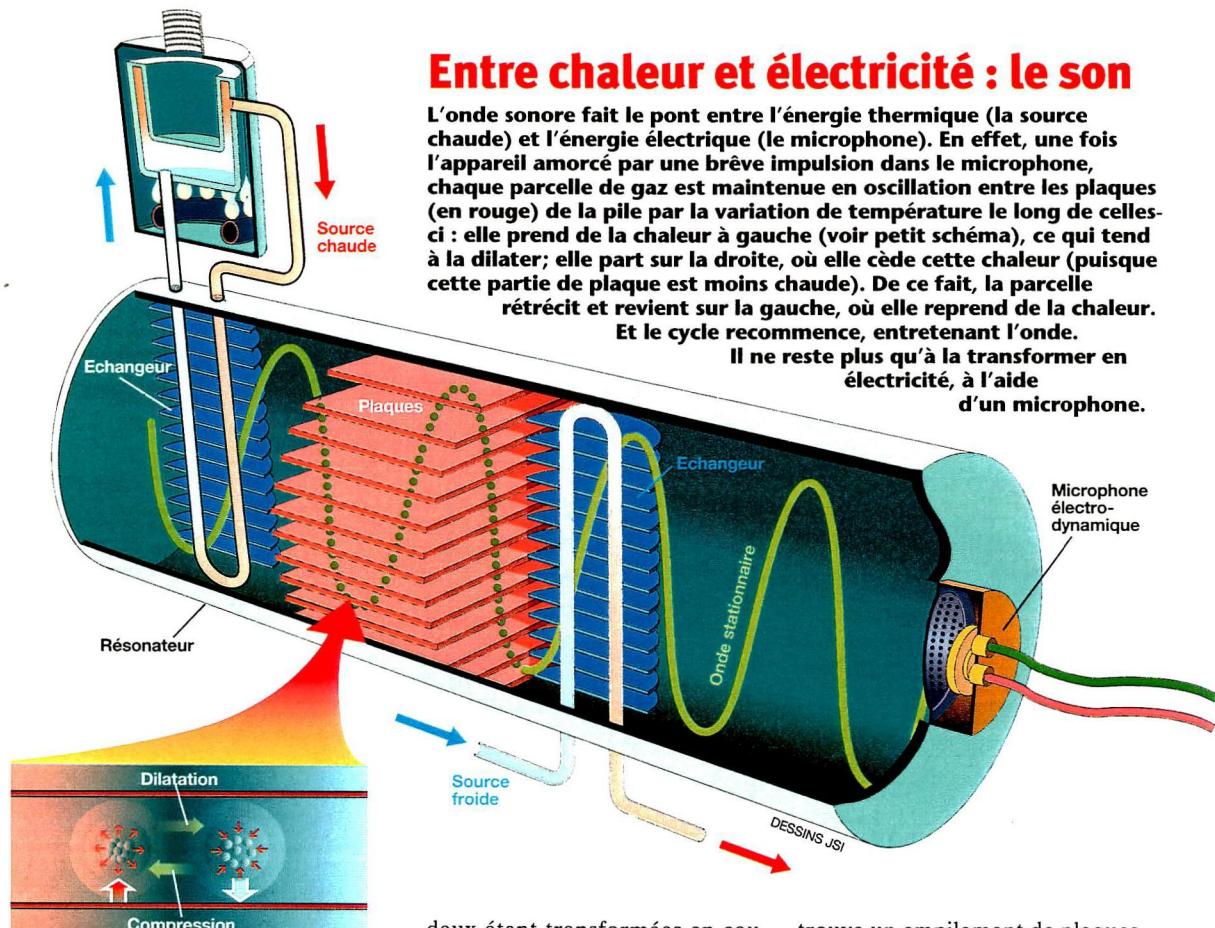
ASSOCIATED PRESS

## L'arche acoustique

**Steve Garrett, le pionnier californien de la thermodynamique sonore, derrière son dernier modèle de réfrigérateur acoustique.**







## Entre chaleur et électricité : le son

L'onde sonore fait le pont entre l'énergie thermique (la source chaude) et l'énergie électrique (le microphone). En effet, une fois l'appareil amorcé par une brève impulsion dans le microphone, chaque parcelle de gaz est maintenue en oscillation entre les plaques (en rouge) de la pile par la variation de température le long de celles-ci : elle prend de la chaleur à gauche (voir petit schéma), ce qui tend à la dilater; elle part sur la droite, où elle cède cette chaleur (puisque cette partie de plaque est moins chaude). De ce fait, la parcelle rétrécit et revient sur la gauche, où elle reprend de la chaleur.

Et le cycle recommence, entretenant l'onde.

Il ne reste plus qu'à la transformer en électricité, à l'aide d'un microphone.

DESSINS JSI

gèrent les variations de pression au passage de l'onde sonore, et leurs interactions avec les parois qui limitent le fluide mis en vibration, ont mené à de nombreuses machines dites thermoacoustiques.

En particulier, on peut en tirer un procédé très original de transfert des calories d'un point à un autre qui permet de fabriquer des réfrigérateurs n'ayant comme seule pièce mobile qu'une membrane vibrante, comme dans un écouteur ou un haut-parleur. Sur le même principe, on peut aussi faire des machines qui convertissent la chaleur en électricité grâce aux ondes acoustiques.

Comme toute machine thermique, le convertisseur comporte une source chaude et une source froide, les calories perdues entre les

deux étant transformées en courant. Schématiquement (voir dessin ci-dessus), la machine se compose d'un tube dont la longueur est adaptée à la fréquence du son pour avoir un phénomène d'onde stationnaire : c'est ce qu'on appelle une cavité résonnante, avec des nœuds de déplacement et des ventres de pression à chaque bout.

### COMPRESSION ET DILATATION EN ALTERNANCE

Les deux éléments échangeurs de chaleur sont placés en retrait, en un point où ni la pression, ni le déplacement ne sont nuls. La source chaude est reliée à un premier échangeur fait d'une série d'ailettes métalliques genre radiateur de voiture; le transfert des calories se fait par conduction directe ou par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur. La source froide est un radiateur de même type et, entre les deux, on

trouve un empilement de plaques parallèles faites d'un métal bon conducteur de la chaleur – cuivre ou aluminium.

Échangeur et pile de plaques sont conçus pour qu'un gaz puisse circuler très facilement à travers l'ensemble. La source chaude peut être alimentée par un combustible quelconque, alors que la source froide est assurée par un courant d'eau ou par l'air ambiant comme dans un moteur thermique habituel. L'autre extrémité du résonateur est fermée par un montage genre microphone qui convertit les ondes sonores en courant électrique.

On lance le système en envoyant un signal acoustique qui correspond à la fréquence de résonance, et une onde stationnaire s'établit dans le tube. On considère alors un très petit volume de gaz situé entre deux plaques et que l'on peut assimiler à une parcelle de dimensions négligeables.

geables comparée à la taille du dispositif. Cette parcelle oscille horizontalement, passant de manière cyclique de l'état détendu à l'état comprimé. La variation de pression n'est pas très grande – de 5 à 10 % de la pression moyenne dans le tube – mais elle est suffisante pour que le transfert thermique entretenne la vibration.

Sur notre dessin, la source chaude est à gauche et la source froide à droite : au sein des plaques qui sont entre les deux, la température va donc en décroissant de la gauche vers la droite. Quand elle est à gauche, la parcelle de gaz est à son maximum de compression, mais elle est aussi du côté le plus chaud et la plaque lui cède de la chaleur,

ce qui augmente sa pression et la fait se dilater.

Elle prend donc du volume en repartant vers la droite et, au moment où son mouvement s'arrête pour repartir dans l'autre sens, elle cède la chaleur acquise à la plaque qui, de ce côté, est moins chaude ; en refroidissant, sa pression diminue et elle se contracte. Le transfert de chaleur entretient donc la variation cyclique de pression des ondes stationnaires, et de ce fait entretient l'onde sonore elle-même. L'énergie prise sur la différence de température entre source chaude et source froide se retrouve ainsi convertie en énergie acoustique, laquelle est à son tour transformée en courant par un microphone électrodynamique.

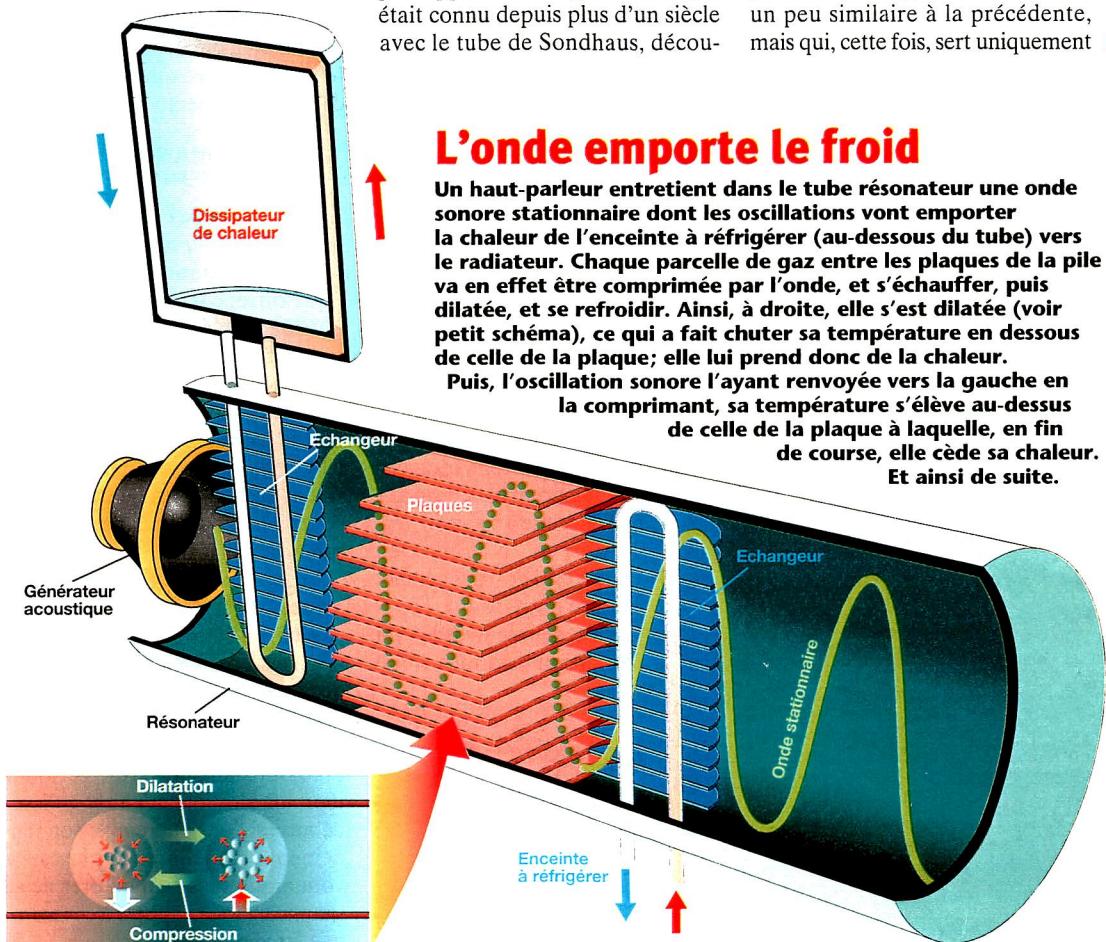
L'entretien d'ondes stationnaires par apport d'énergie thermique était connu depuis plus d'un siècle avec le tube de Sondhaus, décou-

vert par les souffleurs de verre. Plus tard, grâce aux effets thermiques des courants, on sut faire des thermophones ou des ionophones. En revanche, l'idée d'utiliser ces ondes entretenues pour avoir un générateur électrique a été étudiée en la-

## Une technique utilisée par les souffleurs de verre

boratoire à partir des années 70, surtout aux Etats-Unis et en Afrique du Sud.

Et il faut attendre le début des années 80 pour voir apparaître les premiers prototypes d'une machine un peu similaire à la précédente, mais qui, cette fois, sert uniquement



### L'onde emporte le froid

Un haut-parleur entretient dans le tube résonateur une onde sonore stationnaire dont les oscillations vont emporter la chaleur de l'enceinte à réfrigerer (au-dessous du tube) vers le radiateur. Chaque parcelle de gaz entre les plaques de la pile va en effet être comprimée par l'onde, et s'échauffer, puis dilatée, et se refroidir. Ainsi, à droite, elle s'est dilatée (voir petit schéma), ce qui a fait chuter sa température en dessous de celle de la plaque ; elle lui prend donc de la chaleur.

Puis, l'oscillation sonore l'ayant renvoyée vers la gauche en la comprimant, sa température s'élève au-dessus de celle de la plaque à laquelle, en fin de course, elle cède sa chaleur. Et ainsi de suite.

■■■ à extraire les calories d'une enceinte pour les rejeter à l'extérieur, ce qui constitue un réfrigérateur. Le principe est évidemment assez proche du schéma précédent, mais l'écart de température entre source chaude et source froide est beaucoup plus faible; de ce fait, les variations thermiques liées aux alternances compression/détente de l'onde jouent un rôle majeur dans le processus.

Dans le générateur électrique, il

### L'onde sonore : une chaîne de godets qui drague les calories

Y a plusieurs centaines de degrés de différence entre source chaude et source froide. Dans le réfrigérateur, cette différence n'excède pas quelques dizaines de degrés. A ce moment, l'échauffement cyclique de chaque parcelle de gaz dû à la pression acoustique n'est plus négligeable et participe au transfert de chaleur le long des plaques. Comme on le voit sur notre dessin, on retrouve un tube résonateur avec un générateur acoustique - thermopho-

COURTESY OF CRIENCO INC.

ne, haut-parleur ou autre - à une extrémité, et deux échangeurs de chaleur séparés par une pile de plaques.

Dès que l'onde stationnaire est établie dans le tube, chaque parcelle de gaz oscille plus ou moins fort de droite à gauche, la position du minimum d'oscillation linéaire (nœud) correspondant au maximum de variation de pression (ventre). Quand une parcelle atteint son maximum de déplacement en allant vers un nœud sur sa gauche, elle atteint en même temps son maximum de pression. A cet endroit, elle cède de la chaleur à la plaque contiguë car la compression acoustique a porté sa température à un niveau supérieur à celui de la plaque.

Inversement, à son maximum de déplacement vers la droite, elle prend de la chaleur à la plaque car, en s'éloignant du ventre de pression, elle s'est dilatée et cette détente a abaissé sa température au-dessous de celle de la plaque. Elle repart ensuite vers la gauche, et le même processus se répète à chaque oscillation. Cette parcelle transfère donc les calories de la droite vers la gauche le long de la plaque, et il en va de même de toutes les autres parcelles élémentaires qui constituent le volume de gaz enfermé dans le tube.

L'onde sonore se comporte alors comme une chaîne à godets qui drague les calories le long des plaques pour les emporter de l'enceinte à refroidir vers l'extérieur. Notons bien que c'est l'écart de température entre source chaude et source froide qui conditionne la forme que

prend le montage thermoacoustique : si cet écart est grand, la parcelle de gaz reste à une température inférieure à celle des plaques, même après compression acoustique; elle prend donc de la chaleur à la plaque et se dilate, ce qui entretient l'onde stationnaire. Le montage fonctionne en générateur.

Si l'écart est faible, la parcelle après compression se trouve portée à une température supérieure à celle des plaques; elle leur cède des calories et se contracte : le montage fonctionne en réfrigérateur. C'est sous cette forme qu'il présente le plus d'intérêt, et de nombreux prototypes ont déjà été réalisés. En général ils utilisent comme gaz de l'hélium comprimé : une forte pression accroît la puissance volumique, et l'hélium est le gaz inerte qui possède la plus grande vitesse du son et la meilleure conductibilité thermique, ce qui augmente encore le rendement.

#### IL NE LUI MANQUE QU'UN BON RENDEMENT

Ces prototypes visent, bien sûr, une exploitation commerciale future. La réfrigération thermoacoustique offre, comparée au procédé classique, l'avantage de ne comporter ni moteur, ni compresseur : pas de pièces mobiles, et pas de joints glissants ou tournants. Qui plus est, pas de fréon, ni aucun de ces gaz CFC (chlorofluorocarbure) qui seraient susceptibles de détruire la couche d'ozone de la haute atmosphère.

Le seul point faible des montages actuels, c'est leur rendement. Sur ce plan, les machines thermiques ne sont pas favorisées, et il faut garder en mémoire que les premiers moteurs à essence consommaient cinq fois plus de carburant que ceux d'aujourd'hui. Le réfrigérateur thermoacoustique n'en est qu'à ses débuts : si l'on peut relever son rendement et améliorer sa puissance volumique sans rien lui ôter de sa simplicité, il sera appelé à connaître une large diffusion.

#### La spirale thermique

La pile de plaques parallèles peut être remplacée par une seule plaque très longue enroulée en spirale.



SCIENCE & VIE

TV • VIDEO • SON • PHOTO • MULTIMEDIA

# high tech



Interview : Starck,  
et la télé design

## TELEVISION 16/9 LE GRAND RETOUR

### ENQUETE

*La télé attirée par  
les formats cinéma*

### GUIDE D'ACHAT

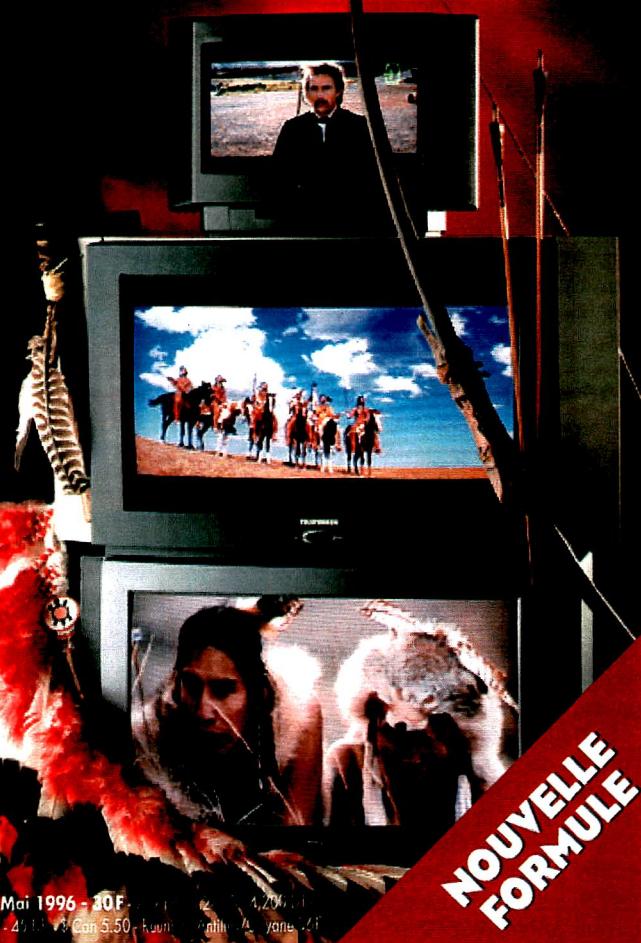
*Tous les écrans et  
vidéoprojecteurs 16/9*

### BANCS D'ESSAIS

*Les téléviseurs 16/9  
à moins de 8 000 F*

### PRATIQUE

*Les branchements  
audio-vidéo faciles !*



NOUVELLE  
FORMULE

N°20 Avril - Mai 1996 - 30F  
Postage France 800 FCS - 45 F - 1 Can 5,50 - 12 Can 12,50 - 12,50

**NOUVELLE FORMULE**  
En vente partout

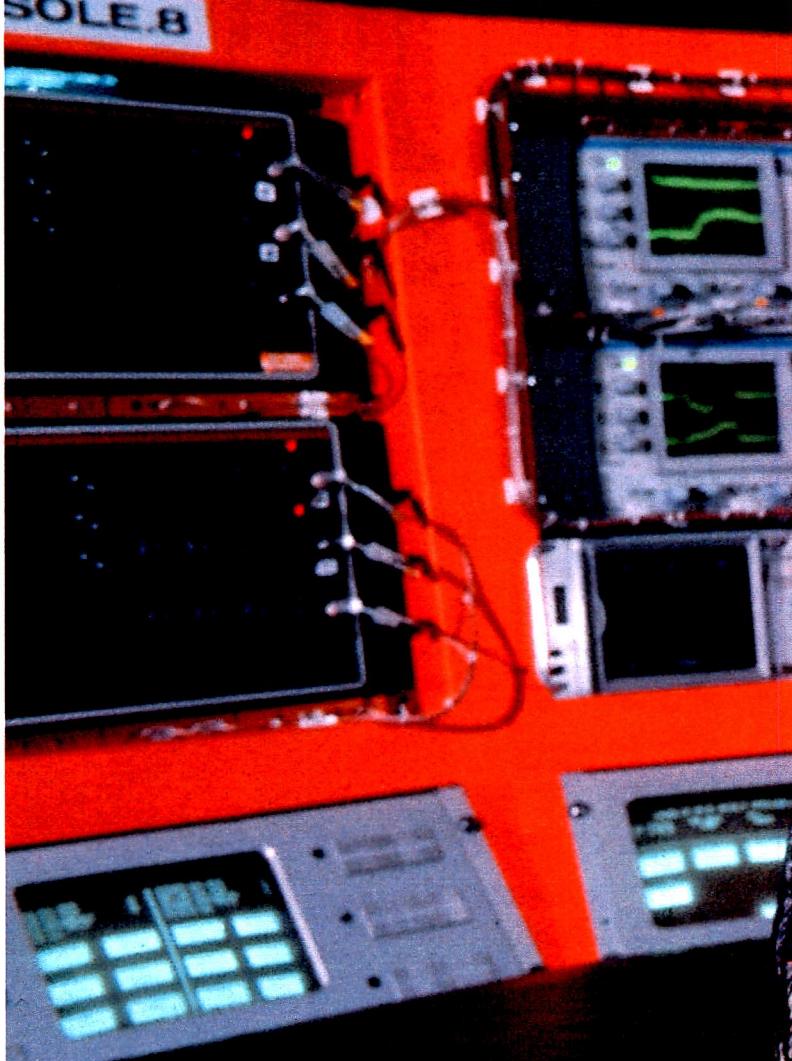
Imaginez une centrale nucléaire d'un genre nouveau. Elle a tous les avantages d'une centrale nucléaire classique : dotée de la même puissance, elle ne dégage pas non plus de gaz carbonique, et ne contribue donc pas à l'effet de serre et au réchauffement de la planète. De surcroît, elle est plus sûre – finis les accidents graves de type Tchernobyl – et, surtout, ne produit pratiquement pas de ces inquiétants éléments radioactifs à vie longue qui empoisonnent la filière nucléaire actuelle. Pas de déchets à garder enterrés durant des milliers d'années, et pas de plutonium, ce qui réduit considérablement la menace de prolifération militaire ! Sa technologie n'a rien de révolutionnaire, son coût est raisonnable, son combustible – le thorium, un métal gris de la série des actinides –, quasi inépuisable. En prime, la nouvelle centrale pourrait nous débarrasser des encombrants stocks de plutonium accumulés par les réacteurs classiques. Un projet extraordinaire de Carlo Rubbia, prix Nobel de physique en 1984.

#### DU NEUF AVEC DU VIEUX

Trop beau pour être vrai ? Tous les spécialistes du nucléaire ne partagent pas l'enthousiasme du physicien italien. D'abord, cette petite merveille n'existe encore que sous forme de calculs sur ordinateur. Ensuite, les solutions proposées par Rubbia et son équipe ne sont pas vraiment neuves : la plupart de ces techniques ont déjà été étudiées ou envisagées.

Carlo Rubbia avait dévoilé son concept de réacteur nucléaire en novembre 1993, lors de deux conférences fort médiatiques, à Genève et à Paris (voir *Science & Vie* n° 916, p. 66). Récompensé par le prix Nobel pour la découverte des bosons faibles W et Z<sup>(1)</sup>, ■ ■ ■

# Le nouveau



■ **Pas de déchets durables, aucun risque d'accident grave, un combustible inépuisable... Le dernier projet de centrale nucléaire du prix Nobel de physique Carlo Rubbia suscite l'enthousiasme ou l'incredulité. Et si c'était la solution au problème mondial de l'énergie ?**

(1) Cette découverte venait confirmer la théorie d'unification des forces faible et électromagnétique. Les bosons W et Z sont les particules qui véhiculent la force faible au sein de la matière.

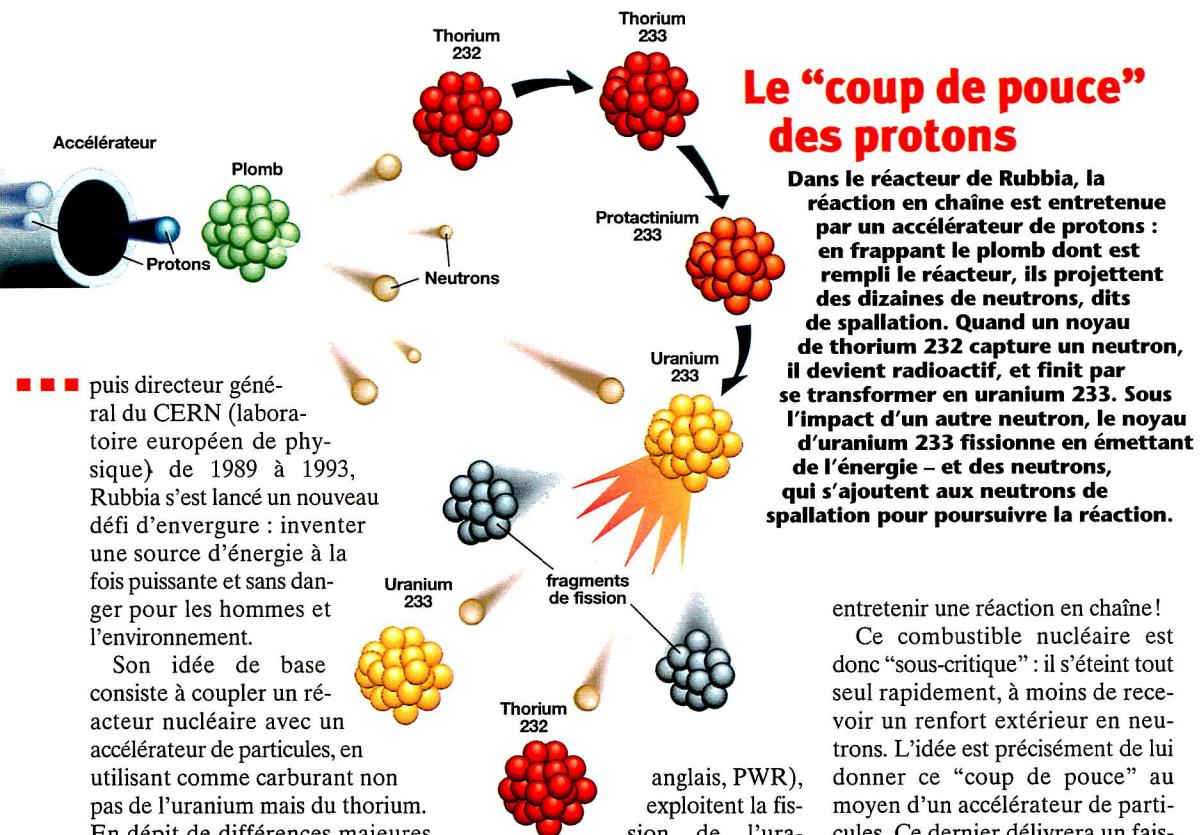
# défi nucléaire

## Plus jamais Tchernobyl

Ancien antinucléaire désormais convaincu de la fiabilité de cette source d'énergie, Carlo Rubbia met ses talents de physicien – et de communicateur – au service d'un nucléaire dépourvu des inconvénients des centrales classiques.



GAMMA



## Le "coup de pouce" des protons

Dans le réacteur de Rubbia, la réaction en chaîne est entretenue par un accélérateur de protons : en frappant le plomb dont est rempli le réacteur, ils projettent des dizaines de neutrons, dits de spallation. Quand un noyau de thorium 232 capture un neutron, il devient radioactif, et finit par se transformer en uranium 233. Sous l'impact d'un autre neutron, le noyau d'uranium 233 fissionne en émettant de l'énergie – et des neutrons, qui s'ajoutent aux neutrons de spallation pour poursuivre la réaction.

puis directeur général du CERN (laboratoire européen de physique) de 1989 à 1993, Rubbia s'est lancé un nouveau défi d'envergure : inventer une source d'énergie à la fois puissante et sans danger pour les hommes et l'environnement.

Son idée de base consiste à coupler un réacteur nucléaire avec un accélérateur de particules, en utilisant comme carburant non pas de l'uranium mais du thorium. En dépit de différences majeures avec les réacteurs nucléaires habituels, le dispositif tire son énergie, fort classiquement, de la fission des noyaux atomiques. Rappelons que tous les atomes de la matière possèdent un noyau, constitué de deux sortes de particules, les neutrons et les protons, maintenus ensemble par

anglais, PWR), exploitent la fission de l'uranium 235. Lorsqu'il

rencontre un neutron, le noyau d'uranium éclate en deux morceaux en éjectant des neutrons, lesquels vont provoquer de nouvelles fissions, qui émettront de nouveaux neutrons, et ainsi de suite. C'est la fameuse "réaction en chaîne" : elle s'entretient d'elle-même, chaque fission engendrant en moyenne une autre fission. Le cœur du réacteur est alors dit "critique".

Le dispositif de Rubbia, lui, présente l'originalité de ne pas reposer sur une réaction en chaîne. Le physicien italien propose d'utiliser comme combustible du thorium 232. Son noyau n'est pas fissile (il ne peut pas fissionner lui-même), mais il est "fertile". En effet, en capturant un neutron, il se transforme en thorium 233 radioactif, qui se transmute en protactinium 233 radioactif, qui se désintègre en uranium 233 (fissile, lui), qui se brise enfin sous l'impact d'un neutron en émettant de l'énergie et des neutrons... en trop petit nombre, toutefois, pour

entretenir une réaction en chaîne !

Ce combustible nucléaire est donc "sous-critique" : il s'éteint tout seul rapidement, à moins de recevoir un renfort extérieur en neutrons. L'idée est précisément de lui donner ce "coup de pouce" au moyen d'un accélérateur de particules. Ce dernier délivrera un faisceau de protons de grande énergie, qui, en bombardant une cible, produira (par des réactions dites de spallation) les gerbes de neutrons indispensables à l'entretien des réactions nucléaires.

## CASCADE DE RÉACTIONS

L'avantage, en matière de sécurité, paraît évident : faute de réaction en chaîne, un réacteur sous-critique ne peut pas s'emballe ! Ce qui rend physiquement impossible un accident grave à la Tchernobyl, dans lequel les fissions se multiplient jusqu'à provoquer l'explosion (1). Ici, le réacteur est incapable de fonctionner tout seul ; c'est l'accélérateur "extérieur" qui le pilote. Tout se passe comme si l'énergie des protons était démultipliée par une cascade de réactions nucléaires. D'où le nom d'"amplificateur d'énergie" donné par Rubbia à ce tandem accélérateur-réacteur.

(1) L'explosion de criticité, comme celle qui s'est produite à Tchernobyl, n'a rien à voir avec celle d'une bombe nucléaire.

## L'avantage du réacteur de Rubbia : il ne s'emballe pas

une force extrêmement puissante, la force nucléaire. Certains noyaux, les plus lourds et les plus instables, peuvent néanmoins se briser (les physiciens disent "fissionner"), en dégagant une énergie considérable. C'est cette énergie qu'on récupère dans les réacteurs nucléaires.

Les centrales classiques, qui, en France, appartiennent à la filière REP (réacteur à eau pressurisée ; en

Depuis la publication du principe théorique, il y a plus de deux ans, Carlo Rubbia et sa petite équipe du CERN – une dizaine de physiciens italiens, espagnols et français – ont fait du chemin. En décembre dernier, ils ont publié un nouveau rapport, fort épais, qui présente un projet d'amplificateur d'énergie beaucoup plus concret, tenant compte d'acquis techniques et aussi de... contraintes économiques.

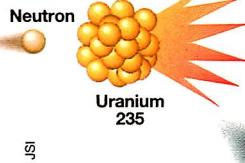
L'un des choix les plus importants est celui des neutrons rapides. Aujourd'hui, presque tous les réacteurs nucléaires, dont les REP, fonctionnent avec des neutrons thermiques, c'est-à-dire ralentis par un "modérateur". Rubbia a renoncé à cette option, car le réacteur n'aurait pas été assez puissant. Avec des neutrons rapides, en revanche, il devrait pouvoir fournir 1500 MW thermiques,

soit 650 MW électriques, puissance comparable à celle des REP (de 900 à 1500 MW électriques).

En fait, quelques rares réacteurs à neutrons rapides (RNR) existent déjà dans le monde, parmi lesquels, en France, le tristement célèbre Superphénix. L'amplificateur d'énergie de Rubbia présente des similitudes avec les RNR existants, mais aussi de grosses différences : il est sous-critique, il brûle du thorium, et c'est du plomb fondu qui assure le transport de la chaleur produite (alors que, dans Superphénix, le caloporteur est du sodium). Le plomb a l'avantage d'être moins dangereux que le sodium (qui s'enflamme au contact de l'air), et ses excellentes qualités thermiques le rendent apte à transporter l'énorme chaleur produite dans le réacteur. Mieux, le plomb peut en principe évacuer cette chaleur tout seul, grâce aux courants de convection qui circulent naturellement sous l'effet des différences de température, comme dans une casserole d'eau. Plus besoin de pompe à l'intérieur du réacteur !

Par ailleurs, le plomb constitue une excellente cible pour le faisceau de protons, car il produit un taux très élevé de neutrons de spallation. Et il ne capture pratiquement pas les neutrons, ce qui est essentiel au bon rendement du réacteur. Enfin, c'est l'une des meilleures protections antiradiations qui soit, puisqu'il absorbe pratiquement tous les rayonnements produits, qui ne s'échappent donc pas du réacteur. Revers de la médaille : le plomb fondu est très corrosif pour les métaux, d'où des difficultés prévisibles, par exemple, dans la fabrication des gaines contenant le combustible.

Le fonctionnement de cet étrange appareil hybride est lui aussi singulier. L'accélérateur devra fournir des protons d'énergie suffisante pour la spallation – environ 1 gigaelectronvolt (Gev) – et surtout en quantité suffisante pour engendrer un énorme flux de neutrons, soit une intensité de 10 à 20 milliamperes. Le choix de Rubbia s'est porté sur un ensemble compact de trois cyclotrons (voir le dessin page suivante). A la sortie du plus grand cy-



Fragments de fission



Neutrons



DESSINS JS

## La filière empoisonnée

Dans les réacteurs nucléaires classiques, l'énergie provient de la fission en chaîne de noyaux d'uranium 235 sous l'impact de neutrons. Mais ces derniers sont aussi absorbés par l'uranium 238, majoritaire dans le combustible employé : ils le transforment en plutonium et en d'autres déchets à vie longue, dont on ne sait comment se débarrasser.



## LE NOUVEAU DÉFI NUCLÉAIRE

clotron, le faisceau de protons de 1 GeV est dirigé vers la seconde partie du dispositif, le réacteur.

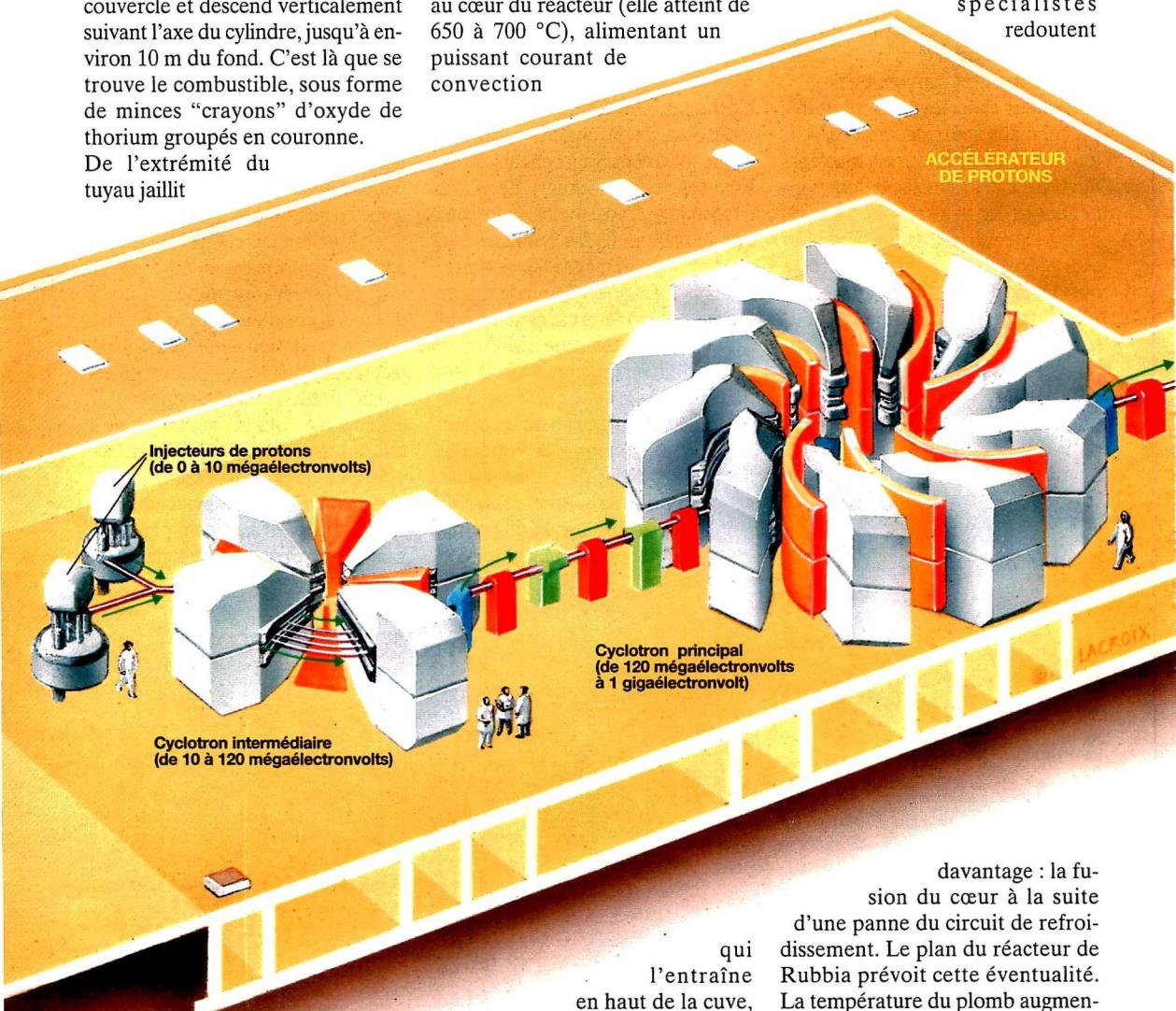
C'est une énorme piscine cylindrique souterraine, de 30 m de profondeur et de 6 m de diamètre, remplie de 10000 t de plomb liquide. Le faisceau de protons pénètre par le couvercle et descend verticalement suivant l'axe du cylindre, jusqu'à environ 10 m du fond. C'est là que se trouve le combustible, sous forme de minces "crayons" d'oxyde de thorium groupés en couronne.

De l'extrémité du tuyau jaillit

A peine ralenti par le plomb, ces neutrons de spallation vont frapper les noyaux de thorium. Rendus radioactifs, ceux-ci se transforment peu à peu en noyaux d'uranium 233, qui fissionnent au contact d'un neutron. L'énergie ainsi dégagée élève fortement la température du plomb au cœur du réacteur (elle atteint de 650 à 700 °C), alimentant un puissant courant de convection

re, des turbines et des alternateurs.

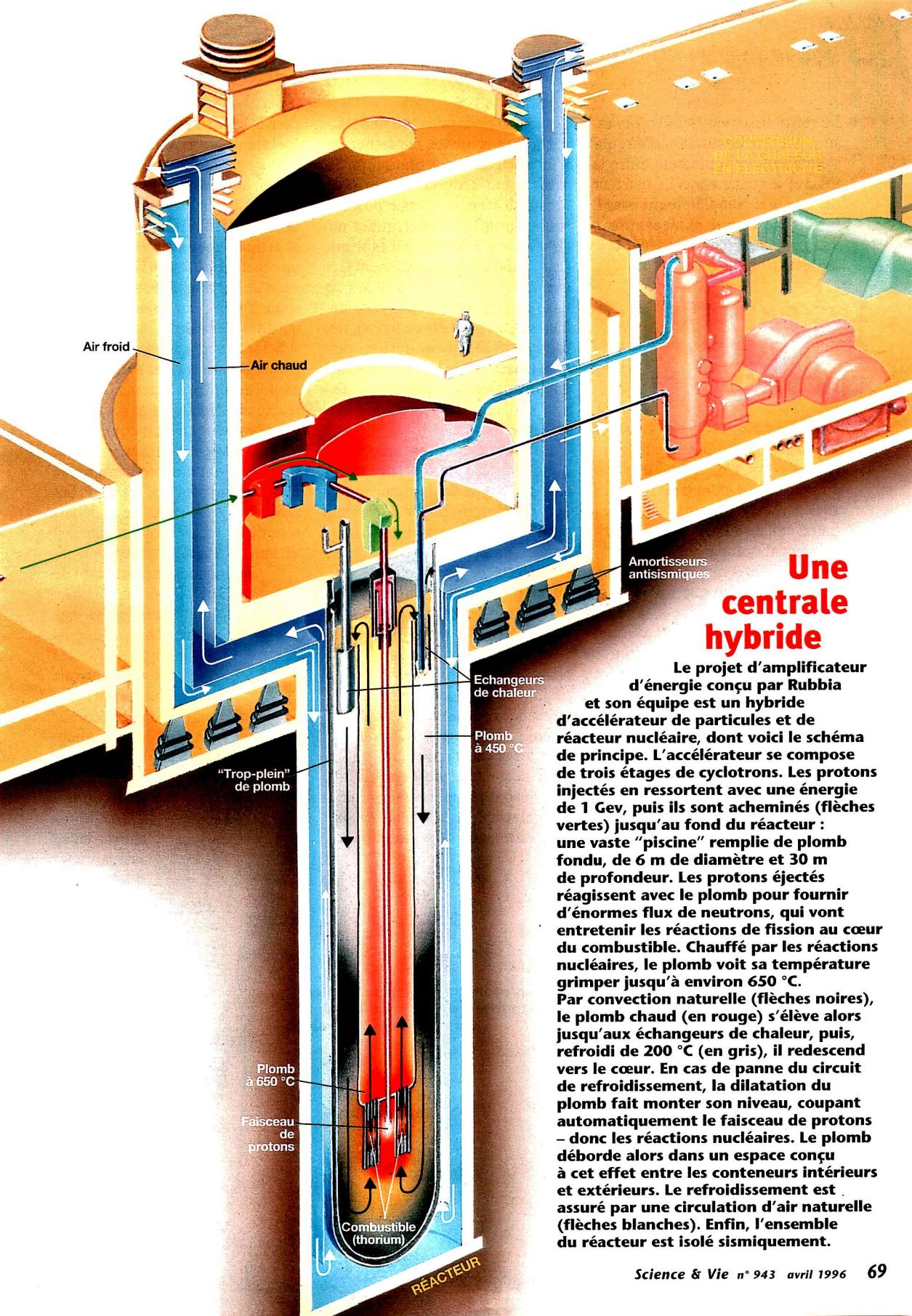
Débordant d'enthousiasme, Carlo Rubbia énumère les mérites de son enfant, au premier rang desquels il place la sécurité. D'où son choix de la sous-criticité, qui rend l'explosion impossible. Mais il y a un risque que les spécialistes redoutent



en continu l'intense faisceau de protons, qui bombardent violement les noyaux de plomb, projetant des quantités phénoménales de neutrons de très grande énergie.

qui l'entraîne en haut de la cuve, où quatre échangeurs récupèrent sa chaleur. Refroidi de 200 °C, le plomb redescend vers le fond du réacteur. Une paroi isolante sépare le flux montant du flux descendant. Comme dans toute centrale électrique, la chaleur récupérée est transformée en électricité via un circuit de refroidissement secondai-

davantage : la fusion du cœur à la suite d'une panne du circuit de refroidissement. Le plan du réacteur de Rubbia prévoit cette éventualité. La température du plomb augmentant, il se dilaterait, et son niveau s'élèverait, provoquant l'arrêt automatique du faisceau de protons. Les réactions de fission cesseraient donc aussitôt. Cependant, la température continuerait de s'élèver durant plusieurs heures, à cause de la "chaleur résiduelle" émise par les fragments de fission radioactifs. ■■■



## Une centrale hybride

Le projet d'amplificateur

d'énergie conçu par Rubbia et son équipe est un hybride d'accélérateur de particules et de réacteur nucléaire, dont voici le schéma de principe. L'accélérateur se compose de trois étages de cyclotrons. Les protons injectés en ressortent avec une énergie de 1 GeV, puis ils sont acheminés (flèches vertes) jusqu'au fond du réacteur : une vaste "piscine" remplie de plomb fondu, de 6 m de diamètre et 30 m de profondeur. Les protons éjectés réagissent avec le plomb pour fournir d'énormes flux de neutrons, qui vont entretenir les réactions de fission au cœur du combustible. Chauffé par les réactions nucléaires, le plomb voit sa température grimper jusqu'à environ 650 °C. Par convection naturelle (flèches noires), le plomb chaud (en rouge) s'élève alors jusqu'aux échangeurs de chaleur, puis, rafroidi de 200 °C (en gris), il redescend vers le cœur. En cas de panne du circuit de refroidissement, la dilatation du plomb fait monter son niveau, coupant automatiquement le faisceau de protons – donc les réactions nucléaires. Le plomb déborde alors dans un espace conçu à cet effet entre les conteneurs intérieurs et extérieurs. Le refroidissement est assuré par une circulation d'air naturelle (flèches blanches). Enfin, l'ensemble du réacteur est isolé sismiquement.

Le refroidissement serait alors assuré par une circulation d'air, qui s'établirait naturellement entre la fosse et le conteneur. «Le réacteur est un objet complètement passif, sans pièce mobile ni mécanique : un important facteur de sécurité», souligne Rubbia.

### Les experts demeurent circonspects

Le prix Nobel vante aussi les avantages du combustible thorium sur l'uranium. Les réserves minières du premier seraient trois fois plus abondantes, il est plus facile à extraire, et il ne demande aucun enrichissement isotopique.

Mais l'intérêt majeur du thorium réside dans le fait que, s'il produit évidemment des déchets, il ne fabrique pas du tout de plutonium, et très peu de ces éléments lourds (appelés actinides mineurs) qui ont l'immense défaut de rester radioactifs pendant des milliers, voire des centaines de milliers d'années. Dans les réacteurs classiques, en effet, l'uranium 238 se transforme inévitablement en plutonium et en actinides par absorption des neutrons. Les 54 REP français fabriquent chaque année 11 tonnes de plutonium et plus d'une tonne d'actinides mineurs !

Certes, ce plutonium hautement radiotoxique est également fissile. C'est donc un combustible potentiel. Mais, aujourd'hui, seule une faible partie du plutonium est ainsi consommée (on le mélange à de l'uranium pour fabriquer un combustible mixte, le MOX). En vérité, on ne sait que faire de tout ce plutonium, auquel s'ajoute celui issu du démantèlement des armes nucléaires. Plusieurs pays le considèrent non pas comme un combustible mais comme un déchet. Ils envisagent de l'enterrer avec les autres déchets dans des couches géologiques profondes. Pour

des centaines de milliers d'années...

Dans ce contexte, la perspective d'un nucléaire sans plutonium est assurément séduisante. De plus, l'amplificateur d'énergie pourrait brûler lui-même les actinides mineurs à vie longue qu'il fabrique (car ils fissionnent facilement), ce qui supprimerait totalement le stockage géologique. Restent toujours, bien sûr, les produits de fission, très radioactifs. Mais ces déchets perdent l'essentiel de leur radiotoxicité en quelques décennies, ce qui permet de les entreposer sous surveillance "normale".

Le cycle du combustible serait donc bouclé. Une fois le réacteur chargé d'oxyde de thorium, et d'un peu de plutonium ou d'uranium pour amorcer la réaction, une fois l'accélérateur mis en route, on ne devrait plus intervenir pendant environ cinq ans. A l'intérieur du cœur, un équilibre s'établit entre la production d'uranium 233 et sa disparition par fission, ce qui maintient une puissance constante. Au bout de cinq ans, le réacteur est ouvert, les déchets radioactifs gazeux accumulés au-dessus du plomb sont récupérés, ainsi que le combustible usé. Il faudra alors le retraiter, afin de séparer le tho-

rium et les actinides à vie longue des fragments de fission (opérations analogues à celles qui se pratiquent aujourd'hui à l'usine de retraitement de La Hague pour le combustible des REP). Après quoi, thorium et actinides seront réinjectés dans un réacteur où ils serviront à nouveau de combustible, avec du thorium "frais" pour compenser celui qui aura été brûlé.

Selon Rubbia, les amplificateurs d'énergie pourraient d'abord être exploités en même temps que les réacteurs actuels, «tout comme les trains électriques ont coexisté un moment avec les trains à vapeur». Ils pourraient ainsi consommer le plutonium produit par les REP. Solution qui permettrait de se débarrasser des stocks de plutonium civil et, tant qu'à faire, du plutonium militaire, tout en produisant de

l'énergie ! En fait, là non plus, l'idée n'est pas neuve. On sait depuis longtemps que les réacteurs à neutrons rapides sont capables de consommer le plutonium.

Le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), après avoir misé sur la surénération, poursuit des re-

### Eviter la prolifération nucléaire

**Le plutonium civil risque d'être détourné à des fins militaires vers des pays "peu sûrs".**  
**Le réacteur de Carlo Rubbia a l'avantage de ne pas produire de plutonium.**



cherches à ce sujet depuis trois ans, dans le cadre du programme CAPRA (Consommation accrue de plutonium dans les réacteurs rapides).

Enfin, pour clore la longue liste de ses avantages, l'amplificateur d'énergie serait "non proliférant", puisqu'il ne produirait pas de plutonium susceptible d'être détourné vers des usages militaires. En fait, le plutonium n'est pas le seul "explosif" nucléaire possible : l'uranium 233 ferait sans doute aussi bien l'affaire. Mais, selon Rubbia, son rayonnement gamma très puissant le rendrait difficile à manipuler.

A en croire le prix Nobel italien, la réalisation de son amplificateur d'énergie ne poserait pas de problèmes techniques majeurs. La difficulté principale vient de l'accélérateur, l'élément "moteur" du dispositif, car, aujourd'hui, les cyclotrons équivalents n'atteignent même pas le dixième de l'intensité nécessaire. Et ils consomment bien trop d'énergie. De plus, ces cyclotrons

sont des instruments de recherche, loin de posséder la fiabilité et la solidité exigées pour un usage industriel. Mais Rubbia (qui s'y connaît en accélérateurs !) se dit persuadé que les connaissances acquises au CERN vont inévitablement entraîner des progrès. Finalement, l'amplificateur d'énergie ne requiert, affirme-t-il, qu'"une extrapolation relativement modeste des technologies actuelles". Surtout en comparaison de la fusion thermonucléaire, pour laquelle on a dépensé des milliards depuis des décennies, et qui ne sera pas opérationnelle avant au moins un demi-siècle.

Que pensent les experts en nucléaire du réacteur de Rubbia ? Ils l'observent avec plus de circonspection que d'hostilité. Massimo Salvatores, directeur des réacteurs nucléaires au CEA, qui s'est plusieurs fois entretenu avec Carlo Rubbia, ne considère pas ce réacteur comme une solution globale. « La sous-criticité, le thorium, les neutrons rapides, le plomb sont des options indépendantes les unes des autres. Il faut les envisager séparément. » Il qualifie le couplage accélérateur-réacteur d'"idée élégante connue depuis longtemps", et se félicite du choix des neutrons rapides, « un concept puissant, qui permet des utilisations variées ».

En revanche, Salvatores est plus réservé quant à la sous-criticité, qui exige des cyclotrons fonctionnant au maximum de leur puissance. De plus, le bénéfice sur le plan de la sécurité lui paraît discutable, d'autant que l'adjonction d'un accélérateur peut compliquer l'édition des enceintes de confinement.

Il ajoute que le choix du plomb comme fluide caloporteur, déjà expérimenté par les Russes mais à plus petite échelle, peut poser des problèmes de corrosion. Et comment être sûr que la convection naturelle s'effectuera correctement sur 30 m de haut, et que ne se formeront pas plusieurs

boucles superposées, par exemple ? Autre source de difficultés prévisibles : l'énorme intensité du flux de neutrons rapides, et leur distribution excessivement non homogène (la source est localisée à l'arrivée du faisceau).

Quant au thorium, le physicien du CEA reconnaît, tout en rappelant que ce n'est pas non plus une nouveauté, que le problème de la gestion des déchets renouvelle l'intérêt pour ce combustible. Mais il conteste les chiffres de Rubbia sur la radioactivité des déchets. Le prix Nobel se montrerait trop optimiste sur les possibilités du retraitement.

## LOGIQUES CONTRADICTOIRES

Sans entrer plus avant dans ce débat de spécialistes, l'essentiel est bien qu'ils débattent. Rubbia tempe contre le conservatisme des chercheurs de l'industrie nucléaire, qui ont « si peu évolué depuis trente ou quarante ans ». Salvatores réplique qu'il a fallu quinze ans pour tester la tenue à long terme du matériau des gaines – pour ne prendre que cet exemple. Recherche et industrie, la logique n'est évidemment pas la même. On ne change pas du jour au lendemain une filière qui a exigé autant d'investissements. Mais il est sans doute salutaire qu'un prix Nobel un brin agitateur donne un coup de pied dans la fourmilière. Surtout à la veille de choix stratégiques concernant le renouvellement du parc de centrales nucléaires et le stockage des déchets.

« La discussion avec Rubbia nous oblige à réfléchir, reconnaît Massimo Salvatores. Mais, pour tirer tous les avantages de ses idées, il faut séparer les paramètres, les étudier, les expérimenter et les optimiser. » Moyennant quoi, les solutions proposées par Rubbia pourraient « jouer un rôle complémentaire à long terme ». En attendant, l'équipe de Rubbia, qui a obtenu 1 million d'ECU de l'Union européenne, va entreprendre, l'été prochain, des expériences sur le plomb bombardé par des protons.



ENQUÊTE

# TCHERNOBYL

## Dix ans après



« Attention  
aux radiations »

Ce genre de panneau indicateur a été placé aux environs du site de la centrale nucléaire. Ici, le village de Koregod, qui a été entièrement évacué quelques jours après la catastrophe.

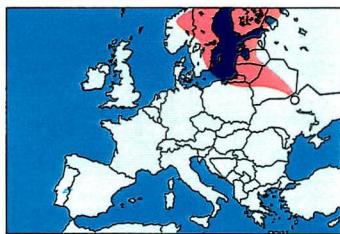
■ 26 avril 1986 :  
le réacteur n° 4  
de la centrale nucléaire  
de Tchernobyl explose.  
Dix ans plus tard,  
des centaines de cancers  
sont apparus, mais  
le bilan sanitaire est loin  
d'être clos. Une chose est  
sûre : les implications  
économiques, sociales  
et psychologiques sont  
désastreuses.

PAR  
HÉLENE  
GUILLEMOT

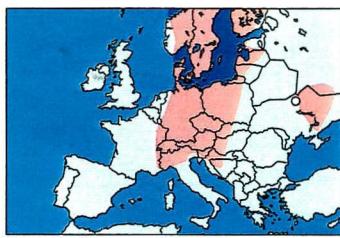
**O**n ne pourra jamais dresser le bilan de Tchernobyl. Jamais on ne saura combien la plus grande catastrophe nucléaire civile a coûté de vies humaines. C'est l'une des étranges facultés des rayonnements : non seulement ils sont invisibles, intangibles, indolores, mais leurs effets même sont difficilement perceptibles ! Le cancer, maladie multicausale, ne peut jamais être attribué exclusivement aux rayons. C'est pourquoi la radioactivité fait, si l'on osé dire, des victimes "statistiques" : on ne comptabilise pas des individus bien définis, mais un excès de cancers par rapport au nombre moyen de cas qui se seraient déclarés naturellement, si, en l'occurrence, l'accident de Tchernobyl ne s'était pas produit.



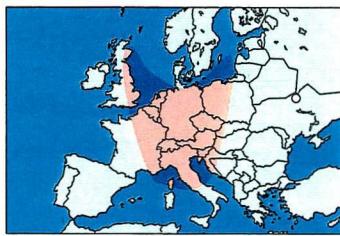
Samedi 26 avril



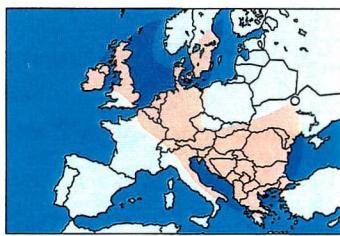
Lundi 28 avril



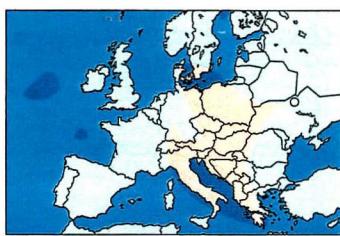
Mercredi 30 avril



Vendredi 2 mai



Samedi 3 mai

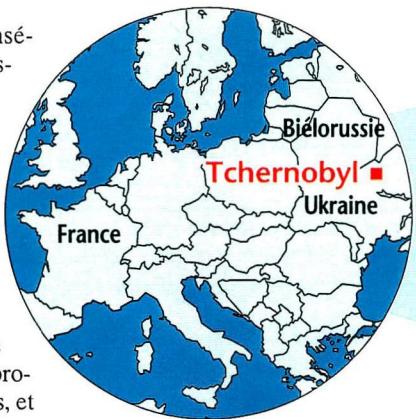


Source : AEN/OCDE

■ ■ ■ Cela dit, certaines conséquences sanitaires de la catastrophe sont aujourd'hui bien visibles, et parfois très inattendues. Mais revenons d'abord aux événements survenus il y a dix ans.

On a maintes fois analysé les diverses causes qui se sont conjuguées pour provoquer l'accident : personnel exploitant irresponsable ou, pour le moins, inconscient des risques, procédures techniques mal définies, et surtout le réacteur lui-même, que sa conception rendait dangereux. Comme tous les réacteurs nucléaires de type RBMK (1), il est instable (il a une fâcheuse tendance à s'emballer lorsqu'il fonctionne à puissance réduite), ses dispositifs de sécurité sont insuffisants, et il est dépourvu d'enceinte de confinement pour contenir les matières radioactives en cas d'accident.

Dans la nuit du 25 au 26 avril 1986, des essais sont en cours dans le réacteur n° 4 de la centrale de Tchernobyl. Essais mal préparés, d'après l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Selon certaines sources, la véritable finalité de ces tests était de nature militaire et ils s'inscrivaient dans un exercice de défense passive. Les experts se plaçaient dans l'hypothèse où les puissantes ondes électromagnétiques engendrées par l'explosion à haute altitude d'une bombe atomique auraient provoqué la destruction de la totalité des réseaux téléphoniques et électriques, dont ceux du contrôle de commande de la centrale. Il fallait vérifier si, en l'absence d'électricité, l'énergie cinétique des groupes d'alternateurs suffirait à faire redémarrer la cen-



## La pluie qui tue

**Précipitées au sol par la pluie, les particules radioactives ont provoqué une contamination très irrégulière, en "taches de léopard". Dans les zones en rose pâle, le taux de césium 137 dépasse 15 curies/km<sup>2</sup>. Il est supérieur à 40 curies/km<sup>2</sup> dans les régions en rose foncé, qui ont été évacuées.**

trale et à la rebrancher sur le réseau.

Quoi qu'il en soit, le personnel, au mépris des règlements, a mis hors circuit plusieurs systèmes de sécurité et retiré les barres de contrôle du cœur du réacteur. Lorsque les réactions en chaîne se sont emballées, le refroidissement n'a pas fonctionné, et le réacteur ne s'est pas arrêté, comme il aurait dû le faire. Dès lors, rien ne s'opposait plus à son énorme montée en puissance...

L'explosion se produit à 1 h 23. Elle soulève le toit du réacteur – une dalle de béton de 2 000 tonnes – et

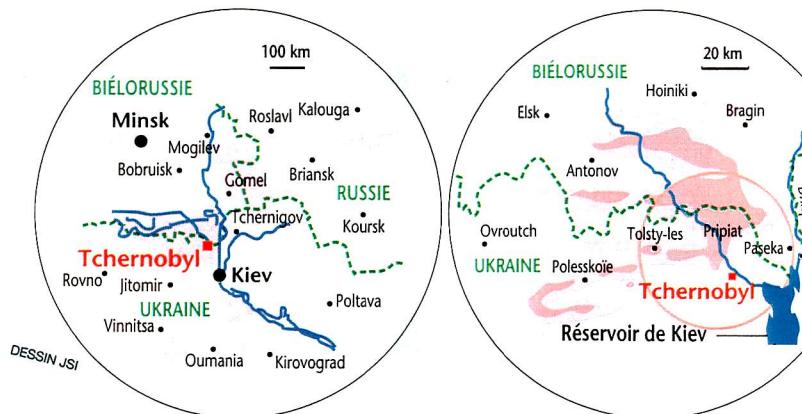
(1) RBMK : sigle russe pour réacteur de grande puissance à eau bouillante.

(2) Le becquerel (Bq), unité officielle de radioactivité, correspond à la désintégration d'un noyau atomique par seconde. Le curie (Ci) est une ancienne unité, qui vaut 37 milliards de becquerels.

(3) La période radioactive, ou demi-vie, est le temps au bout duquel la moitié de l'élément s'est désintégré par émission radioactive. Par exemple, la période de l'iode 131 est de huit jours. Si l'on a aujourd'hui 1 kilo d'iode 131, il en restera 500 g dans huit jours, 250 g dans seize jours, 125 g dans vingt-quatre jours, etc.

## Nuage sans frontières

**Il a survolé aussi la France... en dépit des dénégations des autorités politiques de l'époque.**



rompt tous les circuits de refroidissement. Quelques instants plus tard, une seconde explosion, probablement due à l'hydrogène, projette dans la nature les débris du cœur, tandis que les produits les plus volatils s'élèvent librement jusqu'à 2 km d'altitude, amorce du sinistre "nuage" qui survolera l'Europe.

Les rejets radioactifs dans l'atmosphère se poursuivront pendant une dizaine de jours, entretenus par les incendies de graphite qui font rage dans la centrale et aux alentours. Des hélicoptères se succèdent pour déverser 5 000 tonnes de sable, d'ar-

gile, de bore et de plomb sur le réacteur éventré, afin d'éteindre à la fois le feu et les fissions nucléaires. Exposés de plein fouet aux radiations du cœur, leurs pilotes seront parmi les premières victimes. En novembre 1986, est achevé le sarcophage de béton qui tente d'isoler du monde extérieur le réacteur n° 4 de Tchernobyl.

Selon des estimations très approximatives, environ le quart des éléments du cœur, c'est-à-dire quelque 50 tonnes de combustible et de produits de fission radioactifs, auraient été éjectés par l'explosion.

Quant aux radionucléides évaporés en altitude – ceux qui composent le fameux nuage –, ils auraient représenté une radioactivité de 5,5 milliards de milliards de becquerels (Bq) ou 150 millions de curies (Ci) (2).

Deux des radioéléments du nuage constituent la principale source de contamination, par leur abondance, leur volatilité et leur toxicité : l'iode 131 et le césium 137, qui sont des fragments de fission de l'uranium. La moitié de l'iode contenue dans le cœur et de 15 à 40 % du

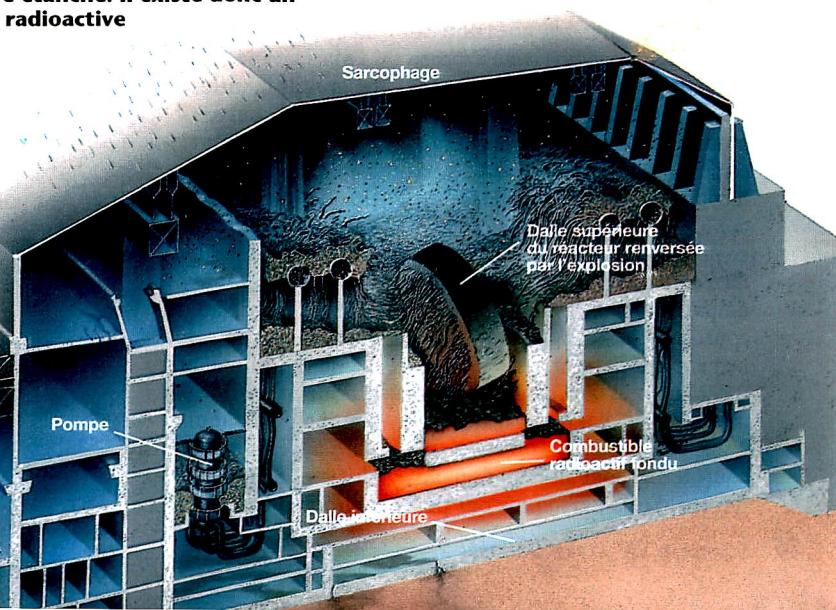
## L'EXPLOSION SOULEVE LES 2 000 TONNES DE LA DALLE

césium (chiffres sujets à caution...) auraient été libérés dans l'atmosphère. L'iode 131 a une période radioactive (3) de huit jours. Une fois ingéré, par exemple dans la consommation de végétaux contaminés ou de lait d'animaux ayant absorbé ces végétaux, il passe dans le sang. Il se fixe alors dans la thyroïde (l'iode est en effet un composant essentiel des

## Le sarcophage fuit encore

**Construit à la hâte, le sarcophage qui isole le réacteur accidenté est fragile. L'eau de pluie s'y infiltre, traverse le magma du combustible fondu et atteint la dalle inférieure dont on ignore si elle est encore étanche. Il existe donc un grave risque de contamination radioactive du sous-sol et de la nappe phréatique. Mais le danger principal vient des trois autres réacteurs de Tchernobyl, toujours en activité. Le réacteur n° 1 a connu, en novembre dernier, un incident grave qui a entraîné un pic alarmant de radioactivité.**

DESSIN C. LACROIX



hormones thyroïdiennes), qu'il irradie fortement. Quant au césium 137, dont la période radioactive est de trente ans, il se dissémine partout dans le corps, entre autre dans la moelle des os, ce qui accroît les risques de cancers et de leucémies.

Dispersé par le vent, le nuage (il vaudrait d'ailleurs mieux parler de panaches successifs) se dirige d'abord vers le nord et les pays scandinaves, puis vers l'ouest, enfin vers le sud, les particules radioactives retombant au gré des averses. C'est évidemment la région proche de la centrale qui est le plus gravement touchée, la radioactivité s'y trouvant très inégalement répartie en fonction des précipitations locales (voir carte p. 74-75). Dès le 27 avril, lendemain de l'accident, les autorités évacuent toute la population dans un rayon de 30 km : la contamination de cette zone est évaluée à plus de 40 Ci par km en moyenne (jusqu'à 1 000 Ci/km<sup>2</sup> par endroits!). Cent quinze mille personnes fuient les lieux en quelques heures, dont tous les habitants de la petite ville de Pripiat. Dans les zones de radioactivité comprise entre 15 et 40 Ci/km<sup>2</sup> (où vivent 270 000 personnes), les autorités imposent des mesures de décontamination, de restrictions alimentaires et de surveillance sanitaire.

### LES ENSEIGNEMENTS D'HIROSHIMA

Outre les habitants, une autre catégorie de population a été exposée à des doses élevées de rayonnement : le personnel civil et militaire mobilisé pour déblayer les débris, remettre la centrale en état, décontaminer ses environs et édifier le sarcophage autour du réacteur. On compte de 600 000 à 800 000 "liquidateurs" (c'est le nom qu'on leur donne), qui ont travaillé durant de courtes périodes dans cet environnement inhospitalier.

Dix ans plus tard, combien de décès et de maladies peut-on attribuer à Tchernobyl ? Les effets à très court terme sont aisément quantifiables. Trois personnes ont péri



### Victime avant de naître

**Igor, né dans une région d'Ukraine fortement contaminée, n'a qu'un seul bras. Les médecins ont constaté un taux de malformations élevé chez les enfants nés quelques mois après l'accident. C'est l'effet des radiations qu'ils ont subies *in utero*.**

dans l'explosion. Vingt-huit des 237 personnes ayant absorbé des doses massives de radiations au moment de la catastrophe et qui ont été hospitalisées pour syndrome d'irradiation aiguë (personnel de la centrale, pompiers, sauveteurs) sont mortes dans les semaines suivantes.

Mais la conséquence la plus manifeste et la plus surprenante de l'accident est la multiplication des cancers de la thyroïde chez les enfants de moins de 15 ans. Depuis 1990, cette maladie très rare (moins de 1 enfant sur 1 million atteint par an) a vu son incidence multipliée par cent en Biélorussie et dans certaines régions d'Ukraine. Les

cancers sont plus fréquents dans les régions les plus contaminées, ce qui ne laisse subsister aucun doute sur leur lien avec la radioactivité. A ce jour, plus de 700 cas de cancers de la thyroïde ont déjà été répertoriés chez des enfants. Et ce n'est sans doute pas fini... Bien que



très agressif et développant rapidement des métastases, ce cancer est à 90 % curable s'il est bien traité. Ce qui n'est malheureusement pas le cas aujourd'hui en Russie, en Biélorussie et en Ukraine, en dépit de l'aide apportée par l'OMS (Organisation mondiale de la santé) et par d'autres organisations internationales, sous la forme de dons d'appareils et de formations de médecins. De plus, la corruption qui règne dans l'ex-URSS compromet l'efficacité de cette assistance. L'association des victimes de Tchernobyl accuse d'ailleurs le gouvernement ukrainien d'avoir détourné 60 millions de dollars d'un fonds de secours notamment destiné à financer les soins médicaux.

Les médecins n'avaient pas prévu la spectaculaire épidémie de cancers de la thyroïde. « On savait que les enfants courraient un risque plus élevé que les adultes de développer la maladie, à dose égale. Ce qui nous a surpris, c'est qu'ils développent ces cancers si rapidement »,

indique Elisabeth Cardis, chef du programme radiation et cancer au Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Elle prépare une étude pour tenter de savoir si d'autres facteurs ont pu favoriser la maladie – prédisposition génétique ou carence en iodé (qui rend l'organisme particulièrement "réceptif" à un apport extérieur). A moins que les doses reçues ne soient plus fortes qu'on ne le croyait. Mais il est bien difficile de jauger après coup les doses d'iodé 131, et cette tâche est carrément impossible pour d'autres isotopes de l'iode – à durée de vie très courte – qui ont dû être absorbés quelques heures après l'accident mais dont il ne reste aujourd'hui aucune trace.

Certaines études font état d'une augmentation des cancers de la thyroïde également chez l'adulte. Observation à prendre avec précaution : ces cancers sont plus fréquents à l'âge adulte, et il leur arrive même de passer inaperçus. L'accroissement pourrait donc s'expliquer par une amélioration du dépistage à la suite de l'accident.

De façon générale, excepté le cancer de la thyroïde de l'enfant, on n'a observé aucune autre augmentation notable des cancers et des leucémies après Tchernobyl. Ce qui ne veut pas dire, bien évidemment, que la catastrophe n'a

engendré aucune maladie de cette sorte; simplement, les résultats actuels ne permettent pas de conclure. Les cancers se déclarent souvent des décennies après la contamination (de cinq à quinze ans pour les leucémies): il est donc trop tôt pour établir un bilan définitif. Mais, à dire vrai, les spécialistes s'attendent à une surmortalité trop faible pour qu'elle soit détectable. Autrement dit, les morts surnuméraires de Tchernobyl seront noyés dans l'énorme

masse des décès par cancer – qui représentent le quart de la mortalité dans la population concernée. C'est, notamment, parce que le cancer de la thyroïde est excessivement rare chez l'enfant qu'on a pu remarquer son accroissement spectaculaire, et l'attribuer à la contamination de Tchernobyl. Mais 400 ou 500 cancers du poumon de plus

## 60 MILLIONS DE DOLLARS D'AIDE DÉTOURNÉS !

passeraient totalement inaperçus, au milieu des centaines de milliers de personnes qui en seront victimes au cours des cinquante prochaines années... Pour tâcher d'y voir plus clair, d'autres types d'enquêtes épidémiologiques, plus fines, sont en cours. Elles portent sur des malades que l'on étudie individuellement, en les comparant avec des groupes équivalents, mais sains, afin d'évaluer le rôle des divers facteurs de risques – et si possible, celui des radiations.

A défaut d'observer cet excès de cancers, on peut le calculer. Les épidémiologistes se fondent sur les données d'Hiroshima et de Nagasaki, où 100 000 survivants du bombardement nucléaire américain ont été suivis médicalement pendant des années. On a reconstitué les doses de rayonnement absorbées par chacun de ces rescapés et établi, par sexe et par âge, la corrélation entre la dose et l'effet produit. Depuis, cette étude, modèle du genre, sert de référence.

Autour de Tchernobyl, les habitants des zones contaminées à plus de 15 Ci/km<sup>2</sup> ont pour la plupart reçu de 80 à 400 millisieverts (mSv) (4). Quant aux liquidateurs,

(4) Le sievert est une unité qui sert à mesurer l'effet produit sur le corps par le rayonnement. A titre de comparaison, la dose maximale admissible en France est de 5 mSv par an.

## Enfance sous surveillance

Plus de 700 enfants sont atteints d'un cancer de la thyroïde. On mesure ici le taux de césium 137 que renferme l'organisme.





A. MEYER

10 % d'entre eux auraient absorbé plus de 250 mSv, entre 30 et 50 % de 100 à 250 mSv et les autres moins de 100 mSv. A partir de ces doses estimées, les projections par catégories de sexe et d'âge prévoient de 0,5 à 1 % de cancers supplémentaires chez les résidents des zones contaminées, et de 1 à 2 % chez les liquidateurs. Finalement, selon ces prédictions, l'accident de Tchernobyl causerait plusieurs milliers de cancers supplémentaires en cinquante ans.

La catastrophe a eu d'autres conséquences sanitaires, qui, pour n'être pas directement liées au

## DANS 50 ANS, DES MILLIERS DE CANCERS EN PLUS

rayonnement, ne sont cependant pas à négliger. Ce sont toutes les pathologies liées au stress – insomnies, anxiété, alcoolisme, dépressions, allant jusqu'à des troubles

## Planète à hauts risques

**La catastrophe de Tchernobyl est le plus grave accident du nucléaire civil (150 millions de curies dispersés dans l'atmosphère). En comparaison, la centrale de Three Mile Island, en Pennsylvanie, n'a pas laissé échapper plus de 15 à 30 curies ! Mais le record de pollution radioactive revient à l'usine de plutonium militaire de Mayak (voir légende ci-contre), où plus de 1 milliard de curies ont été rejetés au cours des années 40 et 50. Non loin de là, à Kychtym, s'est produite en 1957 l'explosion d'une cuve de déchets de haute activité (20 millions de curies). Quant aux tirs nucléaires atmosphériques, interdits depuis 1973, ils ont disséminé la bagatelle de 24 milliards de curies à la surface du globe.**

graves avec tendance suicidaire. Cet état de "stress post-traumatique" est bien connu chez les victimes de catastrophes naturelles ou d'attentats. La population et les liquidateurs ont, en effet, vécu comme autant de traumatismes les restrictions alimentaires, les mesures de sécurité, les évacuations et les réinstallations forcées, qui ont souvent entraîné des ruptures sociales, des difficultés financières, etc. Sans compter la crainte obsédante des effets de la radioactivité sur la santé, celle des enfants en particulier, le stress étant encore amplifié par l'absence ou l'insuffisance d'information. Selon de

nombreux experts, ces effets psychiques constituent l'une des principales conséquences de l'accident, et un problème majeur de santé publique.

Depuis Hiroshima et Nagasaki, on sait que les femmes enceintes exposées aux rayonnements ont plus de risque de donner naissance à des enfants frappés de malformations congénitales et de retards mentaux. On a parfois signalé une augmentation de ces anomalies dans les zones les plus exposées, mais les chiffres sont contestables. Une étude fait apparaître une diminution des performances intellectuelles et un taux élevé de

troubles du comportement chez ces enfants irradiés *in utero*. Mais les rayons n'en sont peut-être pas la seule cause : la même étude montre un accroissement des troubles psychologiques chez les parents qui ont été exposés...

La santé des liquidateurs a fait l'objet de plusieurs travaux pilotes menées par divers organismes, dont l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) et le CIRC. Le taux de mortalité est le même chez les liquidateurs que dans le reste de la population, mais certaines études indiquent un taux de morbidité (c'est-à-dire de maladies) trois fois plus élevé. Les troubles gastro-intestinaux semblent les plus importants : une étude portant sur 1 382 liquidateurs

soumis à des expositions particulièrement fortes montre qu'ils souffrent plus que la moyenne d'hyposécrétions gastriques, d'ulcères duodénaux, de pancréatites, d'hépatites et de fibrose du côlon. « S'agit-il d'une nouvelle pathologie des rayonnements ionisants, inconnue jusqu'à présent, ou bien d'une conséquence du stress ? », s'interroge le Pr Denis Mathé, biologiste à l'IPSN. La même question se pose à propos des maladies cardiovasculaires, également très fréquentes chez les liquidateurs. D'autant plus que des pathologies du type artériosclérose ou infarctus ont déjà été observées après l'exposition aux rayonnements.

Mais Pierre Verger, épidémiologiste à l'IPSN, émet des réserves sur la validité de ces dernières études : « Leur méthodologie n'est

pas assez rigoureuse, regrette-t-il. On ne peut pas affirmer formellement que les maladies cardio-vasculaires ont augmenté chez les liquidateurs ». Ce qui, *a contrario*, ne signifie aucunement qu'elles n'ont pas augmenté ! « Les chiffres sont

dispersés dans les différents Etats, de nombreuses données se sont perdues. Et puis, comme le rappelle Elisabeth Cardis, la santé de la population s'est beaucoup dégradée ces dernières années dans les pays issus de l'ex-URSS, et l'espérance de vie y a diminué de plusieurs années.

Et dans les autres pays survolés par le « nuage », quels sont les retournissements de la catastrophe ? On devine la réponse. Si l'excès de cancers est indétectable sur place, alors que des centaines de milliers de personnes vivent dans des zones ayant reçu plusieurs curies au  $\text{km}^2$ , on ne voit guère quelles répercussions on pourrait mesurer en France, où la contamination ne dépasse guère 0,025 Ci/ $\text{km}^2$ , soit

une dose moyenne de 0,16 mSv sur une période de cinquante ans (à comparer à l'irradiation naturelle de 2 mSv par an). Peut-on pour autant affirmer que Tchernobyl n'a eu aucun effet sanitaire dans notre pays ? On retrouve le problème des faibles doses – problème épique, qui a pour enjeu l'établissement des normes légales d'exposition aux rayonnements (voir *Science & Vie* n° 939).

Si le bilan sanitaire du drame est difficile à apprécier, son impact économique, social et psychologique dans les pays limitrophes est considérable. Et si les pays occidentaux, en particulier la France, apportent une aide massive, technique et financière, aux installations nucléaires de l'Est, c'est qu'ils savent aussi qu'un autre Tchernobyl porterait un coup fatal à l'avenir de l'énergie nucléaire dans le monde.

PETROV SIPA PRESS



## La région la plus radioactive

**La paisible rivière Tetcha, dans l'Oural, a reçu entre 1949 et 1957 d'énormes quantités de liquides très radioactifs déversés par l'usine de plutonium militaire Mayak. Les conséquences sanitaires sont mal connues, mais on a relevé dans la population riveraine un excès notable de cancers et de leucémies et plus de 1 000 maladies chroniques dues aux rayonnements.**

difficiles à interpréter, renchérit Elisabeth Cardis, car la population des liquidateurs, qui est très surveillée, est comparée à la population générale, beaucoup moins bien suivie. »

### UN AUTRE TCHERNOBYL RUINERAIT LE NUCLÉAIRE

Bref, comme le résume Pierre Verger : « Il reste beaucoup d'inconnues sur les conséquences de Tchernobyl. » Les études épidémiologiques se heurtent en effet à de nombreux obstacles. D'abord, elles ont commencé trop tard : personne n'était préparé à mener de telles enquêtes. La plupart du temps, il n'existe pas de registres des cancers. De plus, les diagnostics sont sujets à caution. Et l'éclatement de l'URSS n'a pas facilité les choses : les fichiers ont été



# Doit-on mettre un préservatif toute sa vie ?

Le préservatif s'utilise lors de toute nouvelle rencontre, dès la première fois et à chaque fois ensuite. Cependant, lorsqu'une relation durable s'installe, lorsque la fidélité s'établit, on voudrait en arrêter l'utilisation. Cela n'est possible qu'à la condition d'être tous deux séronégatifs. Il est donc indispensable de faire ensemble un test de dépistage de l'infection à VIH-sida. Même si cela ne va pas forcément de soi. Même si on a confiance l'un en l'autre. Il faut attendre 3 mois pour faire ce test, en utilisant systématiquement des préservatifs. Selon les scientifiques, ce délai de 3 mois est nécessaire pour détecter dans le sang les anticorps qui attestent de la présence du virus du sida (VIH).

Parlez-en à votre médecin. Il saura vous conseiller. Vous pouvez aussi appeler Sida Info Service au 05.36.66.36 (appel anonyme, confidentiel et gratuit).

Protégez-vous du sida. Protégez les autres.



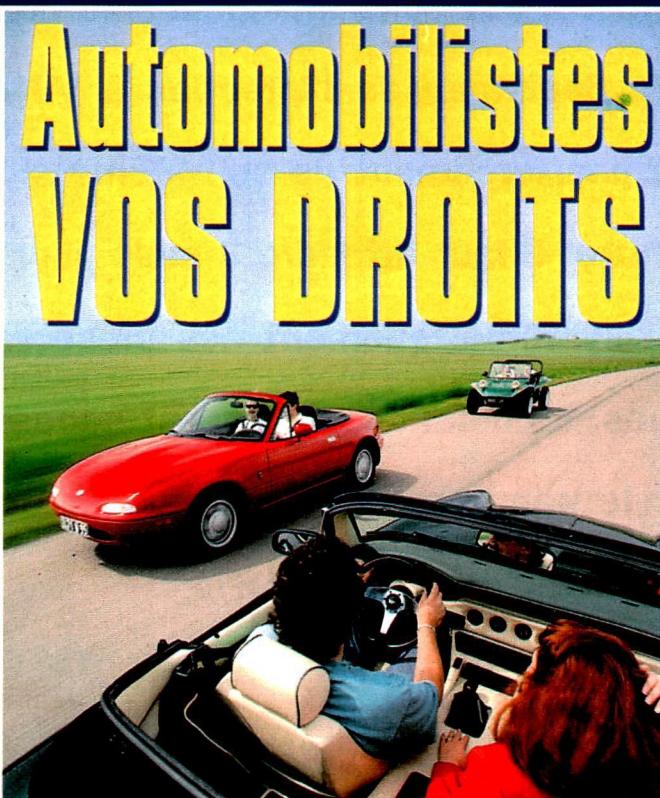
**Pour la première fois,  
le point complet sur les droits  
de l'automobiliste.**

**ACTION AUTO MOTO** **NOUVEAU** 35F **HORS SERIE N°1**

**UTILE**

Le Premier Magazine de l'Automobiliste **LE MAGAZINE DE TOUS VOS DROITS**

**Automobilistes VOS DROITS**



**Achat/vente**  
Bon de commande • crédit  
• garanties légales **P. 9**

**Occasion**  
Contrôle technique  
• formalités • recours contre  
les vices cachés **P. 35**

**Réparations**  
Litiges avec le garagiste •  
obligations d'entretien **P. 59**

**Assurance**  
Contrats • bonus-malus  
• remboursements **P. 73**

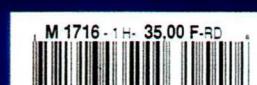
**Contraventions**  
Barèmes • permis à points  
• contrôles de police •  
contestations **P. 99**

**Accidents**  
Infractions • responsabilité  
• indemnisation **P. 113**

**Permis**  
Auto-école • conduite  
accompagnée **P. 121**

## LE GUIDE PRATIQUE DU CONDUCTEUR

Toutes les formalités ■ Comment contester ?  
■ Les avantages et les obligations à connaître ■  
Les conseils des juristes ■ 50 cas réels commentés



**En vente partout**

Depuis les premiers cas découverts aux Etats-Unis, en 1981, l'épidémie de sida est devenue un fléau qui traumatisé l'humanité.

Cette maladie sexuellement transmissible a bouleversé les rapports humains et frappe cruellement les continents les plus pauvres. Elle mobilise, à travers le monde, une armée de chercheurs et de médecins. Hélas, les résultats sont encore

bien modestes. Que sait-on de la maladie elle-même, du virus, de l'épidémie et de son évolution ? Quelle est l'efficacité des traitements ? Où en est la recherche ?

Un vaccin finira-t-il par voir le jour ? Le Pr Jean-Marie Andrieu, responsable de l'unité d'oncohématologie de l'hôpital Laennec, à Paris, fait le point sur l'état des connaissances.

PHOTO T. PETILLIOT/SIPA



PAR JEAN-MARIE ANDRIEU  
AVEC PHILIPPE CHAMBON

**1** Un mal qui répand la terreur p. 84

**2** L'avancée inexorable de l'infection p. 86

**3** Les méthodes de diagnostic progressent constamment p. 89

**4** L'épidémie frappe inégalement les continents p. 91

**5** Les traitements explorent toutes les pistes p. 93

**6** La meilleure arme demeure la prévention p. 98

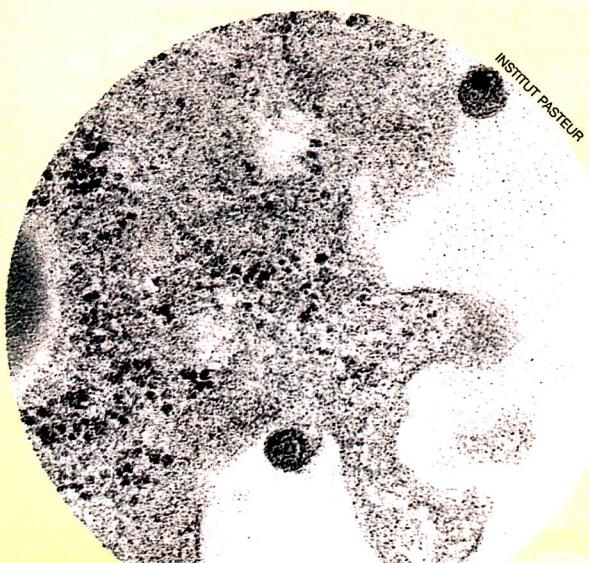
# Un mal qui répand la terreur

■ Vraisemblablement née en Afrique, l'épidémie se propage dès 1981 aux Etats-Unis et en Europe. Le scandale du sang contaminé éclate en 1985. Le virus profite des bouleversements socioculturels du monde moderne. ■

**E**n juin 1981, dans l'ouest des Etats-Unis, trois homosexuels meurent d'une infection pulmonaire provoquée par un parasite, *pneumocystis carinii*. Au cours des mois suivants, des tumeurs de la peau, appelées sarcomes de Kaposi, et des tumeurs des ganglions lymphatiques, appelées lymphomes, sont également observées aux Etats-Unis chez des homosexuels. Jusqu'alors, ce type d'infections et ces tumeurs ne se rencontraient que très exceptionnellement chez des receveurs de greffe soumis, pour éviter le rejet, à des traitements visant à inhiber profondément les fonctions de leur système immunitaire (1), particulièrement celles d'une catégorie de cellules jouant le rôle de "chefs d'orchestre" des défenses de l'organisme, les lymphocytes CD4 (ou T4).

## LA PREMIÈRE IMAGE DU VIRUS

Sous l'œil du microscope, le VIH (virus de l'immunodéficience humaine) pris en flagrant délit d'infection.



tionnellement chez des receveurs de greffe soumis, pour éviter le rejet, à des traitements visant à inhiber profondément les fonctions de leur système immunitaire (1), particulièrement celles d'une catégorie de cellules jouant le rôle de "chefs d'orchestre" des défenses de l'organisme, les lymphocytes CD4 (ou T4).

## Le mystérieux sida

Or, il s'avère rapidement que les défenses immunitaires des homosexuels américains chez lesquels ces infections et ces tumeurs ont été décelées sont profondément amoindries : le taux très bas des lymphocytes CD4 de leur sang en témoigne.

Dans le courant de 1982 et au début de 1983, le même type de maladies (dites opportunistes parce qu'elles se développent à la faveur d'une grave atteinte des défenses immunitaires, appelée immunosuppression) est observé aux Etats-Unis, puis en Europe, chez des toxicomanes qui partagent leur matériel d'injection et chez des transfusés. En Afrique subsaharienne, on trouve aussi ces maladies chez de jeunes adultes des deux sexes. Ces infections et ces tumeurs associées à une immunosuppression dite acquise (parce qu'elle n'est ni "naturelle" ni d'origine médicamenteuse) sont regroupées sous le nom de syndrome d'immunodéficience acquise, ou sida.

## L'identification du virus

Les caractéristiques des groupes humains les premiers touchés (homosexuels, toxicomanes, transfusés) laissent penser qu'il s'agit d'une épidémie débutante qui résulterait d'un nouvel agent pathogène. Cet agent, transmis par voie sexuelle ou sanguine, serait capable de détruire les défenses de l'organisme, visant surtout les lymphocytes CD4. Dès mai 1983, deux ans à peine après l'observation des premiers

cas de sida, le virus incriminé est découvert, à l'Institut Pasteur, par l'équipe du Pr Luc Montagnier (Drs Françoise Barré-Sinoussi, Jean-Claude Chermann et leurs collègues). En 1984, l'équipe du Pr Robert Gallo, de l'institut national du cancer américain, confirme cette découverte. D'un commun accord (mais après bien des discussions orageuses), le virus observé par les deux équipes est appelé virus de l'immunodéficience humaine (VIH). Une autre équipe française (Dr David Klatzmann et ses collègues) démontre ensuite que c'est justement aux lymphocytes CD4 que le VIH s'attaque préférentiellement.

## Transfusion et sang contaminé

Dès la fin de 1984, on constate que les personnes souffrant du sida ont dans leur sang des anticorps contre le VIH. Mais on observe aussi que de nombreuses personnes, homosexuelles, toxicomanes ou transfusées, possèdent les mêmes anticorps contre le VIH sans avoir le sida. Cette observation conduit, en 1985, à la mise au point d'un test réalisable en quelques heures sur un échantillon de sang. Les personnes qui ont ces anticorps contre le VIH sont dites séropositives. A l'époque, beaucoup espèrent – à tort – que la plupart de ces séropositifs sont capables, grâce à leurs anticorps, d'éliminer le VIH, ce qui impliquerait qu'ils ont perdu la capacité de transmettre le VIH. Malheureusement, il est bientôt établi que le sang et les produits issus du sang (tels que les facteurs de coagulation qu'on donne aux hémophiles) de ces séropositifs sont infectieux et capables de transmettre le virus malgré la présence des anticorps anti-VIH. Cette mauvaise évaluation d'une grande partie du monde médical conduit aux drames du sang contaminé. De 1979 jusqu'en août 1985, environ 7 000 personnes, dont plus de 1 000 hémophiles qui ont reçu du sang (ou des dérivés du sang) de séropositifs, seront infectés par le VIH.

A partir de 1986, le pourcentage croissant de séropositifs évoluant vers le sida conduit à penser que la destruction progressive des cellules CD4 (à des vitesses variables selon les individus) est à l'œuvre chez tous les séropositifs.



A. REININGER/CONTACT

## SYMBOLE DU DÉSESPOIR DES SIDÉENS

La photo de Ken Meeks, l'un des premiers malades du sida à San Francisco, a fait le tour du monde.

## Un virus nouveau pour un monde en mutation

Les prélèvements effectués dans diverses régions du monde suggèrent que l'épidémie s'est initialement développée, à la fin des années 70, à partir d'un foyer africain. La ressemblance du virus du sida de l'homme avec celui du sida du singe laisse supposer que le virus humain est un variant d'un virus simien ayant acquis la capacité d'infecter des cellules humaines à l'occasion des nombreux contacts entre les singes et l'homme en Afrique (vian de boucherie, notamment).

La croissance rapide de l'épidémie résulte de l'établissement de chaînes de transmission sexuelle et sanguine rendues possibles par les modifications rapides des techniques et des comportements humains : bouleversement des structures sociales traditionnelles, multipartenariat hétérosexuel et prostitution citadine, en Afrique ; homosexualité masculine à partenaires multiples et toxicomanie par voie intraveineuse, aux Etats-Unis et en Europe. A ces deux facteurs de transmission, il faut encore ajouter le développement des transports aériens intercontinentaux, qui multiplient le brassage des populations. ■

(1) Ensemble des défenses naturelles de l'organisme contre ce qui lui est étranger.

# *L'avancée inexorable de l'infection*

## ● *La contamination passe inaperçue*

Après la contamination, le virus se multiplie librement dans l'organisme pendant trois à douze semaines, jusqu'à ce qu'apparaissent des anticorps dirigés contre le VIH (on parle de séroconversion). Durant cette courte période, les sécrétions sexuelles et le sang des personnes infectées sont particulièrement contaminants.

Le plus souvent, la séroconversion passe complètement inaperçue. Elle peut aussi provoquer une sorte de forte grippe, généralement de courte durée. Commence ensuite une phase de deux à quinze ans ou plus, dépourvue de tout symptôme, pendant laquelle le VIH détruit progressivement et en silence le stock de lymphocytes CD4. Le sida survient lorsque cette destruction est presque totale. Il est parfois précédé de symptômes tels que fatigue extrême, amaigrissement progressif, fièvre, diarrhée, sueurs profuses, regroupés sous le terme d'ARC (AIDS Related Complex) (1).

## ● *Les symptômes du sida*

Le sida est l'ensemble des manifestations cliniques qui surviennent lorsque la dégradation du système immunitaire est extrême. Le taux des lymphocytes CD4 dans le sang est alors presque toujours inférieur à 200, et bien souvent à 100, par microlitre ( $10^{-6} l$ ), alors que, chez une personne non infectée, il se situe autour de 900/microlitre.

Les manifestations sont de quatre types :

(1) AIDS est la version anglaise de sida.

■ **Dans la phase, de deux à quinze ans, qui suit la contamination, le virus détruit en silence les défenses immunitaires. Alors surgit le sida, et ses terribles complications.** ■

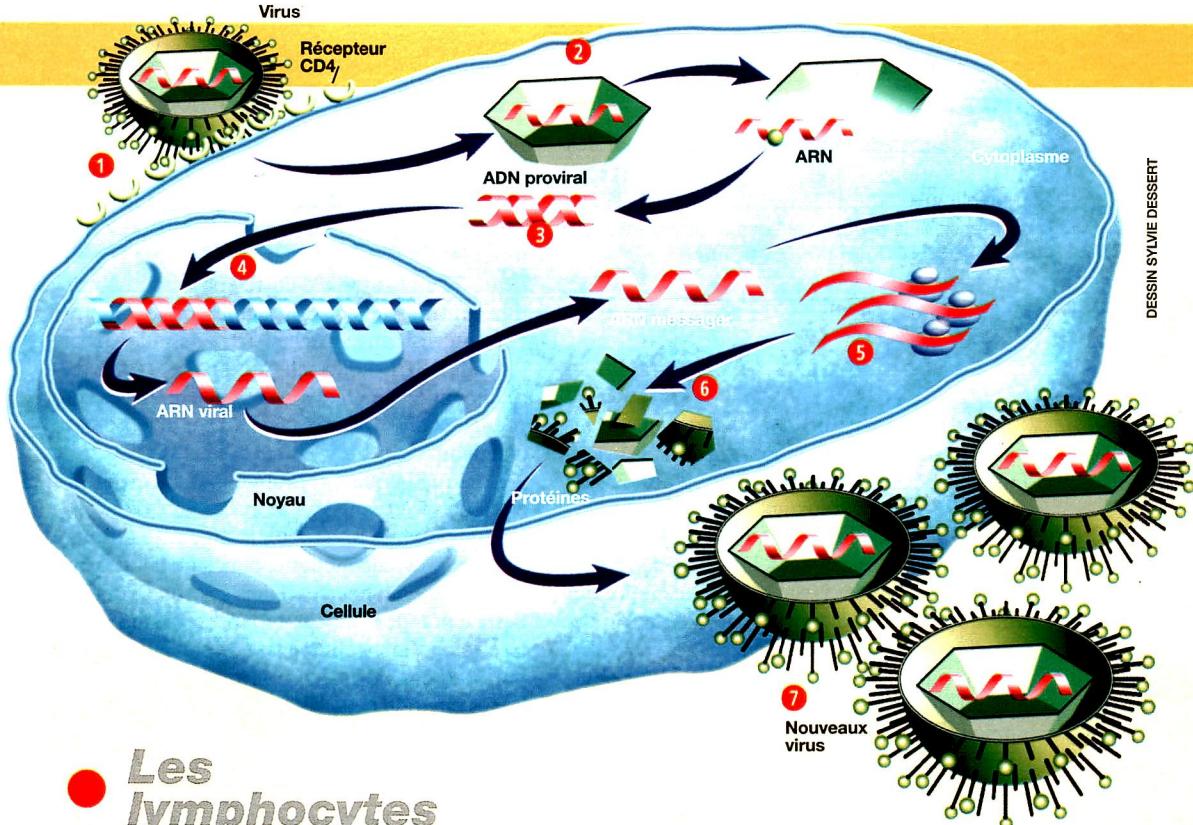
**1. Les infections de type opportuniste** sont le fait de différents micro-organismes (voir tableau page suivante). Leur évolution ou leur répétition conduit le plus souvent à la mort, en dépit de l'administration d'antibiotiques.

**2. Le sarcome de Kaposi** est une prolifération des cellules de la paroi des vaisseaux sanguins, qui constitue une sorte de cancer. Il touche la peau, les muqueuses et, plus rarement, les viscères. Son évolution n'est pas nécessairement fatale.

**3. Les lymphomes** sont une autre forme de cancer. Ils atteignent certains types de cellules (les lymphocytes B) appartenant au système immunitaire lui-même. Ils se manifestent sous la forme de tumeurs ganglionnaires, mais peuvent aussi se développer dans différents viscères, tels que la moelle, le foie, la rate et le système nerveux. Leur évolution est souvent fatale, malgré l'emploi des chimiothérapies.

**4. Les troubles neurologiques** sévères constituent une autre forme de sida. Ils sont à l'origine d'une dégradation rapide des facultés intellectuelles et des fonctions vitales.

Un même patient peut être victime successivement de plusieurs formes de sida, mais les infections opportunistes sont, de très loin, les plus fréquentes. Depuis peu, dans les pays développés, on considère qu'une personne est atteinte du sida dès qu'elle a moins de 200 lymphocytes CD4 par microlitre de sang, même si elle est en pleine forme.



DESSIN SYLVIE DESSERT

## ● Les lymphocytes CD4, cible du VIH

Une fois qu'il est entré dans l'organisme, et après s'être attaché aux cellules cibles initiales (lymphocytes CD4, monocytes ou cellules de Langerhans selon le type d'épidémie) et s'y être répliqué, le VIH pénètre dans les organes lymphoïdes centraux (ganglions, rate, etc.). Lorsque les CD4 de ces organes ne sont stimulés par aucun agent pathogène, le VIH peut les investir mais ne s'y multiplie pas. En revanche, quand, en réponse à la stimulation d'un quelconque agent pathogène de passage, les lymphocytes CD4 se préparent à se multiplier (on dit qu'ils sont activés), le VIH y pénètre mieux et s'y multiplie rapidement, jusqu'à provoquer l'autodestruction des CD4 par une sorte de suicide biologique appelé apoptose.

Avant de succomber, un seul CD4 activé et infecté produit environ 10 000 virus. La majorité de ces nouveaux virus sont mal formés et n'ont pas de pouvoir infectieux. Ils constituent cependant un ensemble de protéines étrangères à l'organisme, capables d'activer fortement les lymphocytes CD4 alentour, ce qui permet à la petite minorité de virus infectieux d'y pénétrer facilement et de s'y multiplier à son tour. Ainsi, plus il y a de lymphocytes activés, plus ils sont nombreux à être infectés, plus ils meurent par apoptose, après avoir engendré de grandes quantités de virus.

Cette phase de primo-infection se traduit par une diminution du taux de CD4 et, se- ■■■

## COMMENT LE VIRUS SE MULTIPLIE

Une fois que le virus s'est attaché à une cellule (lymphocyte CD4 ou cellule de Langherans) ① et qu'il a pénétré dans le cytoplasme de celle-ci ②, son patrimoine génétique, formé d'ARN, est transcrit en ADN (dit ici ADN proviral) ③. C'est une enzyme fournie par le virus lui-même, la transcriptase inverse, qui se charge de cette opération. L'ADN proviral parvient alors dans le noyau de la cellule, où il s'intègre à ses chromosomes ④. Une fois intégré, l'ADN proviral est considéré par la cellule comme un ensemble de gènes normaux. Il sera à l'origine de la fabrication de milliers de copies d'ARN viral. A partir de certains de ces ARN, les ARN messagers, la cellule synthétise les différentes protéines du virus ⑤. Ces éléments s'assemblent ensuite ⑥ pour donner un virus complet. A ce stade, celui-ci n'est pas encore infectieux ⑦. Il ne le deviendra qu'après l'intervention d'une autre enzyme virale, la protéase (non représentée) : elle va élaguer une partie d'une très grosse protéine de la coque du virus. Parmi les milliers de virus que produit une cellule infectée, seule une minorité est infectieuse. En effet, la mécanique complexe de la réplication virale a beaucoup de ratés et la majorité des virus sont mal formés ou incomplets.

■ ■ ■ ■ ■ lon l'intensité de la production virale, par des manifestations bénignes. Il arrive, très exceptionnellement, que la baisse du taux de CD4 soit si intense et si brutale que des infections opportunistes se produisent durant cette phase.

## Le mystère des CD8

Dès son apparition dans les organes lymphoïdes, le virus peut activer (mais sans les infecter) une autre catégorie de lymphocytes, appelés CD8 ou cytotoxiques-suppresseurs.

Dans une infection classique comme la grippe, ces CD8 interviendraient à la fois en détruisant les cellules infectées avant qu'elles aient produit une quantité importante de virus (action cytotoxique) et en freinant l'activation des CD4 (action suppressive). Ce phénomène joue peut-être un rôle dans l'arrêt progressif de la réponse immunitaire à l'infection aiguë.

En fait, on ne connaît pas exactement le rôle des CD8 au cours de l'infection par le VIH. Certains estiment qu'il est globalement favorable, c'est-à-dire qu'il permet de limiter l'importance de la multiplication virale en tuant les CD4 infectés. D'autres (dont nous sommes) pensent, au contraire, qu'ils ont une action globalement défavorable sur le maintien du stock de CD4 chez les personnes infectées.

## L'échec des anticorps

Une autre catégorie de lymphocytes intervient au cours de l'infection par le VIH : les lymphocytes B. Non infectés par le virus, ils sont cependant fortement activés par les protéines du VIH.

Ils se multiplient donc et se transforment en plasmocytes, cellules sécrétant des anticorps qui se répandent dans la circulation sanguine et les organes lymphoïdes. Ils ont la propriété de se lier fortement et spécifiquement à telle ou telle partie du virus. Certains d'entre eux, les anticorps dits neutralisants, anihilent le pouvoir infectieux du virus en empêchant sa pénétration dans les cellules CD4. Par ailleurs, une catégorie de cellules immunitaires, appelées macrophages, reconnaît et digère les virus piégés par divers types d'anticorps.

Lorsque la quasi-totalité des virus produits est neutralisée par les anticorps, la faible concentration de virus infectieux n'engendre qu'une production virale modeste, donc une faible activation des lymphocytes. Dans ces conditions, la destruction des CD4 par apoptose reste faible. Elle est aisément compensée, et sur une longue période, par la production des lymphocytes. L'état clinique peut ainsi rester excellent, pendant près de quinze ans, voire plus.

Mais il arrive un moment où, les cellules B n'étant plus à même de produire des anticorps anti-VIH, la multiplication virale s'accroît, ainsi que la destruction lymphocytaire. Or, celle-ci n'est plus contrebalancée par une production suffisante. En effet, le potentiel des organes lymphoïdes n'est pas infini. Une fois le stock de CD4 épuisé, les différentes formes d'infections et de tumeurs caractéristiques du sida apparaissent.

Chez certains patients, une telle évolution peut survenir très rapidement (trois ans ou même moins) après la contamination. C'est le cas lorsqu'il n'y a que peu (ou pas) de production d'anticorps neutralisants pendant la phase de primo-infection. En outre, plus la production de virus (infectieux et non infectieux) est importante, plus les mutations du virus sont fréquentes et moins les anticorps anti-VIH sont capables de neutraliser les virus mutés.

Actuellement, nos travaux et ceux d'autres groupes suggèrent que l'absence initiale ou la perte des anticorps neutralisant le VIH est probablement à l'origine de la multiplication rapide du virus dans les organes lymphoïdes et de la disparition rapide du stock de lymphocytes CD4. Reste à comprendre pourquoi la production initiale d'anticorps est plus ou moins importante selon les patients et pourquoi elle cesse plus ou moins rapidement.

Cependant, de nombreux chercheurs estiment toujours que le rôle des anticorps anti-VIH est marginal et que ce sont les CD8 qui jouent un rôle prépondérant dans le maintien ou, au contraire, dans la dégradation rapide du stock de CD4. ■

## LES INFECTIONS OPPORTUNISTES

GERME	LOCALISATION
<i>Pneumocystis carinii</i>	Poumons
<i>Candida albicans</i>	Cavité buccale, œsophage, tube digestif...
Toxoplasme	Cerveau
Cytomégalovirus	Rétine, poumons, tube digestif
Bacille de Koch et mycobactéries	Poumons, moelle osseuse...
Cryptocoque	Méninges
<i>Cryptosporidium</i>	Canaux biliaires et intestin

# Les méthodes de diagnostic progressent constamment

■ On comprend de mieux en mieux le processus de l'infection. Grâce à une batterie de tests toujours plus précis, on peut adapter le traitement à chaque malade. ■

## Le verdict du sérodiagnostic

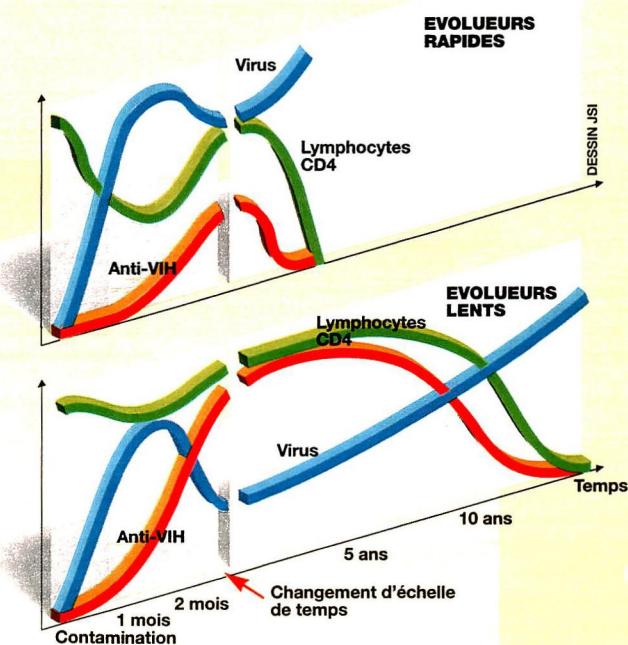
Dans tous les laboratoires d'analyse médicale, à partir de quelques gouttes de sérum sanguin, on peut mettre en évidence la présence ou l'absence d'anticorps contre le VIH. Les sérodiagnostics actuels détectent les anticorps peu de temps après leur apparition (de trois à huit

semaines après la contamination). Un sérodiagnostic négatif signifie soit que la personne n'est pas infectée par le VIH, soit qu'elle se trouve encore dans la "fenêtre de séroconversion", c'est-à-dire à un moment où la concentration de virus est déjà élevée mais où les anticorps anti-VIH ne sont pas encore mesurables.

Un sérodiagnostic positif doit toujours être confirmé par une méthode plus fine (le Western Blot), qui permet d'identifier chacun des anticorps fabriqués par l'organisme contre chacune des principales protéines du virus. ■■■

## DEUX SCÉNARIOS EXTRÉMES

EN VERT : l'évolution du taux de lymphocytes CD4 ;  
EN BLEU : celle de la concentration de virus ;  
EN ROUGE : l'évolution de la concentration d'anticorps anti-VIH dans le sang.  
Ces courbes montrent, notamment, que moins il y a d'anticorps, plus le virus se multiplie dans le sang. On voit aussi clairement que plus le virus est produit en grande quantité au moment où les anticorps apparaissent, plus l'effondrement du système immunitaire (lymphocytes CD4) est rapide.



## La quantification du virus

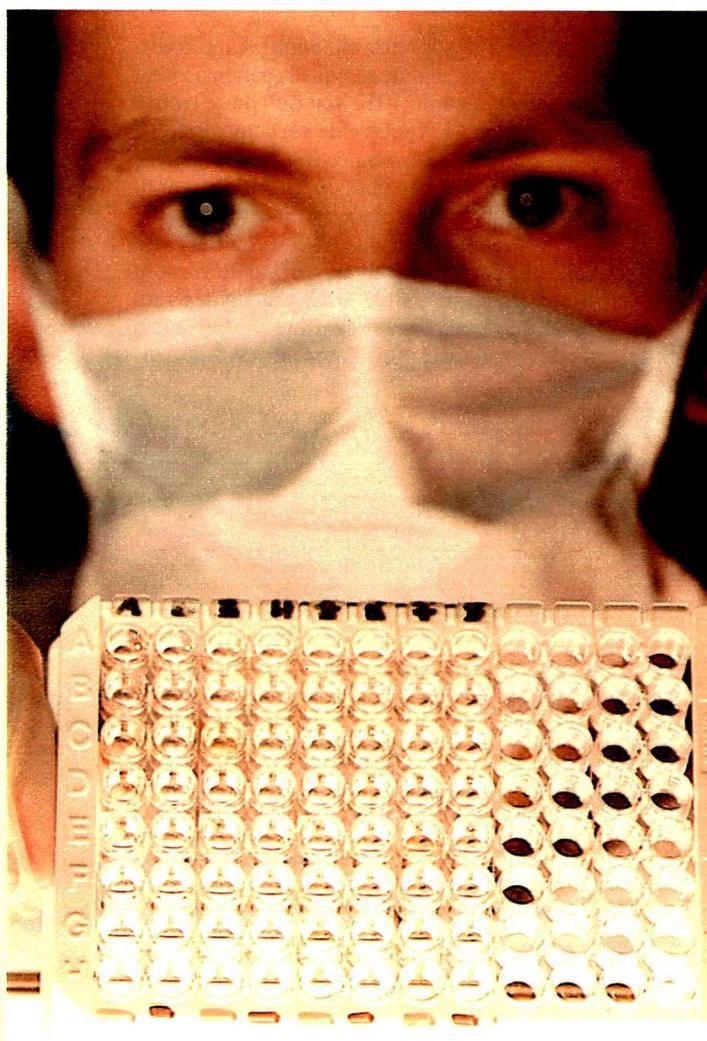
Plusieurs méthodes de quantification du VIH ont été mises au point à partir de la fin des années 80. On sait mesurer la concentration dans le sang des lymphocytes CD4 infectés, de même que la concentration de virus infectieux circulant dans le plasma. Ces méthodes ont été développées pour mieux comprendre la pathogénie de l'infection. Elles ne sont pas utilisables dans un laboratoire de biologie médicale de ville. On attend dans les mois prochains des méthodes plus accessibles qui permettent d'évaluer la concentration de virus total (infectieux, mal formé ou neutralisé) dans le

plasma. Cette mesure, associée à celle de la concentration des CD4 du sang et à d'autres paramètres, aide à prédire assez convenablement l'évolution de l'infection chez le patient.

Elle permet surtout de bien évaluer l'efficacité des traitements antirétroviraux. La mesure de la concentration virale (on dit charge virale) est également utile pour dépister les nouveau-nés infectés. En effet, tout bébé né d'une mère porteuse du virus possède des anticorps contre le VIH qui lui ont été transmis par le sang maternel, ce qui ne signifie pas que le nouveau-né soit infecté lui-même. En revanche, la découverte répétée du virus à plusieurs semaines d'intervalle permet d'affirmer que l'enfant lui-même produit le VIH et qu'il est donc infecté.

Une autre application de la quantification virale verra probablement le jour lorsque la technologie aura suffisamment progressé pour qu'on puisse effectuer rapidement cette mesure. En complément du sérodiagnostic, ce virodiagnostic permettra d'écartier du don du sang les quelques personnes qui sont dans la fenêtre de séroconversion. Ces individus au sérodiagnostic négatif, contaminés une ou deux semaines plus tôt, sont porteurs d'un grand nombre de virus infectieux.

Dans les pays occidentaux, on évalue à 2 par million les dons viropositifs mais séronégatifs (donc indécelables par les méthodes actuelles). Sachant que 3 millions de personnes donnent leur sang en France, 6 dons du sang par an contaminent des personnes transfusées. Une fois le virodiagnostic mis en place, la transfusion deviendra totalement sûre. ■



PLAILLY/VERÉLIOS

## DÉPISTAGE PAR LE TEST ELISA

**Le test le plus répandu permet de déceler les anticorps anti-VIH, preuve indirecte de la présence du virus. Ces anticorps apparaissant plusieurs semaines après la contamination, un test négatif n'apporte pas de certitude. Un test positif, lui, doit être confirmé par d'autres examens.**

# L'épidémie frappe inégalement les continents

■ Alors que la maladie décroît lentement aux Etats-Unis et en Europe, elle progresse de façon alarmante en Afrique et en Asie. ■

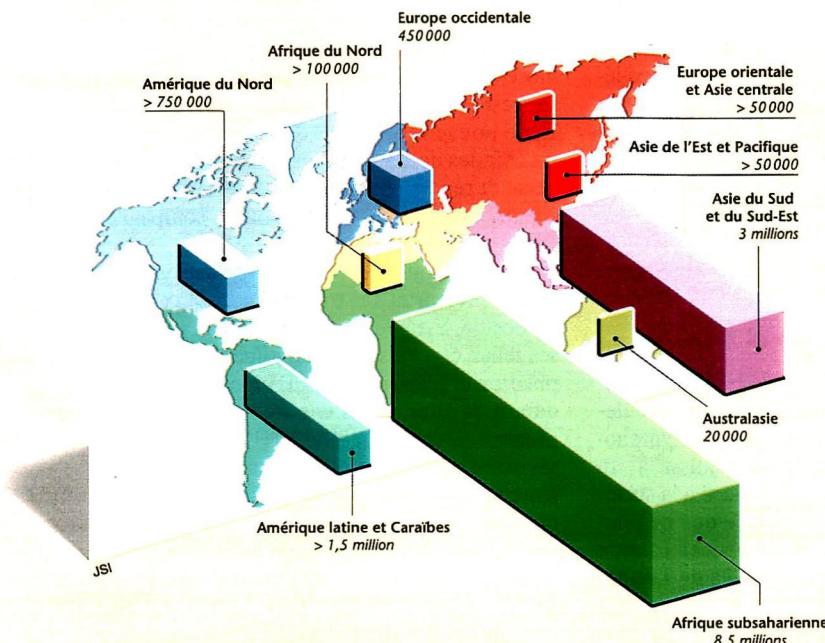
## ● Les trois modes de transmission

On sait depuis dix ans que le VIH s'attache à une protéine, nommée CD4, portée par la surface des lymphocytes CD4 et d'autres cellules immunitaires, les monocytes. Après s'être fixé au

récepteur CD4, le VIH pénètre dans ces cellules et s'y multiplie. Les lymphocytes CD4 et les monocytes existent normalement dans les ganglions lymphatiques, mais sont également présents dans les muqueuses lésées par une infection ou par un traumatisme. L'infection par le VIH sévissant en Europe et aux Etats-Unis se transmet ainsi :

1. Chez les usagers de drogue intraveineuse (UDIV) et chez les transfusés, le VIH passe directement dans le sang et parvient dans un ganglion proche du point de piqûre. Il y trouve des lymphocytes CD4 et des monocytes, au sein desquels se déroulent ses premiers cycles de réplication, avant l'invasion de l'ensemble du système immunitaire.

■ ■ ■



## L'ÉPIDÉMIE À TRAVERS LE MONDE

Cette carte, établie sur des estimations de l'Organisation mondiale de la santé, montre la répartition des adultes contaminés à la mi-1995 : ils seraient entre 14 et 15 millions dans le monde. Ce chiffre est très approximatif, étant donné le fort décalage entre la réalité de l'épidémie et les déclarations officielles, en particulier dans les pays au système sanitaire défaillant. Le drame qui se joue en Afrique est patent, ainsi que le développement considérable de l'épidémie en Asie du Sud-Est.



## LA TRAGÉDIE AFRICaine

**Le sida est mal compris par les populations africaines, les moyens de dépistage et de traitement font défaut, les politiques de prévention sont mal évaluées, la maladie ne cesse de se répandre.**

■ ■ ■ 2. Chez les homosexuels, l'infection résulte de la rencontre, au niveau du rectum lésé, du VIH et des lymphocytes CD4 ou des monocytes.

3. La transmission hétérosexuelle, elle, survient chez les personnes dont le vagin ou le prépuce sont lésés, ce qui permet au VIH d'entrer en contact avec les CD4 et les monocytes. Ces lésions des organes sexuels étant rares dans les pays développés, l'épidémie euro-américaine (dite de type 1, associée au VIH de sous-type B) s'est développée majoritairement chez les homosexuels, les drogués et les transfusés.

### Les deux types de virus

On a appris récemment que les virus sévissant en Afrique et en Asie peuvent non seulement s'attacher au récepteur CD4 des lymphocytes et des monocytes, mais aussi à un récepteur encore non identifié placé à la surface des cellules de Langerhans, ce que ne peut faire le virus de sous-type B qui sévit en Europe et aux Etats-Unis. Or les cellules de Langerhans sont des cellules immunitaires qui participent à la protection de la peau et des mu-

queuses sexuelles (le vagin, le prépuce, mais pas le rectum). Ces cellules se trouvent en grande concentration à la surface de ces muqueuses lorsqu'elles sont saines, et sont probablement encore plus nombreuses lorsque les muqueuses sont lésées. On comprend dès lors le développement très rapide de l'épidémie au sein des populations hétérosexuelles d'Afrique et d'Asie, où sévit ce type de VIH. Cette épidémie afro-asiatique (dite de type 2) est associée aux VIH des sous-types A, C, D et E.

Si l'on considère, ce qui est probable, que l'épidémie a commencé en Afrique (et qu'à l'origine elle était donc de sous-type A ou C, mais pas B), il faut admettre que la transmission de ce type de virus à de très nombreuses personnes par voie sanguine ou rectale lui a fait perdre ses capacités de réplication dans les cellules de Langerhans. Il ne conserve que ses possibilités d'attachement au récepteur CD4, se transformant ainsi en sous-type B. Inversement, ce sous-type B, parvenu en Extrême-Orient (Inde et Thaïlande) par l'intermédiaire d'homosexuels et d'usagers de drogue intraveineuse, s'est retrouvé en sous-types A, C, D ou E, de nouveau capables de se multiplier dans les cellules de Langerhans, après passage successif et répété chez des prostituées, chez leurs clients, puis chez les épouses ou les compagnes de ces derniers.

Ces observations et ces interprétations sont largement le fruit des travaux du Pr Max Essex, de Boston. L'étude des relations entre pratiques sexuelles, état de santé ou d'infection d'une population et tropisme des VIH n'en est qu'à son début, et nous avons encore beaucoup à apprendre. L'épidémie due au VIH de sous-type B sévissant en Europe et aux Etats-Unis décroît lentement, en raison des modifications des pratiques des deux principaux groupes à risque. En revanche, l'épidémie hétérosexuelle par VIH de sous-type A, C, D ou E marque une croissance rapide et très inquiétante en Afrique et, plus récemment, en Asie. ■

# Les traitements explorent toutes les pistes

■ Les chercheurs ne baissent pas les bras. De leurs travaux naissent chaque jour des traitements qui finiront bien par être pleinement efficaces.



Il existe deux types de traitements : d'une part, ceux qui visent à soigner ou à prévenir les infections opportunistes et les tumeurs du sida sans agir sur la production virale ou la situation immunitaire ; d'autre part, les traitements qui cherchent à préserver ce qui reste du stock de lymphocytes CD4.

## ● La lutte contre les infections opportunistes

Les différents traitements contre les infections opportunistes provoquées par l'effondrement du

système immunitaire étaient initialement prescrits à titre curatif. Aujourd'hui, ils sont de plus en plus utilisés à titre prophylactique, c'est-à-dire préventif. Mais, leurs effets secondaires et leurs toxicités respectives s'additionnant, ils ne peuvent en général être administrés en même temps à long terme. Du coup, ils ne parviennent pas à enrayer définitivement les infections opportunistes. Cependant, ils prolongent la vie d'une ou deux années, peut-être davantage, s'ils sont prodigués à bon escient.

Lorsque le sarcome de Kaposi est localisé à la peau, le traitement peut nécessiter chirurgie, radiothérapie ou cryothérapie (traitement par l'application de froid, utilisant l'azote liquide, à

■■■ – 195,8 °C). La chimiothérapie antitumorale peut devenir indispensable lorsque le sarcome de Kaposi a de très nombreuses localisations. Le traitement des lymphomes fait, lui aussi, appel aux chimiothérapies et éventuellement à la radiothérapie. Même dans le cas où ces tumeurs sont maîtrisées, les patients sont emportés dans les mois ou les années qui suivent par les infections opportunistes.

## ● *La guérilla antivirale*

Les antiviraux sont des molécules qui interviennent en divers points du cycle de réplication du VIH dans ses cellules cibles (lymphocytes CD4 essentiellement). Ils peuvent agir sur deux enzymes clés du virus.

**1. La transcriptase inverse** transcrit l'ARN (acide ribonucléique) viral en ADN (acide désoxyribonucléique). Celui-ci est ensuite capable de s'intégrer au génome de la cellule infectée.

**2. La protéase** intervient dans la dernière étape de maturation des nouveaux virus produits par la cellule infectée.

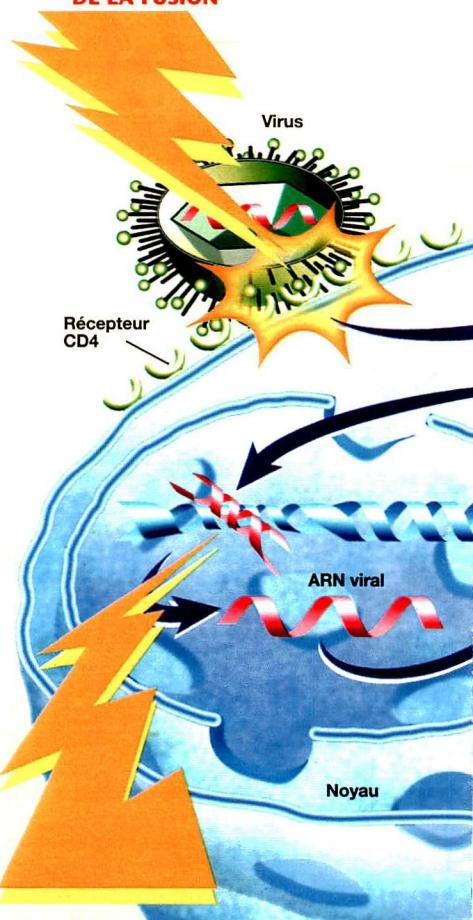
La transcriptase inverse peut être inhibée par des substances chimiques telles que l'AZT (Rétrovir), le DDC (Hivid), le 3TC, le D4T et le DDI (Videx), ce dernier semblant être le plus puissant.

La protéase peut, elle aussi, être inhibée par des antiprotéases actuellement produites par trois firmes (Hoffmann-La Roche ; Merck, Sharp et Dohme ; et Abbott, qui fournit probablement l'antiprotéase la plus active).

Très schématiquement, chacune de ces molécules est à l'origine d'une baisse de la production du virus (la diminution de sa concentration dans le sang est observable dans la semaine qui suit le début du traitement). Moins de dix jours après l'administration du médicament, cette diminution entraîne un ralentissement de la destruction des lymphocytes CD4 (l'augmentation du taux de CD4 du sang est plus ou moins vive selon l'importance de leur stock résiduel).

L'administration de plusieurs molécules à la fois est nettement plus efficace que l'administration d'une seule. La combinaison actuellement la plus utilisée est AZT + DDI. Les associations en cours d'expérimentation sont AZT + DDI + antiprotéase et AZT + DDI + 3TC. Confrontés à ces molécules, les cliniciens rencontrent deux graves problèmes. Le premier résulte du fait que le virus devient résistant à l'une et/ou à l'autre de ces molécules dans un

### ① INHIBITEURS DE LA FUSION



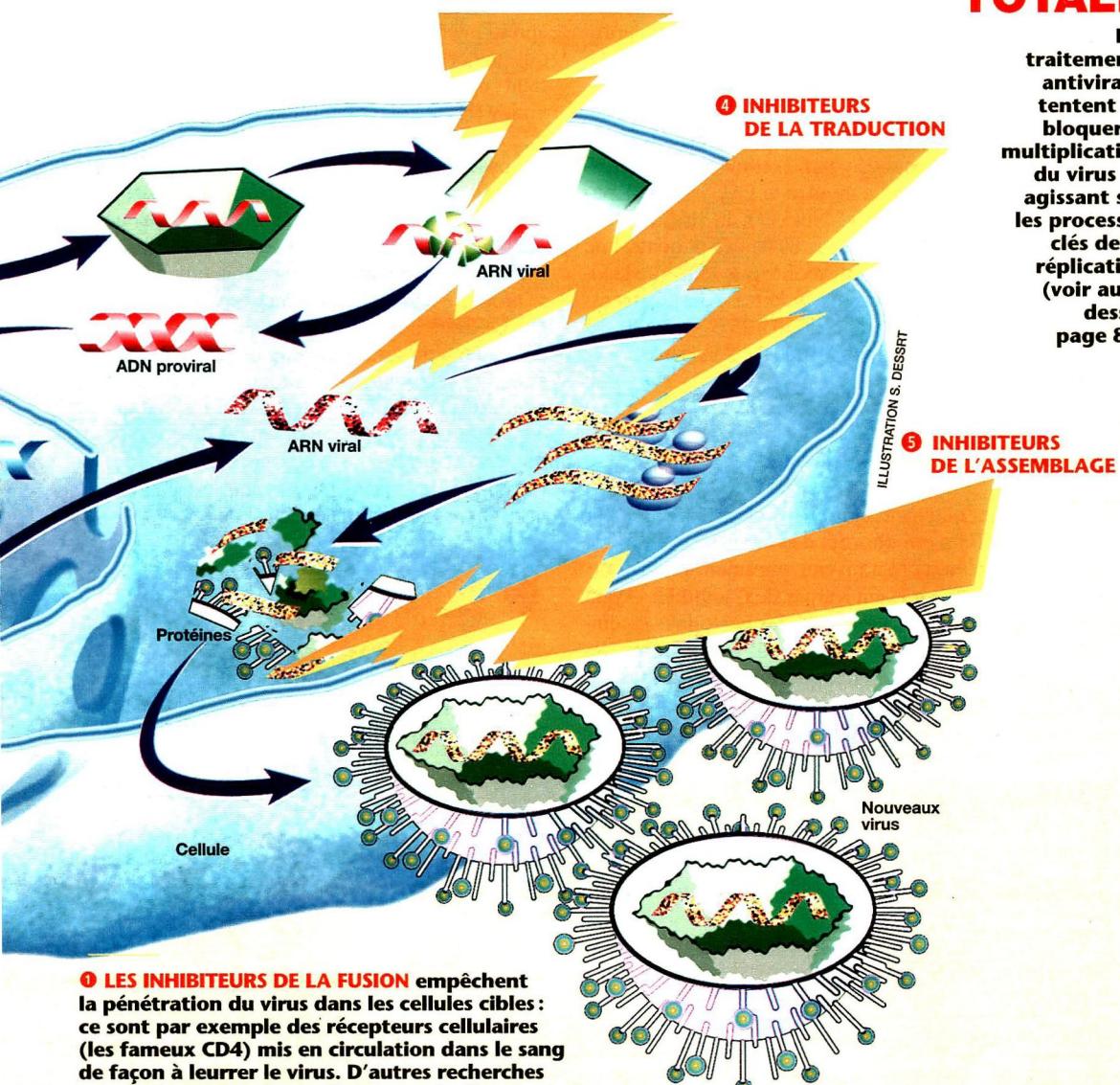
### ③ INHIBITEURS DE L'INTÉGRASE

délai d'à peine quelques mois. Le second problème est lié à la toxicité de chacune de ces molécules, toxicité accrue par l'association de plusieurs d'entre elles.

On peut considérer que l'efficacité antivirale de l'AZT ne dépasse pas de six à neuf mois et celle du DDI, de neuf à douze mois. L'association AZT-DDI a une efficacité d'un an et demi à deux ans. On espère que l'efficacité des triples associations sera de plus longue durée. Ces molécules, isolées ou associées, ont été jusqu'à présent prescrites dans deux types de situation. Chez les patients au système immunitaire déjà très altéré (sur le point de développer le sida ou l'ayant déjà), elles peuvent maintenir le stock résiduel des CD4 et prolonger la vie. Chez les personnes infectées qui ont encore un stock conséquent de CD4 (de 200 à 500 par micro-

# LA GUERRE TOTALE

Les traitements antiviraux tentent de bloquer la multiplication du virus en agissant sur les processus clés de sa réplication (voir aussi dessin page 87)



**1 LES INHIBITEURS DE LA FUSION** empêchent la pénétration du virus dans les cellules cibles : ce sont par exemple des récepteurs cellulaires (les fameux CD4) mis en circulation dans le sang de façon à leurrer le virus. D'autres recherches mettent au point des anticorps neutralisants ou des substances qui occupent les CD4 cellulaires de façon que le virus ne puisse plus s'y fixer.

**2 LES INHIBITEURS DE LA TRANSCRIPTASE INVERSE** empêchent la transcription de l'ARN viral en ADN proviral par la transcriptase inverse. Certains, comme l'AZT, le DDI, le DDC et le 3TC, sont des analogues nucléosidiques, c'est-à-dire des molécules qui ressemblent à des éléments d'ADN mais entravent le bon déroulement de la transcription.

**3 LES INHIBITEURS DE L'INTÉGRASE**, en cours d'expérimentation, visent à bloquer l'action des enzymes chargées d'intégrer l'ADN proviral à l'ADN des chromosomes de la cellule cible.

**4 LES INHIBITEURS DE LA TRADUCTION** s'attaquent à la traduction des ARN viraux (issus de l'ADN proviral intégré dans les chromosomes) en protéines. L'interféron joue ce rôle, ainsi que des molécules qui neutralisent des protéines de régulation du virus (appelées TAT et REV). Une nouvelle piste de recherche utilise des morceaux d'ARN de synthèse qui viennent se coller sur les ARN viraux et bloquent ainsi leur traduction.

**5 LES INHIBITEURS DE L'ASSEMBLAGE** peuvent déformer les protéines virales, les rendant incompatibles entre elles. Parmi ces substances, les antiprotéases neutralisent une enzyme virale, la protéase, chargée de la dernière étape de la maturation des virus fraîchement assemblés.

■ ■ ■ litre de sang), l'AZT seul n'est pas capable de prolonger significativement la vie. En revanche, la combinaison AZT-DDI (base du traitement actuel) retarde le sida et la mort.

L'AZT, même seul, est cependant efficace pour lutter contre la transmission du virus d'une mère infectée à son fœtus. Deux tiers des transmissions ayant lieu pendant l'accouchement et un tiers au cours du dernier trimestre de la grossesse (comme l'a montré le Pr Christine Rouzioux, de l'hôpital Necker), la prescription d'AZT provoque, chez 80 % des patients, une baisse de la concentration virale telle que le virus n'est pas transmis au fœtus. Ainsi, la transmission mère-enfant (de 20 à 25 % des cas, sans traitement) est limitée à de 5 à 8 % des cas.

### La voie des anticorps

Le traitement antirétroviral de l'infection par le VIH a été abordé, dès 1985, sous un angle complètement nouveau, purement biologique, par le Pr Abraham Karpas, de Cambridge. Ayant constaté que la majorité des personnes récemment infectées avaient des taux d'anticorps élevés contre le VIH et que, au contraire, les patients dont l'infection était très avancée n'avaient plus d'anticorps anti-VIH, Karpas a transfusé

du plasma riche en anticorps des premiers aux seconds, qui en étaient dépourvus. Résultat : la concentration virale des receveurs diminuait après l'injection de plasma riche en anticorps, ce qui suggère que le sida est retardé chez les patients ayant reçu du plasma riche en anticorps anti-VIH. D'autres chercheurs ont démontré que ce type de traitement maintient quelque temps le stock résiduel de CD4 des personnes déjà très avancées dans l'infection. Malheureusement, une telle intervention thérapeutique ne paraît pas envisageable à grande échelle.

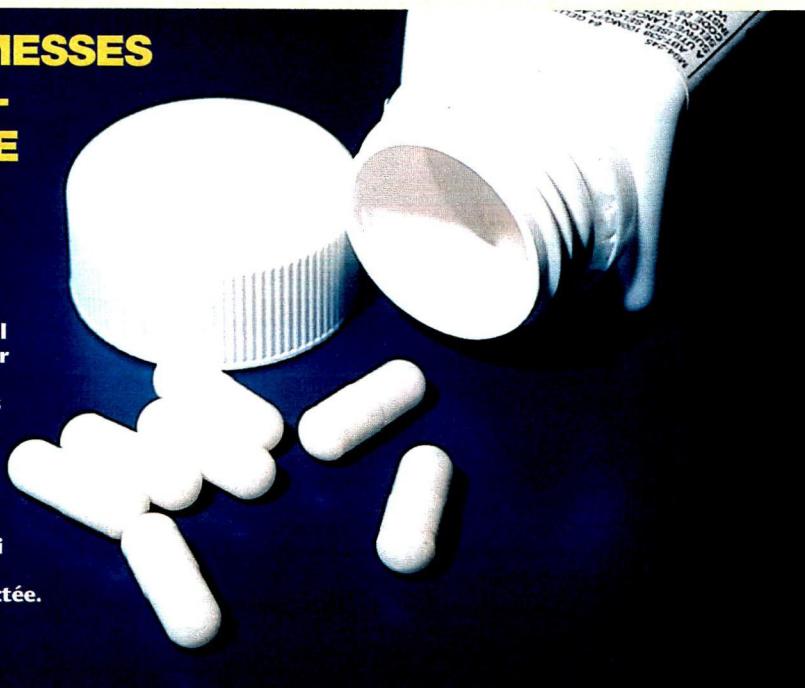
Il n'est cependant pas impossible qu'on puisse produire un jour des anticorps anti-VIH *in vitro*. Le traitement consisterait alors à injecter à des patients au stock immunitaire peu altéré des anticorps adéquats. Un traitement qu'il faudra administrer régulièrement et à vie. Il s'agit encore de médecine-fiction, d'autant que ce type de recherche, très onéreux, n'intéresse pour l'instant ni les firmes pharmaceutiques ni nos institutions nationales de recherche.

### L'espoir de la cortisone

A l'hôpital Laennec, nous avons développé ces dernières années une troisième voie de recherche thérapeutique. Nous avons en effet dé-

## LES PROMESSES DE L'ANTI-PROTÉASE

Derniers-nés des médicaments antiviraux, les antiprotéases semblent plus efficaces que les autres traitements. Il est probable que leur association à des antiviraux classiques donnera de meilleurs résultats. Toutefois, rien ne permet de dire aujourd'hui qu'on pourra éliminer ainsi la totalité du virus d'une personne infectée.



couvert que le cortisol, une hormone humaine naturelle, et ses dérivés synthétiques, les glucocorticoïdes (en particulier la Prednisolone), ont une puissante activité anti-apoptotique sur les lymphocytes CD4 activés et infectés par le VIH. Cette activité préventive de la mort des CD4 est couplée à une inhibition partielle de leur activation. De plus, les glucocorticoïdes n'ont pas d'effet direct sur la production virale. Nous avons donc administré de la Prednisolone, pendant deux années consécutives, à un groupe de patients au système immunitaire encore partiellement conservé (environ 420 CD4/ $\mu$ l). La destruction des CD4 a, comme prévu, diminué, leur taux dans le sang a augmenté et les signes de mort cellulaire accélérée se sont faits plus discrets.

On a constaté une plus grande efficacité chez les patients dont la concentration virale initiale était inférieure à 100 000/ml et dont le taux d'anticorps anti-VIH était important. Chez ces patients, ces différents paramètres ne se sont pas dégradés et le taux des CD4 est resté plus élevé qu'initialement. Dans la situation d'urgence thérapeutique où nous nous trouvons, il faut espérer que cette piste thérapeutique, qui a l'avantage d'utiliser un produit très bon marché (3 francs par jour), sera rapidement exploitée par d'autres groupes.

## *L'improbable thérapie génique*

Faute de traitement efficace ou de vaccin, les chercheurs tentent les approches les plus osées. Par exemple, la thérapie génique, qui n'a malheureusement toujours pas démontré la moindre efficacité contre aucune maladie. La démarche est cependant séduisante. Il s'agit de prélever des cellules du patient, de leur ajouter des gènes qui inhibent la prolifération du virus, puis de les réimplanter de façon à protéger l'organisme. Les espoirs qu'on fonde sur la thérapie génique tendent à faire oublier les énormes difficultés qu'elle doit encore surmonter.

Plusieurs thérapies géniques sont en cours d'expérimentation. La plus ancienne consiste à placer dans le génome des cellules cibles du virus (les lymphocytes T4 ou leurs précurseurs) un gène qui, en présence du virus, provoque l'autodestruction de la cellule, avant même que le virus ait eu le temps de se reproduire. Même si cette méthode paraît, en théorie, réa-

## UN ARSENAL DE MÉDICAMENTS

■ Le Sulfamethoxazole-Triméthoprime (Bactrim Forte) reste la base du traitement et de la prévention de la pneumonie provoquée par le germe *Pneumocystis Carinii*. Les sulfamides préviennent aussi la survenue de la toxoplasmose cérébrale. Le Fluconazole (Triflucan) et l'Amphotéricine B (Fungizone) permettent de guérir ou de prévenir les mycoses buccales et viscérales. Ils sont aussi très actifs sur les cryptococcoses ménin-gées. Le Ganclovir (Cymeven) soigne bien les infections par le cytomegalovirus et pourra probablement, bientôt, les prévenir. Les traitements antituberculeux restent très efficaces chez les personnes infectées par le VIH.

De nouveaux médicaments sont expérimentés et commencent à faire la preuve de leur action contre les autres mycobactéries et contre les cryptosporidioses intestinales.

lisable, il faudrait que le gène thérapeutique soit transféré dans toutes les cellules cibles, ce qui est impossible.

Une stratégie plus récente consiste à planter dans les cellules cibles le gène d'un anticorps dirigé contre un élément essentiel du virus non sujet à des mutations. Les résultats, obtenus *in vitro*, sont difficilement analysables et aucune expérience *in vivo*, même chez l'animal, n'est encore entreprise.

De nombreuses équipes étudient la possibilité de faire produire aux cellules cibles des protéines virales anormales, capables de bloquer la multiplication du virus. Mais il se pourrait que ces protéines soient elles-mêmes toxiques. De plus, elles risquent d'être éliminées par le système immunitaire avant d'avoir pu agir.

Il est également question de greffer des "néo-organes", c'est-à-dire des tissus biologiques cultivés en laboratoire à partir de cellules génétiquement modifiées pour produire en continu des agents antiviraux. Ici, le problème de la greffe s'ajoute au problème de la quantité de produit sécrété par ces néo-organes et à celui de l'efficacité des agents antiviraux.

Dernière piste : modifier des cellules de manière que, lorsque le virus se présente, elles produisent une grande quantité d'interféron, une protéine naturelle de défense contre les virus.

Toutes ces approches rencontrent la même difficulté : les moyens techniques nécessaires à l'implantation des gènes thérapeutiques ne sont pas très au point. De surcroît, l'effet de ces gènes sur le fonctionnement des cellules est mal maîtrisé. En admettant que ces questions soient résolues, il resterait à démontrer l'efficacité thérapeutique sur les malades.

# La meilleure arme demeure la prévention

■ La fabrication d'un vaccin se heurte à des obstacles majeurs. Il faut donc plus que jamais renforcer la prévention et l'information. ■

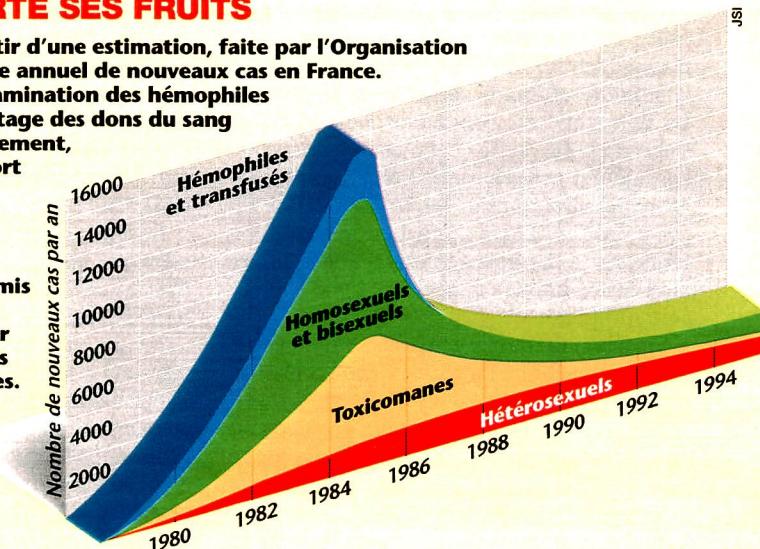
En Europe et aux Etats-Unis, l'épidémie (de type 1) a été convenablement jugulée, grâce au développement considérable de l'information, à la pratique généralisée des tests volontaires et à l'usage du préservatif. On comptait en France de 10 000 à 20 000 contaminations par an dans les années 1984-1986. On n'en dénombre plus que de 2 000 à 4 000. Cependant, la poursuite de cette diminution se heurte au comportement des personnes nouvellement infectées. Ainsi, les homosexuels masculins, qui représenteraient de 40 à 50 % des nouvelles

victimes du VIH en 1995, sont des personnes à la fois bien informées et qui n'ont pas modifié leur comportement, phénomène bien connu en matière de tabagisme. De la même façon, de 25 % à 30 % des personnes infectées en 1995 en France sont des toxicomanes par voie intraveineuse partageant leur seringue. Il faut poursuivre l'effort en faveur de l'utilisation de seringues et d'aiguilles propres et de qualité. Le prêt de la seringue lors de la première injection, notamment, reste une pratique courante, difficile à combattre.

Enfin, 25 % des personnes infectées l'ont été lors de relations hétérosexuelles. Plus de la moitié de ce groupe, formé de 500 à 1 000 individus par an selon les estimations, est composée de personnes originaires des Caraïbes ou d'Afrique, probablement touchées par l'épidémie de type 2. Les messages de prévention et d'information spécifiquement destinés

## LA PRÉVENTION PORTE SES FRUITS

Cette courbe a été établie à partir d'une estimation, faite par l'Organisation mondiale de la santé, du nombre annuel de nouveaux cas en France. On voit l'importance de la contamination des hémophiles jusqu'à ce que les tests de dépistage des dons du sang aient été appliqués systématiquement, à partir de fin 1985. Après un fort ralentissement entre 1986 et 1992, l'épidémie semble désormais stabilisée autour de 3 000 nouveaux cas par an. L'effort de prévention qui a permis ce résultat doit aujourd'hui être affiné pour parvenir à influer sur le comportement de populations qui y semblent encore insensibles. Il faudra mieux comprendre leurs réactions – ou leur absence de réaction – afin de les convaincre de prendre les mesures de protection élémentaires.



## L'ÉPIDÉMIE EST STABILISÉE EN FRANCE

En vert, l'évolution du nombre de nouveaux cas de personnes infectées par le virus (séropositifs) en France.

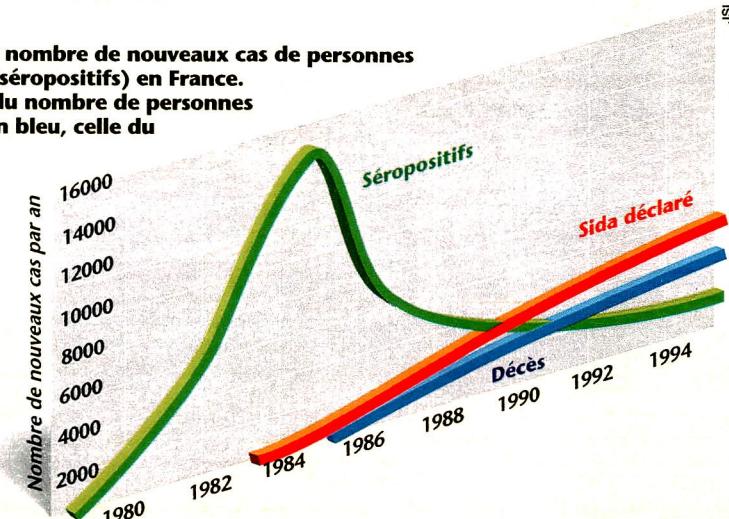
En rouge, l'évolution du nombre de personnes développant le sida. En bleu, celle du

nombre de décès dus au sida chaque année.

Le nombre de nouveaux cas décroît fortement, tandis que le nombre

de nouveaux sidéens et celui des décès croît lentement,

étant donné le décalage entre la date de contamination et le début de la maladie.



à ces populations doivent être amplifiés.

Chez les hétérosexuels d'origine européenne, l'épidémie est très limitée. Elle concerne surtout les partenaires de toxicomanes ou d'anciens toxicomanes, d'ailleurs parfois informés de l'infection de leur compagnon. Il est capital de renforcer la prévention et l'information auprès des jeunes, pour essayer de réduire encore l'incidence annuelle de l'infection dans ce groupe.

En Afrique et en Asie du Sud-Est, la situation est malheureusement totalement différente. L'épidémie (de type 2) se transmet presque exclusivement par voie hétérosexuelle, et les mesures de prévention sont difficiles à mettre en œuvre. La Thaïlande, très gravement frappée par le fléau, tente de développer une politique d'information incitant au port du préservatif dans les relations sexuelles avec les prostituées, à la limitation du nombre de partenaires sexuels, à la sensibilisation des enfants et des adolescents à l'école. En l'absence de traitement éradicateur du virus, en l'absence de vaccin, seules des politiques de prévention correctement évaluées pourront porter leurs fruits.

vaccin. C'est le cas de la grippe, de l'hépatite B ou de la poliomyélite. La vaccination contre ces maladies consiste à administrer du virus tué ou atténué, ou des protéines virales qui permettent au système immunitaire de produire des anticorps spécifiques. Lorsque le virus pénètre dans l'organisme, il est neutralisé par ces anticorps.

Deux obstacles s'opposent pour l'instant à la fabrication d'un vaccin contre le VIH.

1. Contrairement à ce qui se passe dans les infections virales classiques, le virus du sida n'est pas éliminé par les anticorps lors de la séroconversion. On voit mal comment les anticorps résultant d'un vaccin pourraient complètement éliminer le VIH alors que ce n'est pas le cas naturellement.

2. Il faudrait trouver un vaccin qui engendre la formation d'anticorps contre le très grand nombre de sous-types du VIH et contre la multitude de variants, différents d'un sujet à l'autre et chez le même sujet.

Ces dernières années, des prototypes de vaccins ont été mis au point à partir de protéines virales issues de VIH de laboratoire. Leur injection à l'homme n'a pas été toxique, mais, jusqu'à présent, les anticorps ainsi obtenus ont été incapables de neutraliser le moindre virus humain.

Certains chercheurs commencent à douter de la possibilité de la vaccination anti-VIH, tandis que d'autres réfléchissent à des vaccins limités à un faible taux de protection. Ce serait toujours ça de gagné !

### Vaccin : entre le doute et la foi

Les maladies virales qui présentent une phase aiguë susceptible de provoquer des troubles, voire d'entraîner la mort, mais dont la majorité des malades guérissent avec ou sans séquelles, se prêtent tout à fait à la mise au point d'un

# L'oncle à héritage du diamant

■ Découvert au spectrographe en 1985, puis isolé en 1990, le carbone 60, appelé aussi fullerène, est encore un produit de laboratoire, alors que c'est probablement la plus ancienne molécule de l'Univers. Ce proche parent du diamant ouvre en micro-électronique des perspectives très prometteuses.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

## Sur la Terre comme au ciel

On a trouvé du carbone 60, troisième forme allotropique du carbone après le graphite et le diamant, aussi bien dans certaines roches sédimentaires, comme la shungite de Carélie (ci-dessous), que dans la nébuleuse de la Tête de Cheval.



PHOTOS PH. PLAILLY/EURELIOS

# La forme d'un ballon de FOOTBALL

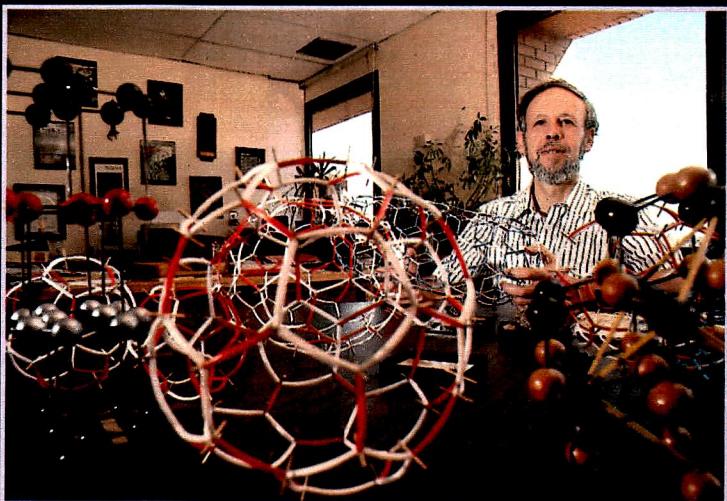
## Framboise atomique

La molécule du carbone 60, est dite fullerène en référence aux dômes – tels que la géode de Montréal – de l'architecte américain Richard Fuller. On la nomme aussi footballène en raison de sa ressemblance avec un ballon de foot.

Elle est faite de 60 atomes de carbone répartis comme les grains d'une framboise.

## Icosaèdre tronqué

90 arêtes, 60 sommets, 32 faces : tel est le dessin de la "molécule framboise" qui suit les règles des arrangements cristallins. Les atomes de carbone occupent les 60 sommets d'un icosaèdre régulier dont on aurait tranché les 12 sommets (l'icosaèdre régulier est formé de 20 triangles équilatéraux).



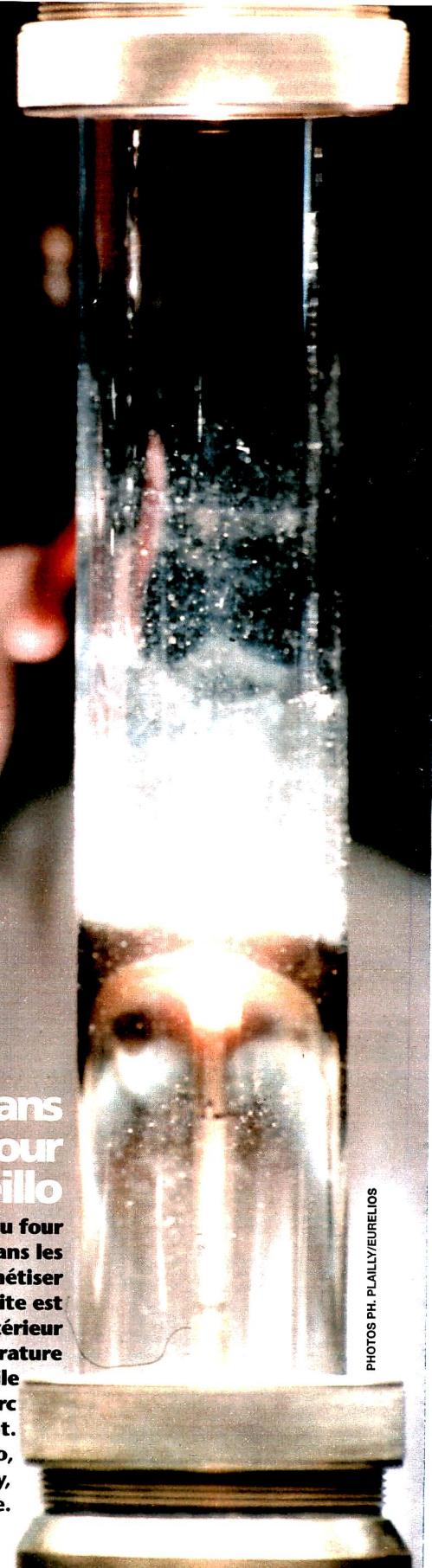
# Préparé sous les feux du SOLEIL.



## Dans le four d'Odeillo

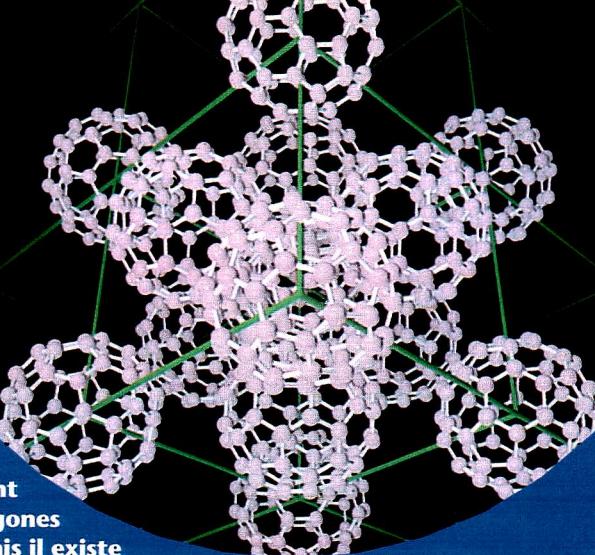
**Au foyer du four solaire d'Odeillo, dans les Pyrénées, pour synthétiser le carbone 60, le graphite est sublimé dans l'hélium à l'intérieur d'un tube de quartz. La température de réaction est plus facile à contrôler que celle de l'arc électrique utilisé habituellement.**

**Ci-contre, à Odeillo, l'Américain Richard Smalley, qui a découvert la molécule.**



## Symétrie sphérique

Ces molécules de carbone 60 dessinent un motif à symétrie sphérique où les atomes occupent les sommets des 12 pentagones et des 20 hexagones. Mais il existe aussi des molécules à 70, 76, 80 et 240 atomes qui ont toujours 12 pentagones pour un nombre variable d'hexagones.



CRIS/GRD/CNRS/EURELIOS



PHOTOS PH. PLAilly/EURELIOS

## Plus dur que le diamant ?

90 liaisons covalentes assurent la répartition des atomes sur le maillage cristallin qui dessine une cage creuse. Ces liaisons très solides, dont 60 sont simples et 30 doubles, seraient plus courtes que celles du diamant, ce qui donnerait à la nouvelle molécule une cohésion supérieure, donc une plus grande dureté.

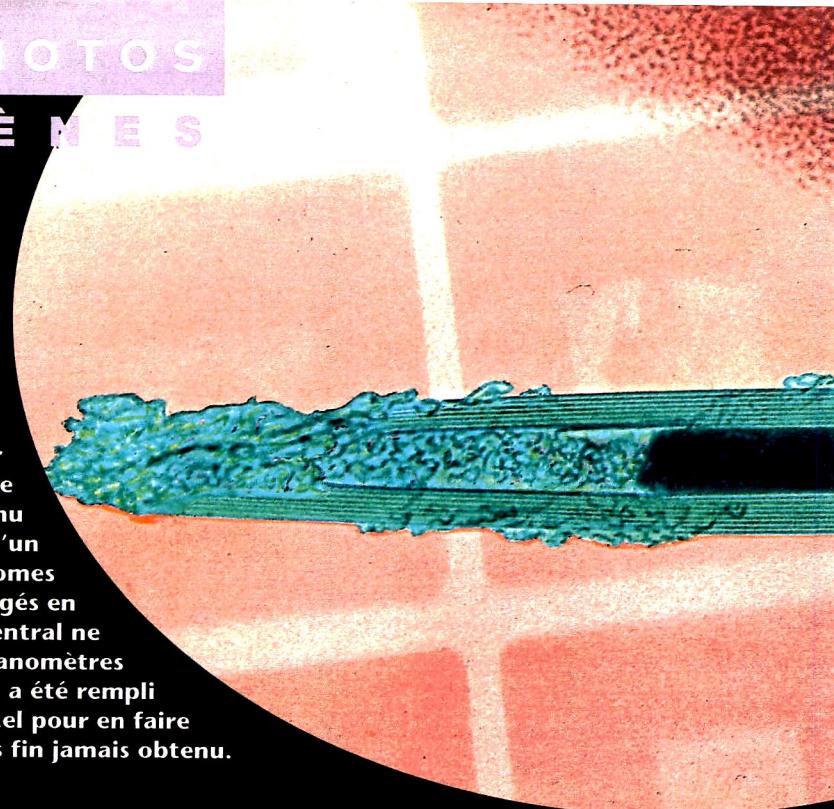
PHOTOS P. DUMAS/CEMES/CNRS/EURELIOS

## Un bijou pour demain

Cette verte colline coiffée d'un quadruple dôme orangé n'est autre qu'une molécule de carbone 60 émergeant d'une nappe d'or dans laquelle elle a été en partie absorbée. Comme quoi le carbone, qu'il soit diamant ou C60, a toujours de l'affinité pour l'or.

## Le plus petit aimant du monde

C'est en poursuivant les expériences sur les fullerènes que les chercheurs ont obtenu ce tube constitué d'un enroulement d'atomes de carbone arrangeés en hexagones. Le trou central ne mesure que 15 nanomètres (millionièmes de mm). Il a été rempli d'un monocristal de nickel pour en faire le fil magnétique le plus fin jamais obtenu.



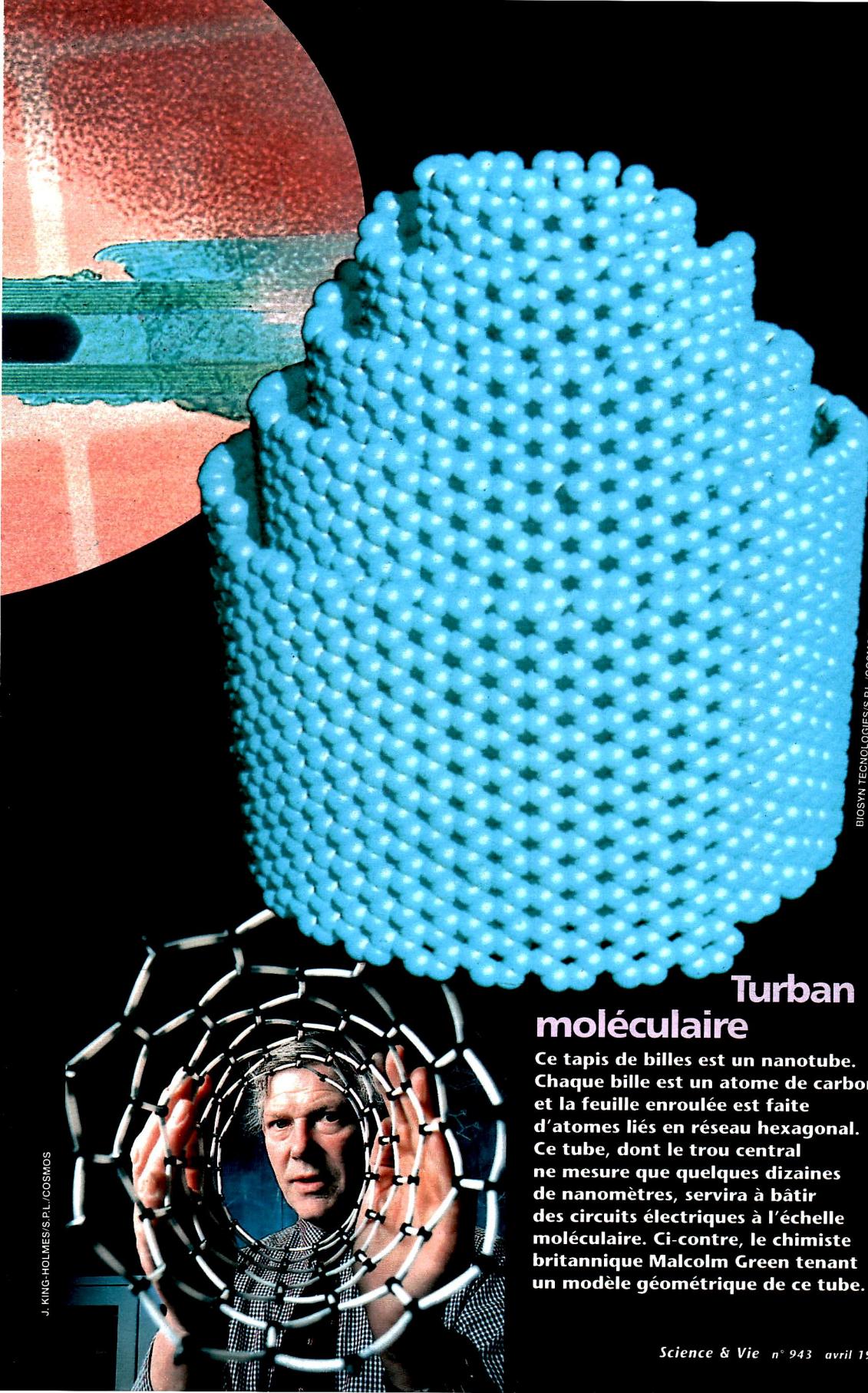
S. C. TSANG/S.P.L./COSMOS

## Et le ballon devient TUBE...



### Voir à l'échelle atomique

Les arrangements atomiques au sein des mailles cristallines ne sont accessibles qu'à l'aide de microscopes électroniques ou à effet tunnel. Le traitement informatique des données recueillies permet ensuite de voir sur écran le réseau cristallin. C'est ce procédé qu'on utilise pour étudier les fullerènes.



BIOSYN TECHNOLOGIES/S.P.L./COSMOS

## Turban moléculaire

Ce tapis de billes est un nanotube. Chaque bille est un atome de carbone et la feuille enroulée est faite d'atomes liés en réseau hexagonal. Ce tube, dont le trou central ne mesure que quelques dizaines de nanomètres, servira à bâtir des circuits électriques à l'échelle moléculaire. Ci-contre, le chimiste britannique Malcolm Green tenant un modèle géométrique de ce tube.

EN COUVERTURE

# TROIE : enquête

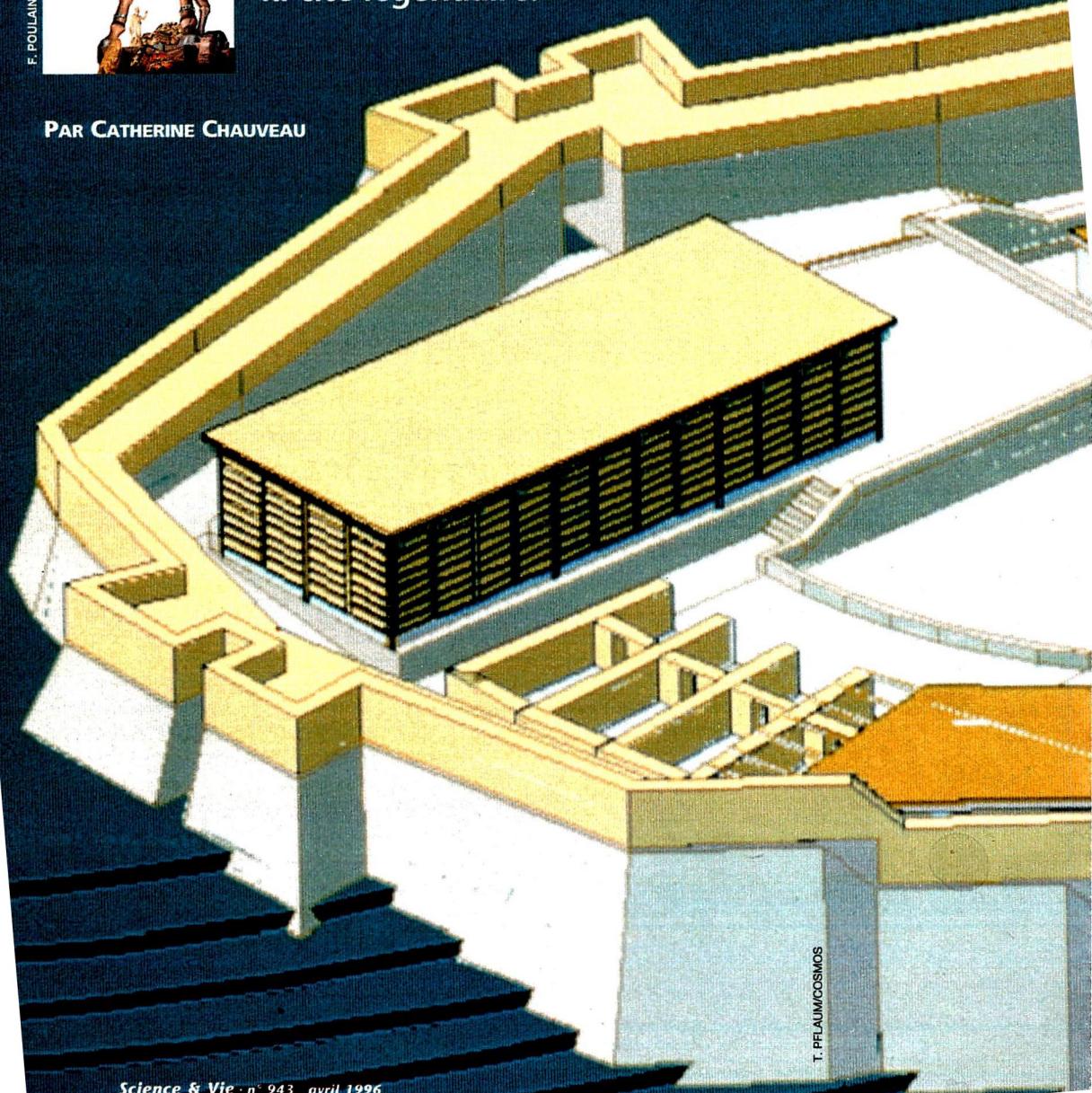
F. POULAIN



■ Disparu depuis un demi-siècle, le fabuleux "trésor de Priam" resurgit à Moscou, tandis que les fouilles ont repris à Troie. Cet ambitieux programme international a déjà partiellement résolu les mystères de la cité légendaire.

PAR CATHERINE CHAUVEAU

T. PFLAUM/COSMOS



# sur une cité énigmatique



## La guerre de Troie a-t-elle eu lieu ?

Archéologues, chercheurs en laboratoire et informaticiens collaborent pour faire revivre la célèbre ville où Homère situe le combat entre Achille, l'« invincible » héros grec, et le prince troyen Hector. L'*Iliade* n'est-elle qu'une fable poétique ?



# 1870 : Schliemann découvre les

**A** la fin de la Seconde Guerre mondiale, la fabuleuse collection d'objets que Heinrich Schliemann avait trouvés dans la légendaire ville de Troie et qu'il avait donnés au musée ethnologique de Berlin ne s'y trouvait plus. Avait-elle été volée, détruite ou cachée ? Nul n'en savait rien, jusqu'à ce que la directrice du musée Pouchkine de Moscou annonce, en 1993, qu'elle l'avait dérobée sur ordre de Staline et que la collection se trouvait dans les caves du musée ! Après des mois d'expertise et d'analyse, ces merveilles pourront être admirées, à partir du 15 avril, dans les salles du musée qui les avait soustraites aux regards pendant un demi-siècle.

Le trésor vaut le voyage... Outre son incroyable richesse, il conte l'histoire d'un peuple qui fut peut-être celui que chanta Homère, et sans aucun doute l'un de ceux qui dominèrent la Méditerranée orientale aux III<sup>e</sup> et II<sup>e</sup> millénaires avant notre ère.

« Vers les Troyens vint comme messagère l'agile Iris aux pieds de vent, de la part de Zeus.

## A la table des Troyens

**Aujourd'hui, les archéologues utilisent des moyens technologiques de haute précision. L'analyse des isotopes du carbone ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) présents dans les os humains leur permet de définir les habitudes alimentaires des Troyens. Et, grâce à la recherche de  $^{14}\text{C}$ , ils peuvent déterminer l'époque à laquelle ont vécu les habitants.**

(...) Les Troyens tenaient conseil à la porte de Priam [le roi de Troie]. (...) Iris leur parla : « La guerre rude est venue. Bien souvent, j'ai assisté à des batailles humaines. Mais jamais encore je n'ai vu de telles troupes, et si nombreuses. Elles ressemblent tout à fait aux feuilles et aux grains de sable, et viennent à travers la plaine pour combattre. » » (*L'Iliade*, chant II).

Ces guerriers intrépides qui menacent la ville de Troie, ce sont les Achéens. Ils viennent des différentes régions et îles de la Grèce. Conduits par Agamemnon, roi de Mycènes, ils veulent reprendre la femme de Ménélas, roi de Sparte, cette « belle Hélène » que le prince troyen Pâris a enlevée. Ecrite par Homère au VIII<sup>e</sup> siècle av. J.-C., l'épopée a traversé les âges. Elle a si puissamment frappé les esprits que, depuis l'Antiquité classique, innombrables furent ceux qui recherchèrent le site du célèbre siège. En dépit du fait que, de tout temps, des historiens, refusant de confondre le mythe et l'histoire, ont considéré la guerre de Troie comme une fable, certes sublime.

En 1870, Heinrich Schliemann, un homme d'affaires allemand enflammé par les récits homériques, entreprend des fouilles sur la colline d'Hissarlik, en Turquie. Il exhume des murs imposants et quantité d'objets aussi luxueux qu'insolites. Il exulte : il pense avoir découvert la mythique ville de Troie. Trois ans plus tard, il annonce triomphalement qu'il a trouvé le « trésor de Priam ». Cependant, les archéologues le prouveront par la suite, ces extraordinaires bijoux, ces vases, ces armes datent au plus tôt de 2200 avant notre ère, mille ans avant le règne supposé de Priam.

Comme on supposait que le site qui avait vu s'affronter les Troyens et les Achéens était le village de Bournabaschi, en Turquie, Schliemann s'y rend en 1868. Il fait alors une rencontre déterminante, celle de Frank Calvert. Ce vice-consul des Etats-Unis aux Dardanelles, férus d'antiquités, est persuadé que la colline d'Hissarlik, à une dizaine de kilomètres de Bournabaschi, est une hauteur artificielle formée par l'accumulation des vestiges d'une cité. Il a acquis une partie du terrain et effectue des sondages révélateurs. Schliemann parie sur ce



PHOTO: PFLAUM/UNIVERSITY/COSMOS



# sept niveaux d'une ville inconnue

## LES TRIBULATIONS DU TRÉSOR DE PRIAM

■ La découverte, en mai ou en juin 1873, de l'époustouflant "trésor de Priam" (armes de cuivre, vaisselle en or et en argent, bijoux d'or, sans compter 8 750 perles et d'autres petits éléments de parure en or) a largement attiré l'attention des savants et des profanes sur Schliemann et ses fouilles.

En fait, il est probable que l'homme d'affaires allemand n'a pas "découvert" le trésor de Priam, mais qu'il l'a "créé" à partir de trouvailles hétéroclites. Quoi qu'il en soit, les éléments qui le composent proviennent du niveau Troie II, daté de 2500 à 2200 av. J.-C. Ils n'ont donc pu appartenir à Priam, roi de Troie, l'Iliade se situant un millénaire plus tard.

Conscient de sa valeur tant scientifique que marchande, Schliemann fait transporter le trésor, secrètement, à Athènes. Dès l'été 1873, il tente de le donner ou de le vendre, ainsi que le reste

de sa collection troyenne, à plusieurs pays. Il craint que les Turcs, qu'il a bernés car il les juge incapables d'apprécier ces objets, ne se les approprient. Il propose d'abord d'en faire don à la Grèce, et d'y construire, pour les abriter, un musée portant son nom, en échange d'autorisations de fouilles à Mycènes et à Olympie. La Grèce refuse. Il suggère simultanément à la Grande-Bretagne et à la France d'acheter sa collection. Effrayé par le procès que lui intentent les Turcs, il offre ensuite le trésor à la France, puis de nouveau à la Grèce. Mais les deux pays redoutent des ennuis diplomatiques et... la conduite fantasque de Schliemann. Les Turcs renonçant aux objets contre une forte indemnité, il est maintenant non plus question



PHOTOS AKG

de les donner mais de les vendre ! A la France ou à la Russie, qui ne se décident pas. De la fin de 1877 au début de 1881, la collection est exposée en Angleterre. Schliemann finira par l'offrir au musée ethnologique de

Berlin, d'où elle disparaîtra à la fin de la Seconde Guerre mondiale, pour réapparaître, en 1993, dans les caves du musée Pouchkine, à Moscou. A présent, c'est la Turquie qui la réclame !

raisonnement et sur ces résultats. C'est là, selon lui, que se trouve la vraie Troie.

Totalement inexpérimenté mais très sûr de lui, obnubilé par son espoir de découvrir la ville et ses trésors (Homère la décrit comme une cité particulièrement opulente), Schliemann se comporte d'abord comme un vandale. Imaginant que Troie est le niveau le plus ancien et le plus profond, il détruit ce qui se trouve au-dessus. Bien qu'il s'efforce ensuite, sur le conseil d'archéologues bienveillants, d'être plus attentif à l'organisation des fouilles, à l'enregistrement et à la description des vestiges, à l'importance de la stratigraphie, il commet toujours de flagrantes erreurs, notamment de datation, alimentant le scepticisme, voire l'ironie et le mépris des savants. Il embauche donc, en 1882, un jeune archéologue réputé, Wilhelm Dörpfeld.

Schliemann dénombre sept niveaux dans

la colline d'Hissarlik. Déçu par les vestiges du niveau le plus bas, Troie I, qu'il juge trop pauvres, il reste persuadé que Troie II, riche d'une puissante forteresse et de nombreux objets d'or, est la cité homérique. En 1873, il pense d'ailleurs avoir fait à Troie le tour des découvertes. Il n'a plus l'intention d'y fouiller. Dörpfeld se rend compte que la cité a en fait neuf niveaux. Il dégage les vestiges de Troie II. Puis il identifie un autre niveau, Troie VI, qui contient des céramiques semblables à celles des tombes mycéniennes. Il décide alors que c'est ce niveau, qu'il juge contemporain de Mycènes, qui est la ville homérique.

De nouvelles fouilles seront menées à Hissarlik, dans les années 30, par l'archéologue américain Carl Blegen. Celui-ci date les différents niveaux de 3000 av. J.-C. à 400 ap. J.-C. et distingue des étapes d'évolution à l'intérieur de chacun ■■■



# L'Iliade et l'Odyssée passées au

■ ■ ■ d'entre eux. Blegen affirme que ce ne sont pas les Achéens qui ont ravagé Troie VI mais qu'un tremblement de terre est responsable de la destruction. Lui voit dans Troie VII la cité de l'*Iliade*.

La question se pose t-elle encore ? Homère s'est-il inspiré d'une ville réelle ? S'appelait-elle Troie ? Les Achéens l'ont-ils dévastée ? Autant de faux problèmes pour les scientifiques. *L'Iliade* est un poème qui exalte des faits légendaires. Ce n'est pas un texte d'archives qui relaterait des faits réels. L'épopée ne peut être d'aucune aide pour les archéologues et les historiens. Ces scientifiques cherchent à éclaircir le passé en distinguant les données réelles des éléments imaginaires, et non pas à l'obscurcir en amalgamant mythe et histoire. Comme le dit Moses I. Finley, historien de l'Antiquité : « Personne ne songe à se servir

de la *Chanson de Roland* pour écrire l'histoire de la France médiévale. »

Quant à Homère, s'il a existé, il a fait en sorte que les héros restent proches de ses auditeurs, tout en appartenant, comme il se doit, à un âge... héroïque, composite et imaginaire. Les fouilles et les études archéologiques ont en effet révélé que, à l'exception de quelques éléments – noms de personnages, de cités, de dieux ; objets, tels que les épées cloutées d'argent –, les traits qu'Homère présente comme caractéristiques de la civilisation mycénienne ne la reflètent pas. L'époque mycénienne, pendant laquelle l'*Iliade* est censée se dérouler, se situe à l'âge du bronze, de 1550 à 1050 av. J.-C. Or les architectures, les rituels, les objets en fer appartiennent à des périodes plus récentes, voire au monde d'Homère, le VIII<sup>e</sup> siècle av. J.-C.

Si l'on continue aujourd'hui, par tradition, à ■ ■ ■

## DEUX ÉPOPÉES FONDATRICES

■ Qui n'a entendu parler du cheval de Troie ou du chant des sirènes qui tentèrent en vain de charmer Ulysse ? On évoque le "talon d'Achille" de quelqu'un pour désigner son point faible. L'expression "tomber de Charybde en Scylla" signifie qu'à peine tiré d'une difficulté, on en rencontre une autre... *L'Iliade* et *l'Odyssée* sont si présentes dans la culture

occidentale que les références aux textes d'Homère sont devenues des lieux communs.

*L'Iliade* et *l'Odyssée* sont incontestablement des textes fondateurs de notre civilisation. Certains experts les tiennent pour la juxtaposition de plusieurs poèmes, agrémentés des ajouts de plusieurs aïdes (poètes-réцитants). Les livres comprennent en effet pas

mal d'incohérences, beaucoup d'archaïsmes et de mélanges de dialectes de la Méditerranée orientale.

Aujourd'hui, on admet cependant qu'ils ont été rédigés par Homère, dont on sait en vérité fort peu de choses. Il aurait vécu entre 800 et 700 av. J.-C., en Asie Mineure. Les Anciens le disaient aveugle, mais cette infirmité lui conférait le pouvoir extraordinaire de voir le monde invisible et de lire l'avenir. C'est un passé vieux de plus de quatre siècles qu'il raconte dans ses deux poèmes.

*L'Iliade* (24 chants, 15 537 vers) relate non pas toute la guerre de Troie, qui opposa les Achéens (anciens Grecs) aux Troyens pendant dix ans, mais un bref épisode du conflit. Achille, héros achéen invulnérable – sauf au talon ! –, refuse de combattre ! Agamemnon, roi de Mycènes, lui a en effet ravi son esclave favorite pour se dédommager de la perte de la sienne.

*L'Odyssée* (24 chants, 12 109 vers) raconte le tu-

multueux voyage de retour d'Ulysse, qui quitte Troie après la victoire pour regagner l'île d'Ithaque, dont il est le roi.

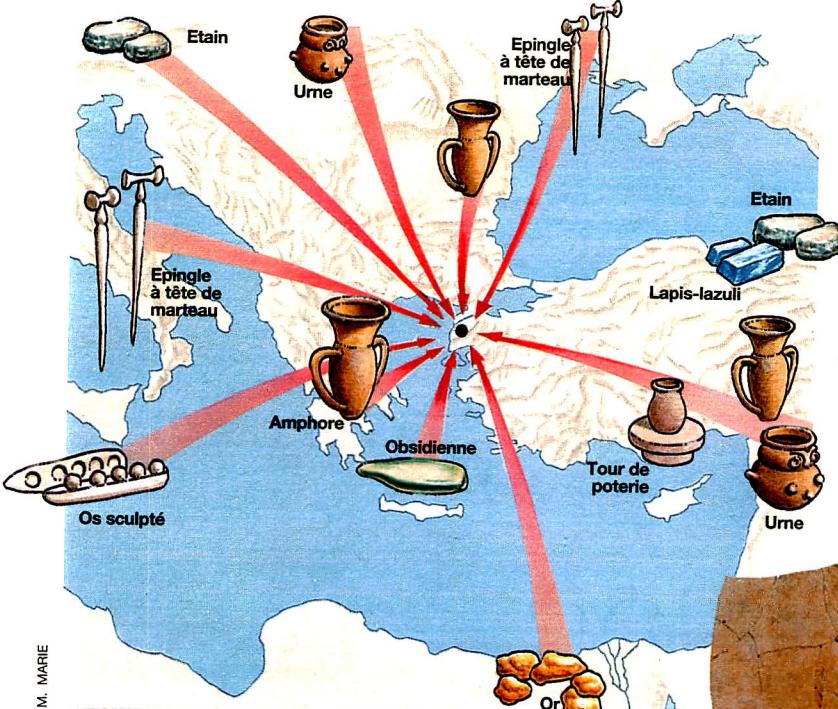
On ne peut reconstituer la véritable histoire de la guerre de Troie qu'en rassemblant divers textes épiques grecs et romains. Et encore ! Divers points restent obscurs, les contradictions abondent. Au demeurant, rien de plus normal pour une légende !

Le pouvoir de création des "réédacteurs", leur exploitation de diverses sources, mais aussi l'évolution de l'imaginaire et des convenances morales ont façonné les poèmes. Si Homère en est bien l'auteur – on n'est pas même pas sûr qu'il ait existé ! –, il les composa à partir d'éléments issus de la tradition orale, mêlant descriptions archaïsantes et références de son temps, comme le veut l'épopée. Ce genre littéraire place le récit dans un passé magnifié, réinventé et sans cesse ajusté pour satisfaire les attentes de l'auditoire.



GIRAUDON

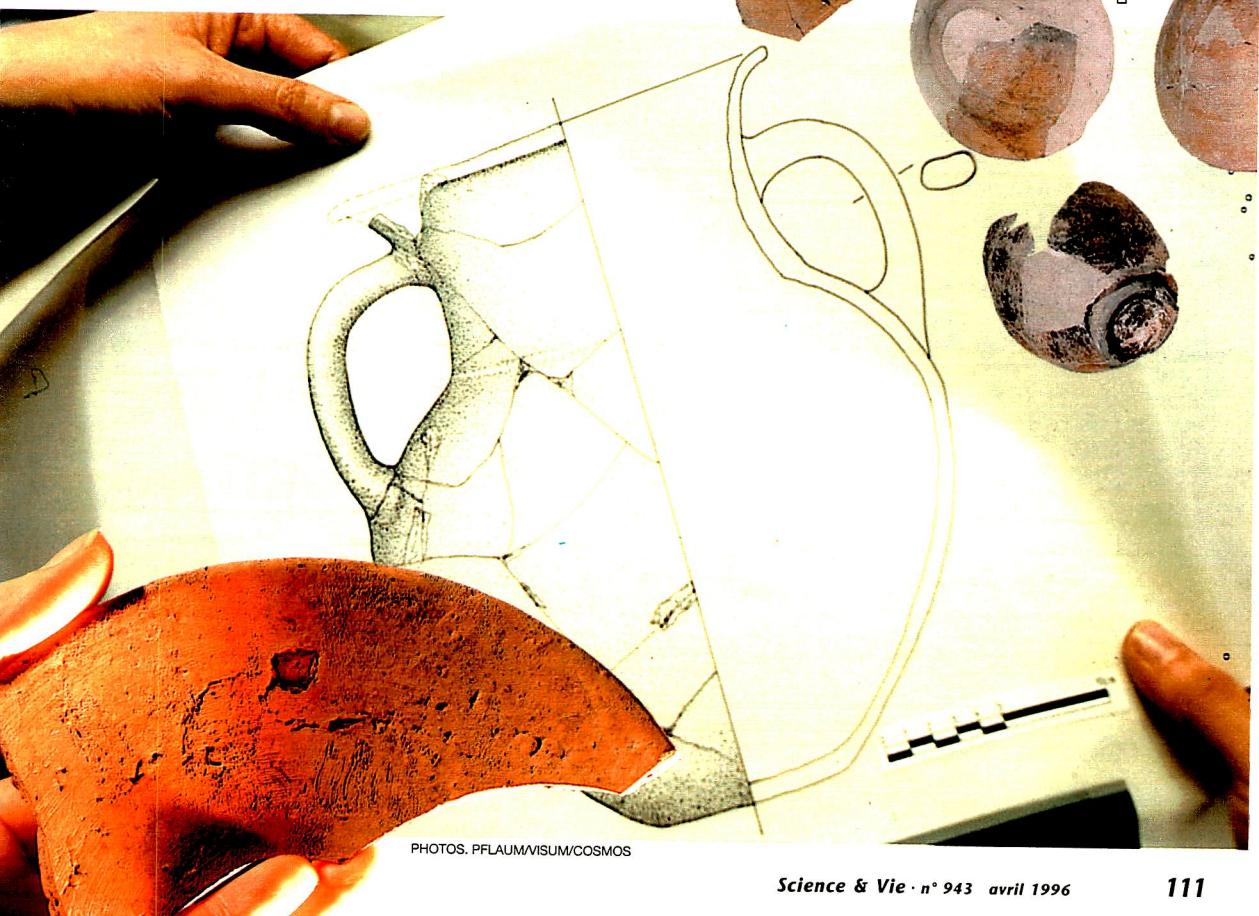
# crible de la science



M. MARIE

## Un carrefour commercial

Située entre l'Orient et l'Occident, Troie importait objets et matières premières de tout le pourtour méditerranéen (ci-contre). A partir de tessons de céramique (ci-dessous), les archéologues reconstituent la forme des vases, afin de déterminer leur provenance.



PHOTOS: PFLAUM/VISUM/COSMOS

# Les neuf vies de la belle inconnue

TROIE



100 av. J.-C.

Empire d'Alexandre le Grand  
Apogée d'Athènes  
Empire perse

800 av. J.-C.

Cités-Etats  
âge du fer  
Hébreux  
Phéniciens

1200 av. J.-C.

Période mycénienne  
Nouvel Empire  
Ramsès II  
Toutankhamon

1700 av. J.-C.

Empires babylonien, Égyptien et assyrien  
en Anatolie  
Moyen Empire

2200 av. J.-C.

Apogée de la  
civilisation  
en Mésopotamie

2400 av. J.-C.

Cités-Etats sumériennes en Mésopotamie  
Ancien Empire, pyramides  
Apogée du mégalithisme

2600 av. J.-C.

Empire romain

ORIENT

EGYPTE

EUROPE

3000 av. J.-C.

Empire romain  
Époque gréco-romaine

Empire romain

IX

Age du fer  
Celtes  
Gaulois  
Grecs  
Gaulois et romaine

Italiens  
Gaulois  
Grecs

VIII  
VII

VI

IV

III

II

I

Plusieurs fois millénaire

A partir des fouilles de l'archéologue américain Carl Blegen, dans les années 30, les neuf vies de la ville qu'on appelle traditionnellement

Troie ont pu être reconstituées. De

3000 après J.-C. à 500 après J.-C.,

Troie a été contemporaine

des grandes civilisations de

l'Antiquité.

Selon Blegen,

Troie VI aurait

été ravagée par

un tremblement

de terre et non pas incendiée par les Achéens. Pour lui, c'est Troie VII qui serait la cité homérique.

## AUJOURD'HUI

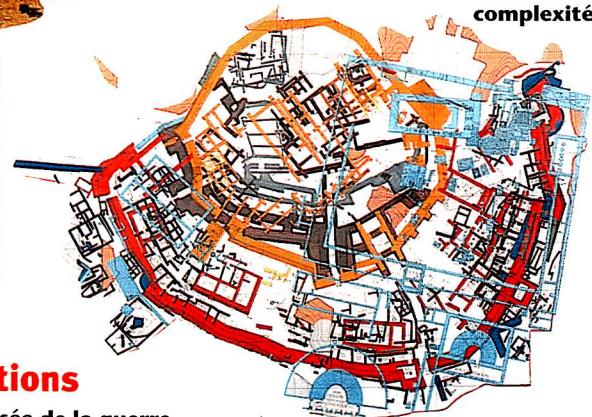


## Mosaïque architecturale

Les fouilles actuelles permettent de "démêler" et de dater les vestiges de la citadelle. Cette mise en plans des neuf niveaux (ci-dessous) rend compte de leur imbrication et de leur complexité.

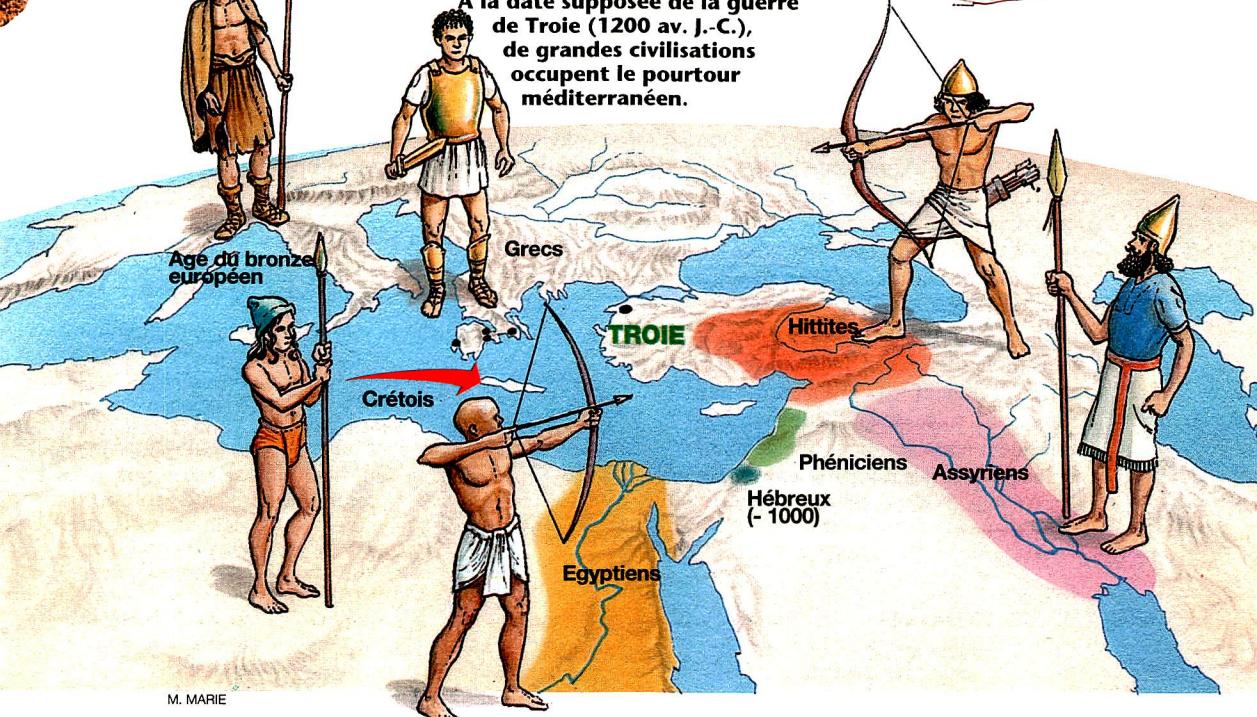


Troie I  
Troie II  
Troie VI  
Troie VII  
Troie VIII  
Troie IX



## Au cœur de grandes civilisations

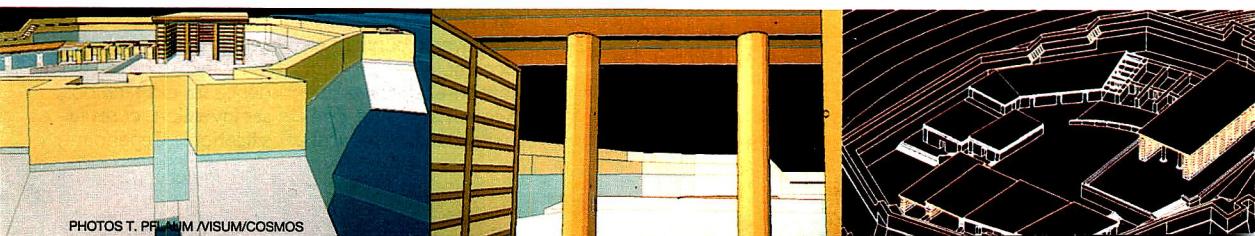
A la date supposée de la guerre de Troie (1200 av. J.-C.), de grandes civilisations occupent le pourtour méditerranéen.



M. MARIE

## L'ordinateur redonne vie à la cité

S'appuyant sur les plus récentes données archéologiques, l'informatique reconstitue virtuellement les Troie successives (ici, Troie I). Grâce à la CAO (conception assistée par ordinateur), on peut "parcourir" les ruelles et "visiter" les monuments de la cité.





■ ■ ■ baptiser le site "Troie", rien ne prouve qu'il s'agisse de la vraie cité homérique. En réalité, personne ne sait quel nom les habitants successifs ont donné à leur ville.

Plus encore : on n'a trouvé aucun indice prouvant que la guerre de Troie a eu lieu ou même que Troie a existé ! Les textes des peuples voisins contemporains (Mycéniens, Hittites) ne mentionnent ni la ville ni le siège. Il est vrai qu'ils sont très fragmentaires. Certes, on sait, par les découvertes archéologiques (vestiges de villes dévastées, archives hittites et égyptiennes), qu'aux alentours de 1200 av. J.-C., époque où Homère situe la guerre de Troie, plusieurs Etats furent détruits ou affaiblis par des incursions guerrières venues du nord (Egypte, cités-Etats du Proche-Orient et de la Grèce, Empire hittite...). Mais on ignore tout des agresseurs et de leurs motivations. Curieusement, les textes grecs de l'époque n'évoquent jamais ces troubles. Des inscriptions et des monnaies trouvées à Hissarlik laissent penser que s'étendait sur ce site la ville gréco-romaine d'Ilion, dont les habitants prétendaient – mince argument – qu'elle s'élevait sur les ruines de Troie. Mais l'Iliade marqua si fortement les générations que de nombreux peuples (les Romains, les Francs, les Anglais...) ont choisi les Troyens pour ancêtres !

Si le site de Troie, puisqu'on continue à le nommer ainsi, est passionnant et énigmatique, c'est par ses caractéristiques géographiques, historiques et culturelles, récemment établies. Il fut occupé en continu pendant les millénaires qui ont vu surgir ou disparaître, autour de la Méditerranée, les grandes civilisations de l'Antiquité. Depuis 1988, une équipe de spécialistes de tous les horizons et de toutes les disciplines aujourd'hui associées à l'archéologie, dirigée par Manfred Korfmann (université de Tübingen, Allemagne), a repris les fouilles. Elle a d'ores et déjà fait des découvertes capitales.

Troie se trouvait plus près de la mer qu'actuellement, à l'entrée du détroit des Dardanelles,



lieu de passage maritime et terrestre entre l'Orient et l'Occident. Or de vastes et dynamiques réseaux d'échange de denrées précieuses (métaux, ambre, pierres rares, vaisselle fine, chevaux, esclaves, aliments...) se sont tissés à l'âge du bronze. On trouve à Troie des objets ou des matières premières venus d'Asie mineure et centrale, des îles de la

mer Egée, de Grèce, de la vallée du Danube, d'Italie, de Sicile ! La cité a probablement participé au trafic commercial, ou en a profité, en approvisionnant les équipages, en prélevant des taxes portuaires, en pilotant les bateaux dans les courants du détroit, en organisant des caravanes. Car les bateaux faisaient du cabotage et devaient attendre sur la plage les vents favorables.

Il semble bien, pour l'instant, que c'est le

## SCHLEIMANN : LA



■ Considéré parfois comme le fondateur de l'archéologie préhellénique, ou, au contraire, comme un mythe, un imposteur, voire un escroc, Heinrich Schliemann (1822-1890) est, à coup sûr, un personnage. Comme l'a dit Freud, il est parvenu à trouver le bonheur en accomplissant un désir infantile. L'image que Schliemann veut donner de lui dans ses écrits

est celle d'un homme d'origine modeste, passionné d'Homère depuis l'enfance, qui, grâce à son travail et à... ses nombreuses qualités, a fait fortune dans le commerce. Il a acquis facilement, et sans maître, la connaissance de diverses langues, vivantes et mortes, et de l'histoire. Il se présente également comme un chercheur qui, muni des livres d'Homère et de son seul bon sens, a découvert les lieux fameux de l'Iliade et de l'Odyssée, surpassant ainsi les savants.

La confrontation de ses publications avec certains documents (notamment sa correspondance) a mis en évidence ses exagérations, ses inventions et ses falsifications. Cependant,

# mer que la Troie d'Homère a existé !

commerce de l'étain qui a assuré la prospérité de Troie. Matériau indispensable à la fabrication du bronze, qui est un alliage de cuivre et d'étain. La position stratégique et les richesses de la cité excitaient les convoitises : elle fut constamment détruite et reconstruite, presque à chaque génération !

Deuxième découverte qui a bouleversé l'état des connaissances : le site fut occupé plus tôt qu'on ne le supposait. Au Néolithique, à la fin du IV<sup>e</sup> millénaire, s'y élevaient des maisons quadrangulaires aux fondations en pierre. Ceux qui y vivaient façonnaient le cuivre et des céramiques comparables à celles des îles égéennes. Les archéologues n'ont pas encore déterminé



l'origine de ce peuple. Ils n'ont pas trouvé de cimetière, qui fourniraient des indications sur les coutumes funéraires, donc sur l'appartenance culturelle des mystérieux Troyens.

Construite en 2920 av. J.-C., Troie I apparaît comme une modeste cité fortifiée,

qui perpétue la culture antérieure. Au contraire, Troie II (2600-2450 av. J.-C., époque du "trésor de Priam") est une cité fastueuse. Qui sont donc ces hommes à la culture raffinée, originale, qui ont bâti cette superbe citadelle ?

Enfin, troisième découverte : les archéologues ont établi que la cité ne se réduisait pas à la citadelle. Une ville basse s'étendait au sud. De Troie III (2390-2200 av. J.-C.) à Troie IV (2200-2000 av. J.-C.) et à Troie V (2000-1870 av. J.-C.), la citadelle semble moins luxueuse, la ville basse se développe. A l'époque de Troie VI, elle est ceinte d'un fossé et d'une muraille, des maisons de pisé se pressent le long d'étroites ruelles. La cité occupe alors une superficie de 200 000 m<sup>2</sup>. Elle abrite de 6 000 à 7 000 personnes. Les habitants détruisent des tombes datant de Troie IV et V. Cette attitude sacrilège est-elle le fruit du simple pillage ou bien reflète-t-elle l'indifférence envers les morts d'une population fraîchement arrivée ? Ses dimensions, son modèle d'urbanisation (citadelle plus ville basse fortifiée) et son type de fortification (mur de briques crues sur soubassement de pierres, fossé défensif, tours, casemates) distinguent la cité de celles de la mer Egée et de la Grèce. Ces caractéristiques l'apparentent aux villes anatoliennes. Troie serait alors, au II<sup>e</sup> millénaire, l'une des places fortes du système syro-anatolien de distribution et de contrôle des marchandises.

Après plusieurs phases de destruction, la cité fut réoccupée partiellement, puis abandonnée au début de l'âge du fer (Troie VII : 1250-1020 av. J.-C.). Les Grecs puis les Romains qui s'y implantent plus tard (Troie VIII : 800-85 av. J.-C., Troie IX : 85 av. J.-C.- 500 ap. J.-C.) ont détruit ou réutilisé les ruines. Entre mer et terre, Orient et Occident, la cité d'Hissarlik sort enfin du mythe pour entrer dans l'Histoire.

## PASSION ET L'IMPOSTURE

grâce à son enthousiasme, à son opiniâtreté, à sa crédulité aussi, et à son avidité – tant d'argent que de science et surtout de reconnaissance –, il a mis au jour des vestiges exceptionnels. Sans le vouloir, ou plutôt en voulant autre chose, il a révélé au monde l'existence de civilisations inconnues.



**Schliemann et sa femme Sophia, parée de quelques bijoux du "trésor de Priam". Ci-contre, la collection exposée chez eux, à Athènes.**



# DESCARTES

## Le scientifique oublié

**A**u collège des jésuites de La Flèche (aujourd'hui dans la Sarthe), où il étudia de 1607 à 1615, jusqu'à l'âge de 19 ans, René Descartes, comme il l'a écrit lui-même, se «plaisai[t] surtout aux mathématiques». En 1618, alors qu'il sert à Breda (Pays-Bas), dans l'armée de Maurice, prince d'Orange, il rencontre Isaac Beeckmann, son aîné de sept ans, médecin passionné de mathématiques et surtout de leur application à des problèmes physiques. Plus tard, Descartes écrira qu'il n'avait «jamais rencontré personne d'autre qui utilise cette façon d'étudier (...) et joigne avec soin la physique et la mathématique». L'année suivante, le 10 novembre 1619, en Allemagne, Descartes fait un rêve demeuré célèbre, où il est «enfermé dans un poêle [une pièce chauffée par un poêle], plein d'enthousiasme et en train de découvrir les fondements de la science admirable».

Vers 1620, il élabora sa fameuse loi d'optique, formulée entre 1626 et 1629. Cette "loi de Descartes" illustre, encore aujourd'hui, la controverse qui s'alluma autour de ce personnage mystérieux que certains accusèrent de « tricherie éhontée » et d'« orgueil démesuré ». Si l'on consulte l'*Encyclopædia britannica*, la loi de la réfraction de la lumière est baptisée "Snell's law", du nom du mathématicien et astro-

■ Né il y a quatre cents ans, René Descartes jouit d'un prestige philosophique intact. Mais son œuvre scientifique est presque ignorée. Il a pourtant eu des intuitions géniales, qui préfigurent notamment l'univers relativiste.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

nom hollandais Willebrord Snell, ou Villebrordus Snellius (1581-1626). Cette loi n'est pas même évoquée dans le long article sur Descartes et le cartésianisme.

En revanche, dans le *Grand dictionnaire encyclopédique Larousse*, on la trouve sous la rubrique "Descartes (loi de...)". Et si l'on cherche Snell dans ce dictionnaire, on n'y trouve qu'un certain Peter Snell, coureur de demi-fond néo-

zélandais. Enfin, en ouvrant de nouveau l'*Encyclopædia britannica*, à l'article "Harriot, Thomas" (1560-1621), astronome et mathématicien anglais, on apprend qu'il aurait énoncé la loi de la réfraction avant Willebrord Snell. Allez savoir...

L'une des plus importantes contributions scientifiques de Descartes est la géométrie analytique, c'est-à-dire la description de figures géométriques par des formules mathématiques, et *vice versa*. Il étudie les courbes géométriques (aujourd'hui appelées courbes algébriques) où les deux coordonnées  $x$  et  $y$  sont reliées par une équation algébrique, comme  $P(x, y) = 0$ . Descartes voulait étendre la certitude mathématique à l'ensemble du savoir et fonder une mathématique universelle, mais il a fini par se décourager. Son monde physique était trop compliqué pour se prêter à une interprétation mathématique.

En 1628, il se lance dans la rédac-

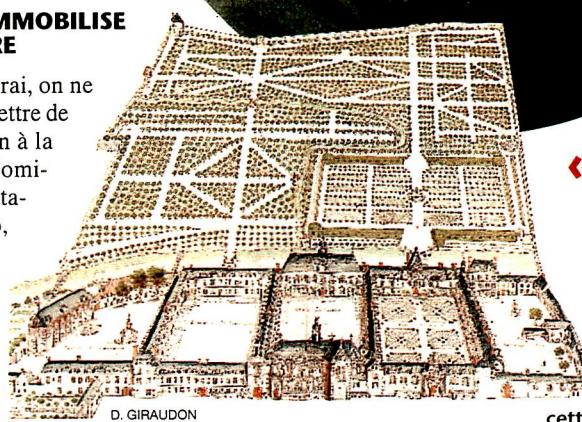


tion d'un ouvrage ambitieux, le *Traité du monde*, dans lequel il accepte l'héliocentrisme de Copernic et de Galilée. Il se prépare à le publier, en 1633, lorsqu'il apprend que Galilée vient d'être condamné par l'Inquisition et contraint de «maudire et détester le mouvement de la Terre». Dans une lettre à l'abbé Marin Mersenne, un philosophe français (1588-1648), Descartes s'étonne que la tentative d'établir que la Terre se meut ait essuyé une condamnation. Il ajoute que, si cette notion est fausse, les fondements de sa propre philosophie sont faux eux aussi. Il renonce à publier son *Traité du monde*.

L'influence du pouvoir religieux sur l'œuvre de Descartes est encore l'objet de bien des polémiques. Le génial penseur a-t-il eu peur ? La disgrâce de Galilée l'a-t-elle conduit à chercher des "preuves" conciliant la théorie héliocentrique et le dogme de la fixité de la Terre ? Est-il sincère lorsque, plus tard, il « nie très expressément ce mouvement » ?

#### L'INQUISITION IMMOBILISE LA TERRE

A l'époque, il est vrai, on ne pouvait guère se permettre de prendre l'Inquisition à la légère. En 1600, le dominicain et philosophe italien Giordano Bruno, condamné pour hérésie, avait été brûlé vif parce qu'il soutenait que la Terre tournait autour du Soleil et qu'il y avait ■■■



## Le rêve d'une «mathématique universelle»

Au collège jésuite de La Flèche (gravure ci-contre), où il étudie de 1607 à 1615, Descartes se passionne pour les mathématiques. Il rêvera longtemps d'appliquer sa «méthode», qui s'inspire de cette science, à l'ensemble du savoir.



# Homme de science, il ne renie

■■■ d'autres soleils et d'autres terres où la vie pouvait exister. En 1616, l'Inquisition avait condamné un traité de l'écclesiastique italien Foscarini qui tentait de réconcilier l'héliocentrisme et les saintes écritures. En 1619, Giulio Cesare Vanini fut accu-

sé de magie et brûlé vif à Toulouse : dans son ouvrage *Des secrets de la nature*, ce prêtre et philosophe italien avait cherché à rendre compte de l'homme comme être aussi bien biologique que pensant.

En 1624, le parlement de Paris

interdit sous peine de mort tout enseignement contraire à celui des auteurs autorisés par la faculté de théologie. Or, cet enseignement est issu d'un courant d'idées médiéval fondé sur l'interprétation de l'œuvre d'Aristote à partir de commentaires théologiques. Il érige en dogme la transcendance divine et l'immobilité de la Terre au centre de l'Univers. Descartes est troublé par cette intrusion de la religion dans la science, car il opère une distinction entre les deux. Le titre complet de son grand œuvre est *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences*. Mais cette science (« philosophie seconde » ou « philosophie naturelle ») doit trouver ses principes dans la « philosophie première » (nous dirions aujourd'hui métaphysique), qui porte sur les causes et les principes primordiaux (Dieu et l'immortalité de l'âme).

## LES HOMMES SONT DES "MACHINES" DIVINES

Est-ce pour se conformer au diktat religieux que Descartes va inventer un monde étrange, précurseur, aux yeux de certains, de l'univers relativiste d'aujourd'hui ? Pour lui, l'univers physique est entièrement composé de matière ; il n'y a pas de vide. Cette matière est inerte en elle-même. C'est Dieu qui lui a imprimé un mouvement, et cette quantité de mouvement demeure identique dans le temps. La seule cause des phénomènes physiques est le choc qui transmet le mouvement de corps en corps.

L'univers de Descartes est fait de planètes entraînées dans un tourbillon de matière dont le Soleil est le centre. Ces planètes sont elles-mêmes les centres de tourbillons secondaires entraînant leurs satellites. Il écrit : « Toutes les planètes (au nombre desquelles nous met-



## Condamnés pour hérésie copernicienne

Le souvenir du philosophe italien Giordano Bruno (ci-dessous, à droite), brûlé vif en 1600 pour avoir soutenu que la Terre tournait autour du Soleil, est encore vivace au moment du procès de Galilée, en 1613 (ci-dessous, à gauche).

Aiguillonnée depuis le début du siècle par le cardinal Robert Bellarmino (ci-contre), l'Inquisition condamne finalement l'astronome à abjurer ses idées coperniciennes sur le mouvement de la Terre.



COLL. VIOLET

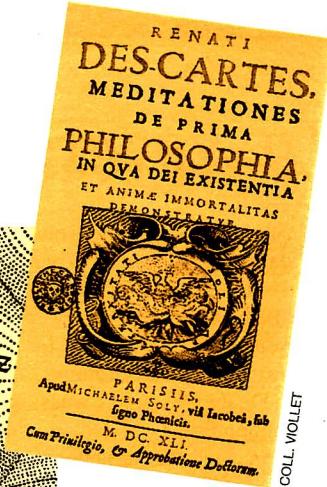
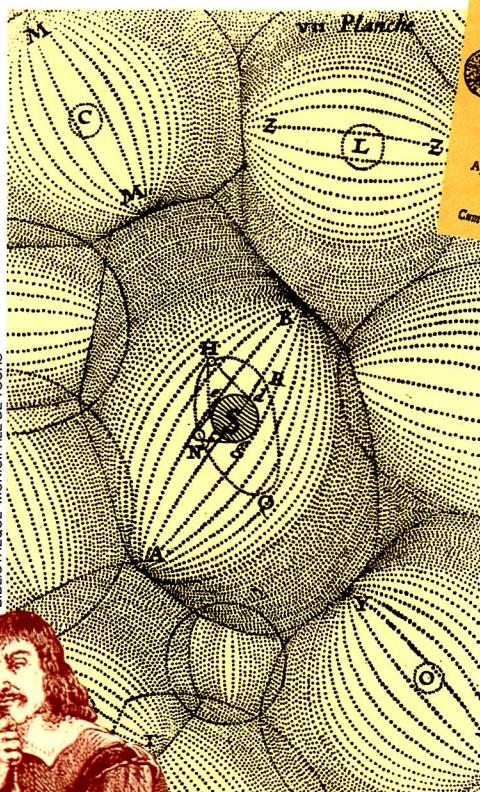
# pas Dieu

trons désormais la Terre) demeurent toujours suspendues entre les mêmes parties de cette matière du ciel.» Le tour est joué, la Terre redevient immobile. «On ne saurait trouver dans la Terre, ni dans les autres planètes, aucun mouvement, selon la propre signification de ce mot, parce qu'elles ne sont point transportées du voisinage des parties du ciel qui les touchent, en tant que nous considérons ces parties comme au repos.» Tour de passe-passe ou intuition d'un principe de la relativité? On en discute encore. Toujours est-il que le système du monde de Descartes ne s'opposait plus au dogme religieux de l'immobilité de la Terre.

Cette conception mécaniste s'étend aussi aux animaux et aux hommes. Ces derniers ne sont que des "machines" mises au point et "remontées" par Dieu. A Amsterdam, où il s'installe en 1628, Descartes demande à son boucher de lui «porter en [son] logis les parties qu'[il veut] anatomiser plus à loisir». Il fera ainsi de nombreuses observations pertinentes sur le fonctionnement desdites "machines".

Même s'il a tendance à gommer les acquis de ses prédécesseurs, Descartes a une vision novatrice et téméraire. Il a pris pour point de départ sa fameuse formule : « Je suppose que le corps n'est autre chose qu'une statue ou machine de terre ». Œuvre de Dieu, ce corps-machine, humain ou animal, fonctionne, comme toute chose dans la nature, en transformant le mouvement que Dieu a mis en lui – jusqu'à sa mort, qui ressemble

BIBLIOTHÈQUE MUNICIPALE DE TOURS



COLL. VIOLETT

## Un système respectueux du dogme

Dans l'Univers de Descartes, fait de planètes entraînées dans des tourbillons autour du Soleil, la Terre n'a pas de mouvement propre. Subtilité pour concilier le diktat religieux de la fixité de la Terre avec la théorie héliocentrique, ou intuition du principe de la relativité générale?

à l'arrêt d'un automate privé de "ressort". Il décrit la digestion en termes mécaniques et chimiques.

L'affaire du cœur est plus intéressante. Nous savons, par sa correspondance, que Descartes a lu le *De motu cordis* (*Du mouvement du cœur*) du médecin anglais William Harvey (1578-1657), découvreur de la circulation sanguine. Mais, s'il accepte

l'idée que le sang circule dans le corps, s'il insiste sur les aspects mécaniques (artères et veines sont des tuyaux; les valves, de petites portes), il rejette la théorie de Harvey selon laquelle le cœur est une pompe. Il attribue le mouvement à une production de chaleur dans le corps.

Selon Descartes, le sang circule parce que le cœur est un foyer qui l'échauffe constamment, un foyer dont le feu est sans lumière, comme le "feu" de la fermentation du foin ou du moût de raisin. Les admirateurs de Descartes diront que Harvey donne la vraie description sans expliquer pourquoi le cœur bat, tandis que Descartes se trompe, mais, du moins, fournit une explication. Le sang de Descartes transporte les "esprits animaux", parti-

# Le cartesianisme fonde la conception

culles légères et mobiles qui montent dans le cerveau, puis parcourent les nerfs et modifient la forme des muscles – notion qui rappelle les neurotransmetteurs et les neurohormones d'aujourd'hui.

Descartes pense aussi que les jappements de joie ou de douleur d'un chien sont des phénomènes de type réflexe, comme le cri que pousse un homme qui se brûle, et le mouvement qu'il fait pour retirer la main du feu. Les passions, plaisir et douleur, sont aussi des mécanismes. A la différence des hommes, les animaux ne sont conscients ni de leur douleur ni de leur plaisir. La preuve, c'est qu'ils ne parlent pas et ne peuvent nommer leurs sentiments.

Les hommes, eux, pensent. Descartes établit ici sa fameuse notion dualiste, la grande division hiérarchique de la nature, la séparation entre les êtres qui ne

sont que des corps-machines et ceux qui ont une âme. Les bêtes et les hommes. La pensée ne peut être l'œuvre du corps. Elle renvoie à une autre réalité, l'âme, qui est entièrement distincte du corps.

Mais comment ces substances, âme et corps, jugées incompatibles entre elles et de natures différentes, peuvent-elles communiquer ? « Ceci est le point le plus difficile à expliquer », admet Descartes, qui situe le siège de l'âme dans la glande pinéale (aujourd'hui épiphysse) du cerveau, pour des raisons qui nous paraissent saugrenues. Il écrit dans *les Passions de*

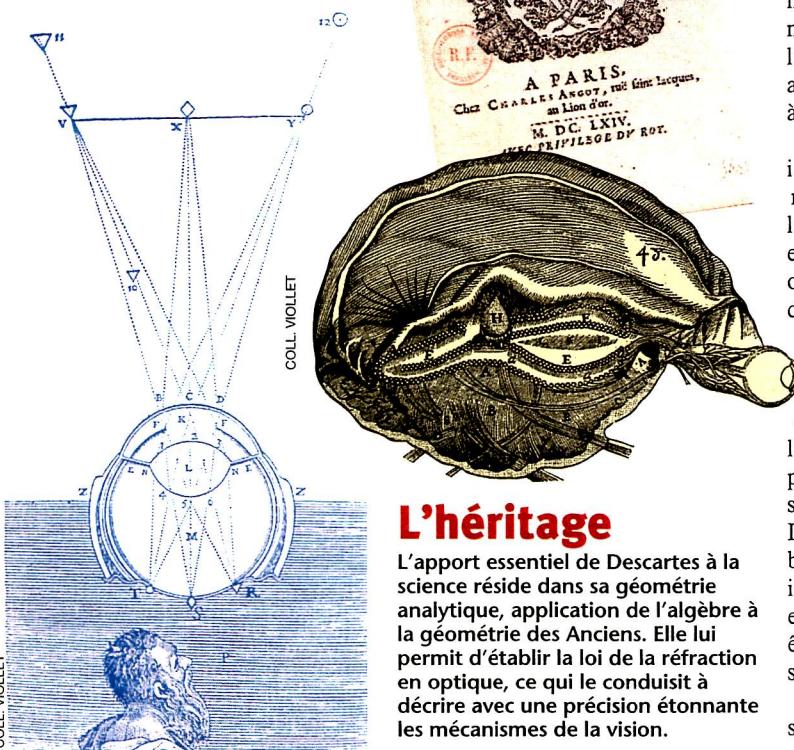
*l'âme* (publié en 1649) : « La raison qui me persuade que l'âme ne peut avoir en tout le corps aucun autre lieu que cette glande où elle exerce immédiatement ses fonctions est que je considère que les autres parties de notre cerveau sont toutes doubles, comme nous avons deux yeux, deux mains, deux oreilles, et enfin tous les organes de nos sens extérieurs sont doubles. (...) Il faut nécessairement qu'il y ait quelque lieu où les deux images qui viennent par les deux yeux (...) se puissent assebler en une avant qu'elles parviennent à l'âme, afin qu'elles ne lui représentent pas deux objets au lieu d'un. »

## MÉLANGE DE CANDEUR ET DE MODERNITÉ

En vertu de ce raisonnement, la glande pinéale devient le chef d'orchestre, et les esprits animaux, les exécutants de partitions dont la naïveté paraît aujourd'hui désarmanante : il attribue la générosité et l'amour à l'abondance des esprits animaux; la confiance et le courage, à leur force et à leur rudesse, etc.

Cette candeur voisine avec des idées étonnamment modernes, notamment sur la transmission et la perception des images visuelles et sur la coordination entre les organes sensoriels. Il analyse en détail l'anatomie et la physiologie de la vision. Il décrit la réfraction des rayons lumineux par le cristallin, l'ajustement de celui-ci en fonction de la distance de l'objet observé et l'ouverture de la pupille en fonction de la luminosité. On trouve même chez Descartes la notion, aujourd'hui bien établie, de l'interférence des impulsions nerveuses : par exemple, un stimulus visuel peut être si fort qu'il interfère avec un stimulus olfactif.

La mémoire, qui permet la représentation dans la glande pinéale



## L'héritage

L'apport essentiel de Descartes à la science réside dans sa géométrie analytique, application de l'algèbre à la géométrie des Anciens. Elle lui permit d'établir la loi de la réfraction en optique, ce qui le conduisit à décrire avec une précision étonnante les mécanismes de la vision.

# mécaniste de la vie



d'objets précédemment perçus, alors que ces objets ne sont plus devant les yeux, reçoit, elle aussi, une explication mécaniste. Descartes compare la glande pinéale à une toile transpercée par des aiguilles afin de laisser passer les esprits animaux. Après le retrait des aiguilles, les "trous" restent ouverts, et, même s'ils se referment, ils peuvent facilement se rouvrir.

## QUE RESTE-T-IL DE LA SCIENCE DE DESCARTES ?

Descartes a manqué de peu son but, en choisissant la glande pinéale. S'il fallait aujourd'hui localiser le siège des communications entre l'esprit et le corps, on le situerait un peu plus bas dans le cerveau, dans l'hypophyse, organe à la fois glandulaire et nerveux qui reçoit les neurohormones sécrétées par l'hypothalamus adjacent.

## Accueilli par la Suède

Descartes passera les derniers mois de sa vie à la cour de Suède, qui le réclame fin 1649 (ci-dessus, la reine Christine assistant à une démonstration du physicien). L'homme qui «était parce qu'il pensait» meurt à Stockholm en 1650, à 54 ans.

La question se pose donc : que reste-t-il de la science de Descartes ? Hormis ses travaux en optique et en géométrie analytique, la connaissance moderne en retient bien peu. Pourtant, en



1971, le philosophe Georges Canguilhem soulignait, dans *Connaissance de la vie*, l'origine cartésienne des conceptions mécanistes de la vie. Cette année-là, on ne parlait pas encore d'ingénierie génétique, ni du déchiffrage du génome humain, ce projet de "mettre l'homme en formule" qui avance à pas de géant. Descartes serait sans doute ravi, mais aussi marié de ne pas être l'inventeur de ce grand Meccano de la vie. ■

# Le grand air

**L**a *Calypso* n'est plus. Le célèbre bateau du commandant Cousteau gît dans le port de Singapour, le flanc déchiré par une barge. Elle sera transformée en une école de la mer destinée aux enfants, mais ne naviguera plus. L'accident met un terme à une carrière de quarante-sept années de campagnes dans toutes les eaux du globe. L'ancien dragueur de mines, acquis en 1949, était pour tout dire en préretraite. L'Equipe Cousteau planchait déjà depuis plusieurs années sur son successeur, *Calypso II*. L'*Alcyone*, l'autre bateau de l'association, avait déjà pris le relais pour des missions de longue durée, à Madagascar et en Afrique du Sud. Par la force des choses, la construction de *Calypso II* va s'accélérer. Si le choix du chantier naval n'est pas encore arrêté, plusieurs réponses aux appels d'offre ont été reçues et les plans du bateau sont achevés.

Sur le papier, il mesure 66 m de longueur, 16 m de largeur et peut embarquer 36 personnes. Il innoveant par la forme de sa coque en acier et son système mixte de propulsion que par ses équipements de navigation et de communication.

## MONOCOQUE ET CATAMARAN

*Calypso II* est avant tout un voilier. A l'avant, sa carène est celle d'un monocoque ; à l'arrière, sur 15 m, elle tient du catamaran. Ce compromis, déjà testé pour l'*Alcyone*, sera accentué sur *Calypso II*, avec une proue plus profilée. Physionomie hybride qui devrait lui procurer une excellente tenue à la mer tout en offrant une vaste surface de pont. Le faible tirant d'eau (3,5 m) facilitera l'accès du navire

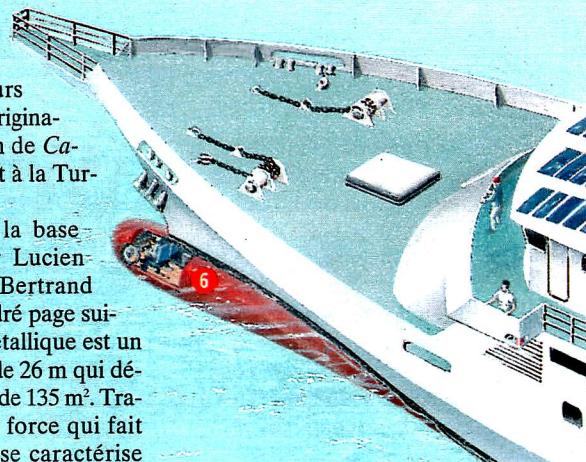
aux zones de hauts fonds et lui permettra d'approcher les côtes.

La principale innovation réside dans le système de propulsion. Pas d'hélice ou de gouvernail, ni même de voile, mais deux propulseurs cycloïdaux Voith-Schneider et une Turbovoile ®. Les premiers, qui fonctionnent au diesel et à l'électricité, sont généralement employés sur les remorqueurs. Ils possèdent six pales tournant autour d'un axe vertical. En faisant varier l'incidence des pales au cours de la rotation, on peut déplacer le bateau dans toutes les directions. L'inertie réduite et la souplesse d'utilisation de ce système conféreront au bateau une grande maniabilité. Même si peu de vaisseaux destinés à la haute mer sont équipés de propulseurs Voith-Schneider, l'originalité de la propulsion de *Calypso II* tient surtout à la Turbovoile.

Développée sur la base des travaux du Pr Lucien Malavard et du Dr Bertrand Charrier (voir encadré page suivante), cette aile métallique est un cylindre orientable de 26 m qui développe une surface de 135 m<sup>2</sup>. Traditionnellement, la force qui fait avancer un voilier se caractérise par un coefficient de portance. Ce coefficient dépend de la forme de la voilure. Celui de la Turbovoile est de 5, ce qui la rend de trois à quatre fois plus efficace qu'une voile classique de même surface. Elle développe la même force propulsive qu'une voile de 500 m<sup>2</sup>. Une seule Turbovoile équipera *Calypso II*, au lieu de deux actuellement pour l'*Alcyone*, l'expérience ayant montré que le fonctionnement de la se- ■ ■ ■

**Le naufrage de la *Calypso* du commandant Cousteau donne naissance à son successeur : un vaisseau d'exploration à propulsion éolienne, à la pointe de l'architecture navale.**

PAR ISABELLE BOURDIAL



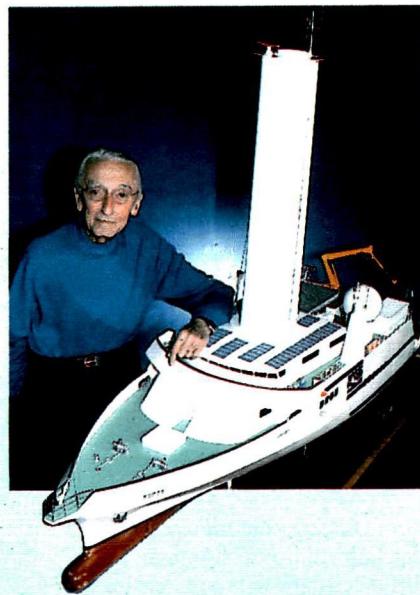
# de Calypso II

## Les 14 atouts du voilier

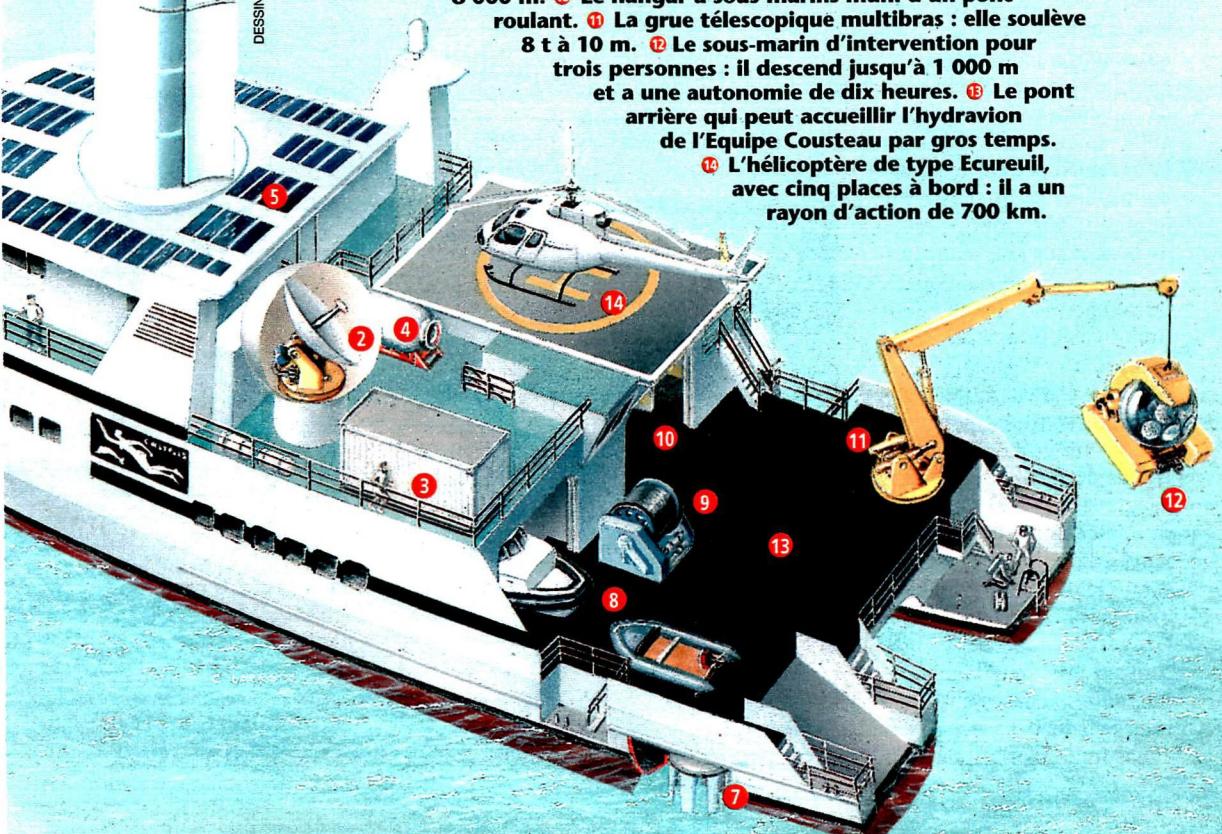
- 1 La Turbovoile ®, un système de propulsion éolienne inventé par l'Equipe Cousteau. 2 L'antenne parabolique de 4 m d'envergure montée sur plate-forme gyroscopique : elle réceptionne les cartes météo et envoie des images vidéo diffusées par satellite dans le monde entier. 3 Le laboratoire mobile : il varie suivant le type de la mission. 4 Le caisson de décompression. 5 Les cellules photovoltaïques. 6 La chambre d'observation logée dans l'étrave. 7 Les propulseurs cycloïdaux Voith-Schneider diesel-électrique qui fonctionnent sans hélice ni gouvernail. 8 Le hangar à bateaux pouvant abriter deux zodiacs et deux embarcations semi-rigides. 9 Le treuil long de 8 000 m. 10 Le hangar à sous-marins muni d'un pont roulant. 11 La grue télescopique multibras : elle soulève 8 t à 10 m. 12 Le sous-marin d'intervention pour trois personnes : il descend jusqu'à 1 000 m et a une autonomie de dix heures. 13 Le pont arrière qui peut accueillir l'hydravion de l'Equipe Cousteau par gros temps. 14 L'hélicoptère de type Ecureuil, avec cinq places à bord : il a un rayon d'action de 700 km.

1

DESSIN C. LACROIX



P. WALLET/EQUIPE COUSTEAU



conde Turbovoile était affecté par le sillage de la première.

Afin d'en optimiser le rendement, ce système de propulsion mixte, diesel-électricité-énergie éolienne, est piloté par ordinateur. On espère ainsi économiser de 20 à 30 % d'énergie et atteindre une vitesse de croisière de 14 nœuds (26 km/h), ce qui est honorable pour un voilier.

Autre innovation : le système de transmission vidéo par satellite. Les images vidéo tournées en mer

## Une véritable arche de Noé des technologies

seront directement traitées à bord, dans un studio de montage, puis diffusées dans le monde entier à partir de *Calypso II*. Si l'on transmet couramment à terre des images vidéo, au moyen d'une antenne mobile, en mer, c'est une autre paire de manches ! Le tangage, le roulis et les changements de cap du bateau compliquent singulièrement toute transmission. Pour remédier à ces inconvénients, on a prévu d'asservir l'antenne parabolique en la disposant sur une plate-forme gyroscopique, qui l'orientera en permanence en direction du satellite. *Calypso II* comprendra aussi, sous l'étrave, une chambre d'observation sous-marine munie de tous les appareils numériques de prises de vue. Le hangar situé à bâbord abritera quatre annexes de haute mer, deux embarcations semi-rigides habitables et deux zodiacs. Leur mise à l'eau et leur repêchage se feront sur une rampe inclinée, sans qu'il soit nécessaire d'arrêter le bateau.

Les fonds marins pourront

## TURBOVOILE : UN CYLINDE DANS

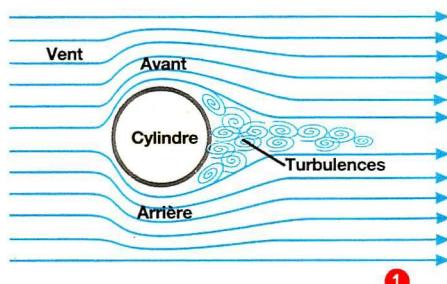
■ La Turbovoile s'inspire d'un principe dont la découverte remonte à 1852 : l'effet Magnus. Le physicien allemand Heinrich Gustav Magnus constate qu'un cylindre en rotation placé dans un courant d'air subit une poussée perpendiculaire au vent, qui a pour cause l'écoulement disymétrique de l'air. Lorsque le cylindre est immobile, le vent s'écoule de part et d'autre ①. S'il tourne, il entraîne l'air ②. Que se passe-t-il à l'avant du cylindre (du côté qui se déplace dans le même sens que le vent) ? Les molécules d'air (en bleu) sont happées par le cylindre, leur trajectoire s'infléchit, leur mouvement s'accélère (A) (voir photo ci-dessous). De l'autre côté du cylindre, en revanche, le vent est contrarié par le mouvement du rotor. La vitesse des molécules d'air décroît, elles

s'accumulent en partie contre la paroi (B).

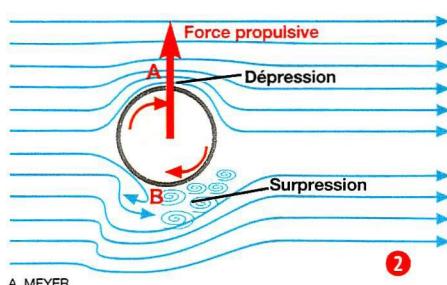
En résumé, d'un côté, le fluide s'écoule à grande vitesse, de l'autre, il ralentit. Il en résulte une différence de pression entre les deux zones. Dans la première, règne une

dépression qui aspire le cylindre vers l'extérieur. Cette force est amplifiée par la poussée qu'engendre la surpression qui se crée dans la seconde zone.

En 1925, un ingénieur allemand utilise le premier l'effet Mag-



①



②



## LE VENT

nus pour propulser des navires. Il fait monter avec succès deux rotors sur une goélette. Mais ce nouveau mode de propulsion tombera dans l'oubli. A l'époque, le faible coût des carburants ne peut entamer la suprématie des bateaux à vapeur.

Il faudra attendre un demi-siècle pour que voguent de nouveau des bateaux à voiles cylindriques. En 1979, le physicien français Lucien Malavard propose à un étudiant en aérodynamique, Bertrand Charrier, de mener un doctorat sur la propulsion par effet Magnus. Trois ans plus tard, plusieurs accords de coopération signés entre l'Agence nationale pour la maîtrise de l'énergie, le ministère de la Mer, le ministère de la Recherche et de l'Industrie et l'Equipe Cousteau offrent aux deux scientifiques les moyens de construire un

navire expérimental.

L'adaptation d'un rotor de grande taille sur un navire se révèle délicate. Entraîner un engin de cette taille à des vitesses supérieures à celle du vent pose quelques problèmes techniques... En collaboration avec Jacques-Yves Cousteau, Lucien Malavard et Bertrand Charrier imaginent de supprimer la rotation du cylindre mais de conserver l'effet Magnus en aspirant l'air dans la zone où il se détache du cylindre ③.

On peut en effet re-

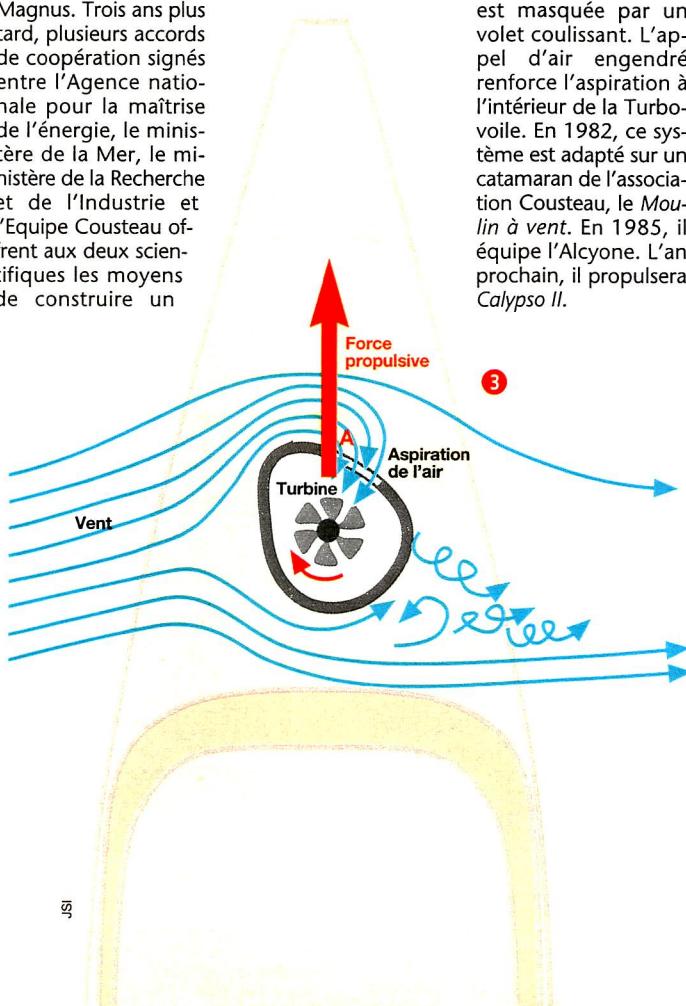
créer l'écoulement disymétrique du vent en A au moyen d'une turbine située à l'intérieur du cylindre : les particules d'air sont accélérées à l'avant. Le bateau est alors propulsé par l'effet Magnus. Pour augmenter le rendement de la Turbo-voile, on lui a donné une forme ellipsoïdale à l'avant, ronde à l'arrière, et on la fait légèrement pivoter en fonction de la direction du vent. Sur les côtés, deux grilles sont disposées sur toute la hauteur du cylindre. Suivant la direction du vent, l'une ou l'autre est masquée par un volet coulissant. L'ap-pel d'air engendré renforce l'aspiration à l'intérieur de la Turbo-voile. En 1982, ce système est adapté sur un catamaran de l'association Cousteau, le *Moulin à vent*. En 1985, il équipe l'*Alcyone*. L'an prochain, il propulsera *Calypso II*.

être explorés au moins jusqu'à 1 000 m de profondeur, et vraisemblablement jusqu'à 6 000 m. Un passage à travers la coque permettra aux plongeurs de se mettre à l'eau par tous les temps. Le bateau possédera un système intégré et autonome de plongée à saturation pour quatre plongeurs, constitué d'une cloche de plongée et d'une chambre de décompression. Au-delà de 200 m, les investigations seront menées par une soucoupe plongeante pouvant accueillir trois personnes. Jacques-Yves Cousteau étudie la construction d'un sous-marin en céramique ; le prototype serait en mesure d'atteindre 6 000 m de profondeur.

### TOUS LES DÉCHETS SONT STOCKÉS OU RECYCLÉS

L'exploration aérienne n'a pas été oubliée. Un hélicoptère de type Ecureuil pourra prendre place sur le pont de *Calypso II*. Un hydravion de douze places accompagnera le bateau dans ses missions. En cas de tempête, la grue télescopique l'installera sur le pont arrière. Il n'y aura pas de cartes marines à leur bord : numérisées, elles seront stockées sur CD-Rom. La chambre des machines sera entièrement automatisée : le quart machine s'effectuera sur la passerelle. Dernière nouveauté, tous les déchets produits à bord seront récupérés. Les eaux de cale de la salle des machines seront filtrées, dégraissées et décantées avant d'être rejetées. Les eaux usées seront traitées dans une petite unité biologique, les boues recueillies et séchées. Les déchets solides seront compactés et stockés à bord. Les fumées des moteurs diesel seront filtrées.

Une souscription mondiale devrait bientôt être lancée en vue de la construction de ce bâtiment de recherche à la pointe de l'architecture navale. Si Cousteau parvient à réunir les 100 à 150 millions de francs nécessaires, *Calypso II* pourrait prendre la mer avant la fin de l'année prochaine.



# Des CD à graver soi-même

**L**e PDR-05 Pioneer est un lecteur de CD audio bien particulier. Car, outre ses qualités de lecture, il permet à l'utilisateur de "graver" ses propres disques. Le CD obtenu peut être lu sur n'importe quel lecteur, qu'il s'agisse d'un appareil de salon, d'un baladeur ou d'un autoradio. En "tout numérique",

ou bien par l'intermédiaire d'une entrée analogique, on peut aussi réaliser des copies. La copie tout numérique offre une qualité sonore strictement identique à celle de l'original. L'utilisation de l'entrée analogique permet de donner un nouveau support aux disques

en vinyle, voire aux antiques 78-tours. Les collectionneurs apprécieront cette possibilité. Ce graveur de CD a pu voir le jour grâce à l'association de deux technologies : un disque dérivé des supports enregistrables professionnels et,

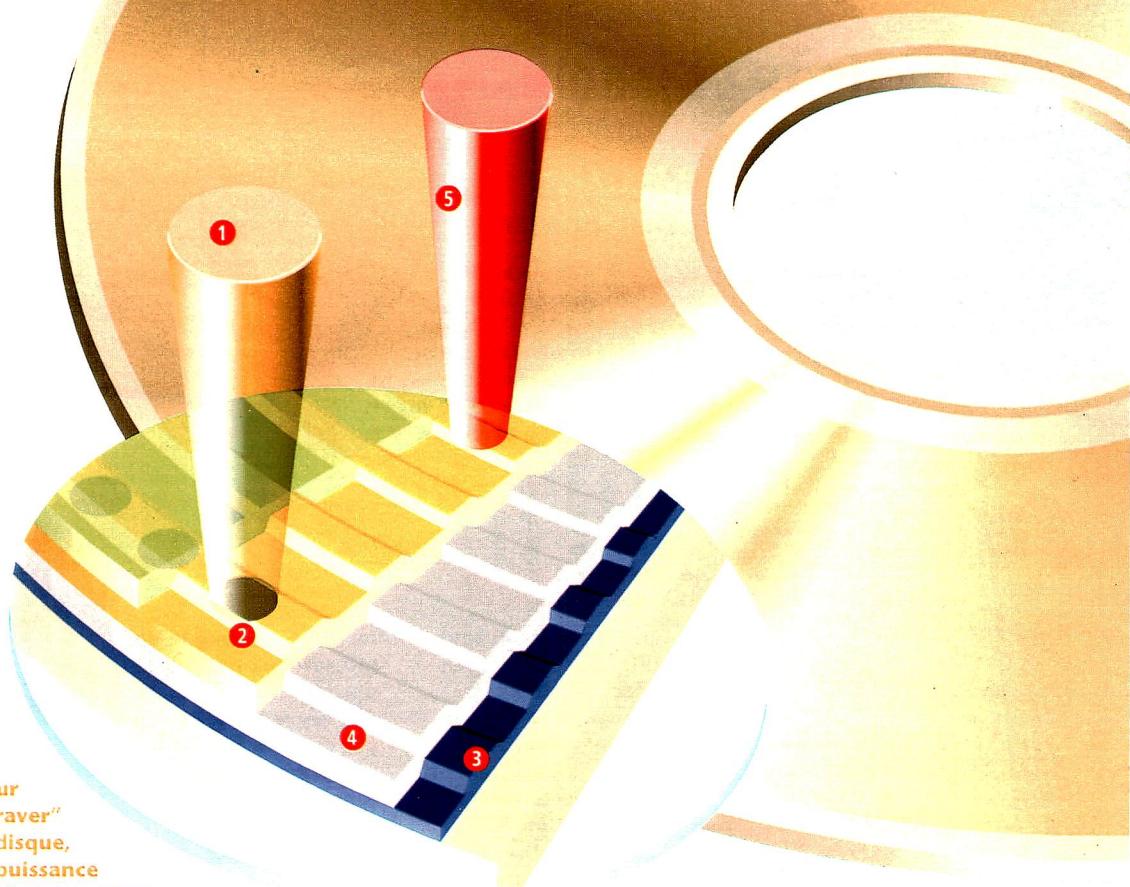
sur l'appareil, un laser à puissance variable pour assurer

alternativement les fonctions d'enregistrement et de lecture. Le disque comporte un "sillon" de guidage optique de la tête : les réflexions du faisceau laser sur les bords de celui-ci guident la tête durant l'enregistrement. Un colorant organique sensible à la chaleur recouvre ce sillon. Lors de l'enregistrement, la puissance du laser est poussée : son faisceau chauffe la couche sensible. Le colorant devient alors opaque.

Sur le sillon se forme une succession de zones sombres, correspondant au codage numérique. Cette opération ne peut être

Une fois le son enregistré, le CD peut être lu sur n'importe quel appareil. Sa durée est limitée à 60 mn.





Pour "graver" le disque, la puissance du faisceau laser est augmentée ①.

La chaleur noircit localement une couche de pigments thermosensibles ②. Afin de guider la tête durant cette opération, la couche réfléchissante ③ est surmontée d'un sillon de guidage ④. C'est la réflexion de la lumière du laser sur ses bords qui permet au système de guidage de se caler correctement. Pour la lecture, la luminosité du laser est réduite ⑤. Le PDR-05 fonctionne alors comme un lecteur conventionnel.

puisque, pour leur dispositif électronique de lecture, l'essentiel est que la réflexion du faisceau laser ait lieu – ou n'ait pas lieu –, en fonction du codage. Enfin, pour assurer la compatibilité totale avec le codage des CD du commerce, l'électronique du PDR-05 gère les "labels" placés au début de l'enregistrement. Il s'agit d'une zone du disque où sont mentionnées, sous forme de données numériques, les informations sur la durée totale du disque, le nombre de plages, la durée de chaque plage, etc. Prix : 10 000 F, et 90 F le CD vierge.

H.-P. P.



# MAISON ET JARDIN

## Engrais désherbant pour rosiers

KB propose un produit dont l'originalité réside dans sa double action. Il s'agit de l'association d'un désherbant sélectif et d'un engrais pour rosiers. Une seule

application, sur sol propre, empêche la levée des mauvaises herbes tout en accélérant la croissance du rosier. **Prix : à partir de 40 F.**



## Bague écologique

Les arbres fruitiers sont régulièrement attaqués par des parasites tels que chenilles, pucerons ou fourmis. Pour les protéger, la bande de Glu Pelton de Fertiligène est une solution douce, totalement naturelle. Elle se fixe sur le tronc,

formant une bague qui interdit aux nuisibles d'atteindre le feuillage de l'arbre. Conditionnée par rouleaux de 5 m, la bande se coupe en fonction du diamètre du tronc et s'y fixe à l'aide d'attaches. **Prix : 62 F. K. L.**

# SPORTS ET LOISIRS

## Raquette au long cours

Vingt ans après avoir inventé la raquette à grand tamis, le fabricant Prince, avec la collaboration du tennismen américain Michael Chang, crée le concept Longbody. La surface du tamis et/ou la longueur du manche sont accrues. Cette innovation s'applique au tamis traditionnel aussi bien qu'au tamis en forme de goutte d'eau. Le grand tamis augmente la vitesse, donc la puissance, et les vibrations sont atténuées grâce à l'allongement de l'écart entre la balle et la main. Quatre modèles



de la nouvelle gamme Prince bénéficient de cette technologie. La raquette Graphite Michael Chang est destinée aux bons joueurs. Elle garde les caractéristiques de la célèbre Graphite 1, mais rajeunies par le procédé Longbody. Le manche a gagné 2,5 cm, sans augmentation de poids grâce à son profilage plus large, mais moins épais, et au cadre en graphite à haute densité modulaire. Le grip est traditionnel, en cuir naturel. Poids de la raquette non cordée : 295 g. Tamis : 690 cm<sup>2</sup>. **Prix : 1 500 F. K. L.**

## Libérez la poitrine !

Le Sea Hawk de Scubapro développe le concept des bouées de plongée dorsales appréciées des plongeurs professionnels et des sportifs. Le thorax dégagé, le plongeur retrouve une grande liberté de mouvement des bras. Le gilet est taillé à sa



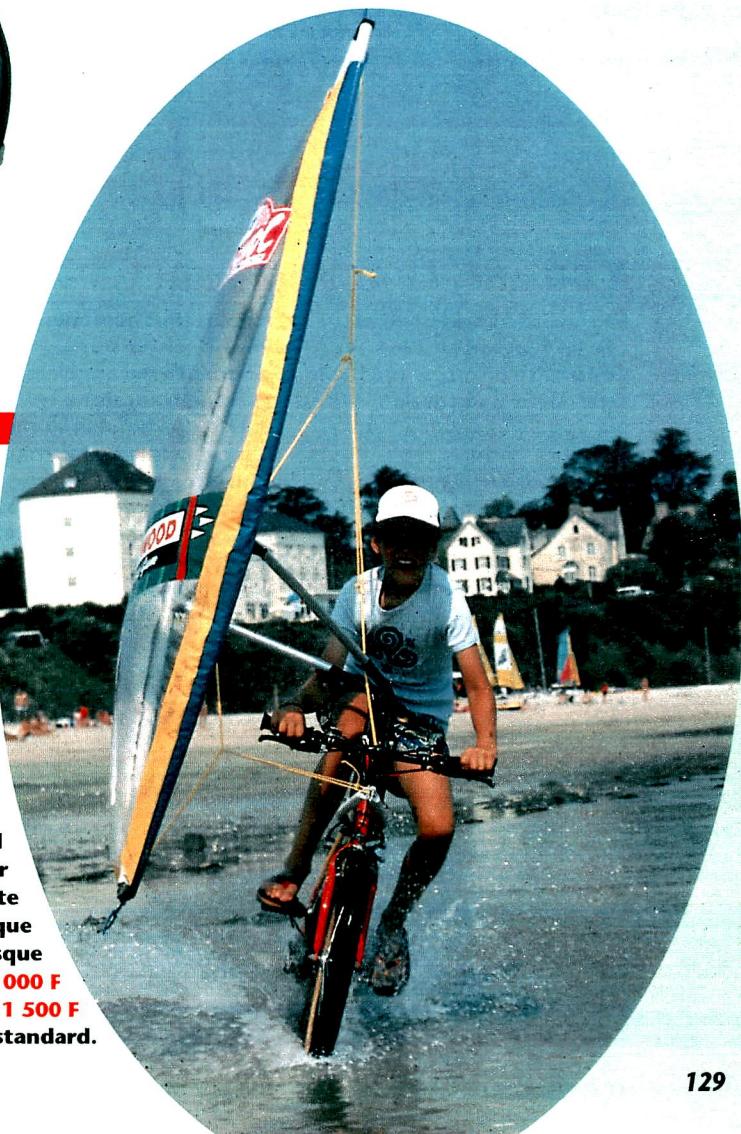
mesure : le harnais réglable, en Nylon, s'adapte à toutes les morphologies et comprend de nombreux anneaux en inox massif auxquels des bouteilles supplémentaires – ou tout autre accessoire – peuvent être accrochées. Grâce au dossier réglable (deux positions), le plongeur peut ajuster sa stabilité en fonction de sa morphologie. Des plombs Ecolo Scubapro, contenus dans des sachets

hermétiques – qui évitent, en piscine, la contamination de l'eau par le plomb –, se logent dans les poches latérales. Ce lestage, constitué de grenaille, procure un grand confort comparativement au classique lestage monobloc. En cas de nécessité, les plombs peuvent être largués par simple traction sur deux tirettes. Existe en quatre tailles et trois degrés de flottabilité. Prix : 3 990 F.

## Vélo à voile

Cette voile lenticulaire se fixe en moins de cinq minutes sur n'importe quel vélo ou VTT. Elle vous permettra de filer... comme le vent. A l'inverse de la planche à voile, le vélo à voile est facile à maîtriser. Enfants et adultes peuvent s'initier à ce nouveau loisir qui nécessite seulement de savoir monter à bicyclette.

Le gréement standard a une surface de 2 m<sup>2</sup>. Pour les enfants, il existe un gréement de 1 m<sup>2</sup>, que l'adulte peut utiliser lorsque souffle la tempête. Prix : 1 000 F le gréement enfant, 1 500 F le modèle standard.



# VIE PRATIQUE

## Ordinateur : interdit aux enfants



**Le micro-ordinateur n'est plus un objet réservé à quelques membres de la famille. Si les parents l'utilisent pour des "travaux sérieux", les enfants le considèrent aujourd'hui comme une "superconsole de jeu". Cependant, un enfant, perdu au milieu d'écrans dépourvus de sens pour lui, peut lancer**

**des ordres conduisant à la destruction de fichiers ou de logiciels. C'est pour éviter ce genre de catastrophe que Berkeley Systems propose Launch Pad. Ce CD-Rom, utilisable avec un PC, comprend un logiciel qui permet de restreindre l'accès à certaines zones**

**de la machine. Ainsi les enfants ne peuvent plus intervenir que dans une zone qui leur est réservée, abritant, par exemple, leurs jeux vidéo ou leurs logiciels de dessin. Launch Pad reconfigure l'écran d'accueil de l'ordinateur. Les fonctions de la machine auxquelles l'enfant peut accéder sont**

**figurées par des icônes très claires, et un simple "clic" de la souris ouvre l'accès au logiciel sélectionné. Le retour au mode de fonctionnement "normal" de l'ordinateur est obtenu par l'introduction d'un mot de passe choisi par l'utilisateur. Prix : 249 F.**

## AUTOMOBILE

### A 50 ans, la 4CV rajeunit !

La célèbre 4CV Renault est née en septembre 1946. Construite jusqu'en 1961, elle sera "tirée", au total, à 1 105 547 exemplaires. La petite voiture a symbolisé le renouveau de l'industrie européenne et la démocratisation de l'automobile.

Ses concepteurs lui rendent

aujourd'hui hommage. Pour célébrer son cinquantième anniversaire, la firme française a créé la Fiftie, exemplaire unique d'un véhicule de loisir qui s'inspire de la 4CV. Conceptualisée par Renault et assemblée par la société D3, la Fiftie est une berline à deux places dotée d'une plate-forme en

aluminium, d'une carrosserie en fibre de carbone, de trains roulants sophistiqués et équipée de pneumatiques conçus en collaboration avec Michelin. Son architecture est organisée autour du moteur central, inédit, le D7F, couplé à une boîte de vitesse manuelle à cinq rapports associée à un embrayage piloté. Le D7F est destiné à équiper, à l'avenir, les Twingo. Ultra-léger (82 kg), c'est un 4 cylindres en ligne à arbre à came en tête, 8 soupapes, 1 149 cm<sup>3</sup> délivrant 60 ch (43 kW) à 5 250 tr/mn. Ce moteur se caractérise par son couple, 93 N.m à 2 500 tr/mn, et par sa sobriété : 6,3 litres aux 100 km selon la nouvelle norme européenne MVEG (beaucoup plus stricte que la norme précédemment en vigueur).



## AUDIOVISUEL



### Photo : gamme pour le nouveau format

La gamme d'appareils Nikon destinée au nouveau format photographique, l'APS, comprend trois appareils compacts.

Points forts de cette gamme baptisée Nuvis (New Vision) : la miniaturisation et la simplicité d'utilisation.

Le Nuvis mini *i* est le plus simple des trois. Il est doté d'un objectif de 25 mm (31 mm en 24 x 36), avec mise au point autofocus de l'infini à

36 cm. Le Nuvis 75 *i* est muni d'un zoom 30-60 mm (l'équivalent d'un 37,5 x 75 mm). Enfin, le Nuvis 125 *i* est équipé d'un zoom 30-100 mm et de caractéristiques techniques plus sophistiquées. Ces trois appareils disposent de l'enregistrement magnétique des données de format sur le film. Prix : de 1 000 F à 2 200 F. K. L.



### La Saturn fait son cinéma

La cartouche vidéo-CD Card transforme la console de jeu Sega Saturn en lecteur de CD vidéo numérique. Elle contient une carte de décodage MPEG.

La console possède un logement destiné à la recevoir. Sa mise en place ne modifie en rien les fonctions "jeu" de la Saturn. En revanche, l'introduction d'un vidéo-CD dans le lecteur déclenche la fonction lecteur. Cette carte comporte quelques fonctions particulières, telles que ralenti, zoom, grand angle ou incrustation d'images. Prix : 1 169 F.



### Un choix unique

Lunettes, télescopes, jumelles, oculaires, raccords photographiques, accessoires spéciaux, livres, logiciels, vidéo, CD-ROM, posters, diapositives cours, stages, voyages...

### Découvrez l'Astronomie

Avec des spécialistes pour vous guider  
Un lieu unique aux portes de l'espace,  
les plus grandes marques,

le plus grand choix...

La maison de l'Astronomie,  
un endroit de découverte pour les néophytes  
et les astronomes confirmés.

Recevez gratuitement le catalogue librairie 96  
Tél. : (1) 42 77 99 55

Fax : (1) 48 87 40 87

la maison de l'Astronomie - 33-35, rue de Rivoli - 75004 Paris

# Et la Lune s'éclipsera

**V**oilà plus de trois ans que nous n'avons pas eu l'occasion d'observer entièrement une éclipse totale de Lune. Si les conditions météorologiques sont favorables dans la nuit du 3 au 4 avril, ce manque devrait être comblé.

Les heures des différentes phases, en temps légal, sont les suivantes :

- Entrée dans la pénombre : 23 h 15, le 3.
- Entrée dans l'ombre : 0 h 20, le 4.
- Début de la totalité : 1 h 26.
- Fin de la totalité : 2 h.
- Sortie de l'ombre : 3 h 58.
- Sortie de la pénombre : 5 h 03.

Le phénomène peut être suivi à l'œil nu. A noter que, au début de l'entrée dans la pénombre, on ne distingue guère de changement. En revanche, lorsque l'ombre est abordée, l'aspect du disque change rapidement, et l'éclipse est visible sans difficulté.

L'utilisation d'une paire de jumelles est fortement recommandée. Il est préférable de les fixer sur un pied photo pour suivre sans fatigue tout le phénomène.

Bien entendu, lunettes et télescopes permettent une observation encore plus spectaculaire. On suivra la progression de l'ombre avec un grossissement de 60 à 80 fois, ce qui donnera une vision entière de la Lune.

La photographie est possible. Utilisez un film rapide (400 ASA), ouvrez le diaphragme au maximum, fixez le boîtier sur un pied photo et munissez l'appareil d'un déclencheur souple pour éviter les vibrations au déclenchement. Il faudra un objectif d'au moins 135 mm de focale pour avoir une image correcte. Réalisez plusieurs temps de pose : de 1/125 à 3 secondes pour les phases partielles, et de 2 à 8 se-

condes pour la totalité. Attention, au-delà de 2 secondes, une monture équatoriale est nécessaire, sinon, il y a un risque de filé à cause de la rotation de la Terre. Si vous possédez

une lunette ou un télescope avec monture équatoriale, vous pourrez essayer des temps de pose plus longs, notamment pendant la totalité, car c'est une phase très sombre. ■

## ASTROPRATIQUE

### Le Telrad

Les instruments astronomiques sont, pour la plupart, livrés avec un chercheur, mais beaucoup d'utilisateurs le trouvent peu pratique. C'est pourquoi nous vous présentons ce mois-ci un accessoire très prisé aux Etats-Unis mais peu connu en France : le Telrad. Simple d'utilisation et remarquablement efficace, c'est un complément de pointage adaptable à tous les appareils et qui simplifie énormément la localisation des astres. Il se compose d'un corps principal, qui renferme un réticule avec son système d'éclairage et de projection et, sur le dessus, d'une lame de verre à 45°, au travers de laquelle l'observateur visualise le réticule et le ciel. C'est là que réside l'astuce. Au travers du Telrad, vous voyez le ciel tel que les cartes le décrivent, et non pas comme une petite portion renversée et grossie. Par réflexion virtuelle, trois cercles

rouges lumineux et concentriques se projettent sur le ciel, le plus grand représentant 4° et le plus petit 0,5°, soit le champ du télescope.

Pour pointer un astre, il suffit de placer celui-ci au centre des cercles, en manipulant le tube du télescope ou de la lunette. L'astre est alors au centre du champ de vision de l'instrument principal.

Le Telrad, alimenté par deux piles standard de 1,5 volt, comprend un rhéostat de réglage et se fixe

facilement sur les tubes plats ou ronds. C'est le système de pointage le plus remarquable qui soit, car il permet de pointer n'importe quel objet en quelques secondes, quel que soit le diamètre de l'instrument sur lequel il est fixé.



**Le Telrad permet de pointer n'importe quel objet stellaire en quelques secondes.**

# Le ciel d'avril



**DU 1<sup>er</sup>  
AU 4**  
En soirée,  
dès le coucher  
du Soleil  
vers l'ouest, suivre  
le déplacement de Vénus,  
à proximité  
de l'amas des Pléiades.

#### LES 11 et 12

La Lune,  
en dernier quartier,  
passe à proximité d'Uranus  
puis de Neptune, le matin  
vers le sud-sud-est.

#### LUNDI 15

En soirée, Vénus  
est en conjonction  
avec la brillante et rouge  
Aldébaran.

#### MERCREDI 17

Eclipse partielle du Soleil,  
visible  
depuis la Nouvelle-Zélande  
et le Pacifique Sud.

Illustration : M. Roux-Saget

#### DU 18 AU 25

Essaim d'étoiles filantes  
des Lyrids, dont le maximum  
a lieu dans la nuit du 22.  
Ces météores, rapides  
et brillants, sont associés  
à la comète Tatcher.

#### DU 19 AU 23

Très belle lumière cendrée  
de la Lune, à observer le soir  
vers l'ouest, après le coucher  
du Soleil.

#### SAMEDI 20

Suivre, ainsi que les soirs  
 suivants, le croissant de Lune,  
 qui est en conjonction avec

#### DIMANCHE 21

Jusqu'au 12 mai,  
étoiles filantes de l'essaim  
d'Eta Verseau, associées  
à la comète de Halley.

#### MARDI 23

Vers l'ouest-nord-ouest, Mercure,  
à son élongation est maximale,  
est observable,  
peu après le coucher du Soleil.

**A  
ne pas  
manquer**

#### MERCREDI 3

Eclipse totale de Lune,  
entièrement visible en  
France (voir article  
page ci-contre).

# Drôles de

**E**n électronique, les bobinages de fil conducteur sont omniprésents.

L'une de leurs premières utilisations est le transformateur, cette pièce qui permet de convertir une tension alternative en une autre. Tous les "adaptateurs secteurs", utilisés pour alimenter radios, baladeurs ou calculatrices sur 200 volts, sont construits autour de cet élément. Le principe de base du transformateur est le couplage magnétique. Une première bobine de fil électrique est alimentée par le secteur. Elle génère alors un champ magnétique alternatif – comme n'importe quel électroaimant. Une seconde bobine récolte ce champ magnétique et, comme l'effet "électricité-champ" est réversible, une nouvelle tension apparaît entre les extrémités du fil qui la compose. Pour parfaire le couplage magnétique des deux bobines, on utilise un circuit magnétique : il s'agit simplement de feuilles de fer doux superposées. En canalisant les lignes de champ magnétique, elles limitent les pertes et améliorent le rendement du transformateur.

## LES CHAMPS MAGNÉTIQUES SE FAUFILENT PAR L'ENTREFER

De nombreux autres éléments électroniques sont basés sur l'utilisation de bobines. C'est le cas, notamment, des têtes de lecture des magnétophones ou des magnétoscopes. Sur la tête d'un lecteur de cassettes, une seule bobine est présente. Tout comme dans le cas d'un transformateur, elle est pourvue d'un circuit magnétique. Cependant, celui-ci a une particularité : il est ouvert. Cette ouverture, appelée entrefer, est en contact avec la bande magnétique. Les microaimants que porte la bande enregistrée défilent, au cours du déplacement de celle-ci, devant l'entrefer. Ils induisent donc dans le circuit magnétique, tout comme la première bobine du transformateur, un champ

variable dont l'intensité est "à l'image" de la musique enregistrée. Une fois appliqué à la bobine, ce champ est transformé en une tension qui, elle aussi, est l'image du son enregistré. Il suffit d'amplifier cette tension et de l'appliquer à un haut-parleur pour obtenir la restitution de l'enregistrement.

Les têtes de lecteur de disquettes informatiques ou de disques durs, fonc-

tionnent sur un principe similaire – avec cette seule différence que la tension électrique récupérée sur la tête correspond aux 0 et aux 1 des données, et non plus à un son.

## UN AMPLIFICATEUR POUR TÉLÉPHONE

Pour mettre en évidence cette correspondance d'un champ magnétique variable à un son, nous allons

## La voix retrouvée par les

### Le matériel nécessaire

Ce montage comprend deux phases : le captage du champ magnétique issu du combiné téléphonique, d'une part, et son amplification, d'autre part. Une bobine assure le captage du champ magnétique.

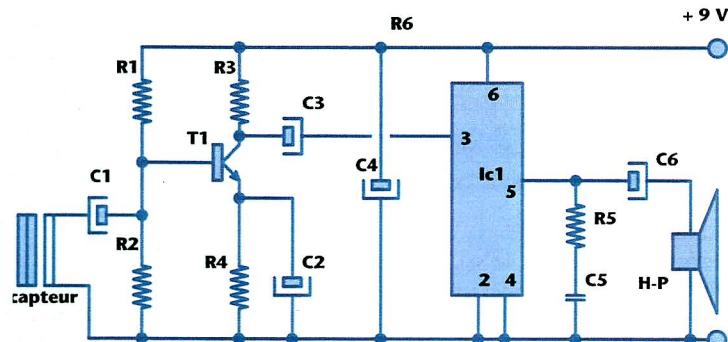
Certains détaillants proposent des bobines assemblées dans un petit boîtier muni d'une ventouse. Cet ensemble, souvent appelé capteur téléphonique, convient parfaitement à notre montage. Il est cependant possible de fabriquer ce capteur,

en bobinant 150 spires de fil émaillé de 10 centièmes de millimètre de section sur une petite bobine vide de fil à coudre. En raison de l'importante amplification nécessaire au bon fonctionnement du montage, nous procéderons en deux étapes.

### Un amplificateur à deux éléments

Un transistor reçoit la tension électrique issue de la bobine et lui fournit une première amplification. Un circuit intégré du type LM 386 complète cette dernière et délivre

### Schéma électrique



# bobines...

réaliser un petit amplificateur pour téléphone. Les combinés téléphoniques sont équipés d'un transformateur par lequel transite la tension électrique correspondant au message parlé et où se trouve donc un champ magnétique variable. Ainsi que nous venons de l'expliquer, ce transformateur est équipé d'un circuit magnétique destiné à améliorer son rendement et à minimiser ses pertes.

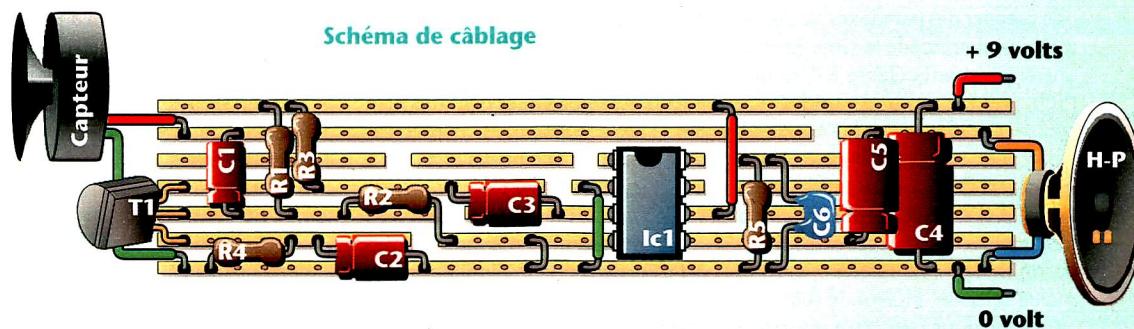
Cependant, comme rien n'est jamais parfait, un faible champ magnétique réussit tout de même à "s'échapper" du transformateur. C'est ce champ que nous allons récupérer et amplifier pour restituer la conversation. Une bobine fait office de capteur de champ magnétique. La tension qu'elle délivre est, certes, très faible, mais l'amplifier fortement ne soulève pas de problème majeur. ■

## où se procurer les composants

- MAGNÉTIC FRANCE, 11 place de la nation, 75011 Paris. Tél. : 43 79 39 88.
- PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris. Tél. : 43 36 26 05.
- TSM, 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville. Tél. : 34 13 37 52.
- URS MEYER ELECTRONIC, 2052, Fontainemelon, Suisse.

Disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

## champs perdus



une tension suffisamment importante pour qu'elle puisse être directement appliquée à un haut-parleur. Le câblage de cet amplificateur ne présente pas de difficulté majeure. Il faut cependant soigneusement respecter le brochage du LM 386, une encoche dans son boîtier servant de repère.

### Le brochage du transistor

Il en est de même pour le transistor. Ici, c'est le méplat du boîtier qui fait office de détrompeur. La polarité des condensateurs chimiques doit être respectée, une gorge

indiquant leur pôle positif. Enfin, il faut bien couper l'ensemble des bandes conductrices de la plaque de montage sous le circuit intégré, ainsi qu'aux emplacements indiqués sur le schéma. Cette opération se réalise à l'aide d'un foret à métaux de 5 mm de diamètre, qu'il suffit de tourner, à la main et sans appuyer, sur le trou où doit se pratiquer la coupe.

### Comment régler le volume sonore

Nous n'avons pas prévu de réglage de volume : en déplaçant la bobine sur le combiné téléphonique, on choisit l'emplacement donnant le niveau sonore désiré.

## NOMENCLATURE

- R1 = 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)
- R2 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)
- R3 = 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)
- R4 = 3,3 kilohms (orange, orange, rouge, or)
- R5 = 22 ohms (rouge, rouge, noir, or)
- C1 = 4,7 microfarads 12 volts
- C2 = 22 microfarads 12 volts
- C3 = 4,7 microfarads 12 volts
- C4 = 100 microfarads 12 volts
- C5 = 10 nanofarads
- C6 = 100 microfarads 12 volts
- IC1 = LM 386
- T1 = 2N 3904 ou équivalent
- HP = haut-parleur diamètre 50 mm de 8 à 50 ohms
- Capteur téléphonique ou bobine
- 1 plaque de câblage
- 1 coupleur pour pile 9 volts

# Les mirages de

**I**ly eut d'abord, voilà des millénaires, l'éternité, qui est un double infini du temps : ni commencement ni fin, donc l'infini du passé ajouté à l'infini du futur. Mais l'infini en tant que notion mathématique n'apparut que bien plus tard : les premières mentions qui en sont faites remontent au V<sup>e</sup> siècle avant notre ère, avec l'école philosophique d'Elée, en Italie.

Les grands nombres étant déjà peu commodes à manier, l'infini, qui en est le prolongement sans limite, se révélait... infiniment plus complexe, à tel point que le raisonnement se voyait contredit par l'expérience.

Le premier des paradoxes de Zénon d'Elée met en scène le Grec Achille, universellement célèbre à l'époque (500 av. J.-C.) pour sa rapidité à la course. Or, imaginons qu'Achille ait à parcourir 100 m à la vitesse uniforme de 10 m/s (soit 36 km/h). Il lui faut d'abord, disait Zénon, franchir la moitié de cette distance, puis la moitié de la distance restante, puis la moitié suivante, et ainsi de suite.

Ce processus peut être poursuivi indéfiniment, puisque la longueur restant à parcourir, bien que de plus en plus petite, peut toujours être divisée en deux parties égales. De plus, chaque segment ainsi défini demande un temps fini pour être parcouru. Donc, concluait Zénon, puisque

Achille doit franchir un nombre infini d'intervalles finis, il n'atteindra jamais son but.

Théoriquement, le raisonnement semblait parfaitement juste. Pratiquement, il était immédiatement contredit par l'expérience. Or, il faudra 2 000 ans pour comprendre que ce raisonnement était faux : le point erroné dans le paradoxe du philosophe antique se trouvait dans l'idée que la somme d'un nombre infini d'intervalles finis d'espace ou de temps devait obligatoirement être infinie.

## LEIBNITZ, NEWTON ET D'ALEMBERT

Justement, ce n'est pas toujours le cas. S'il est vrai qu'une somme infinie de nombres supérieurs à 1 est toujours infinie, une somme infinie de fractions décroissantes peut très bien être finie, et c'est précisément le cas du parcours d'Achille. La distance à franchir peut s'écrire :

$$1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16 + 1/32 \dots, \text{ etc.}$$

Or, cette somme n'augmente pas du tout de manière illimitée. Mais, pour le prouver, il fallut attendre le XVIII<sup>e</sup> siècle et l'essor du calcul infinitésimal, découvert un peu plus tôt par Leibnitz et Newton. D'Alembert puis Cauchy attacheront leurs noms à l'étude des séries infinies. Comme on peut le vérifier facilement, la série  $1/2 + 1/4 + \dots$  ne dépasse jamais 1, mais s'en approche au fur et à mesure

qu'on ajoute la fraction suivante.

On dit alors que cette série a pour limite 1, quand le nombre de termes tend vers l'infini. En fait, le nombre de termes tend bien vers l'infiniment grand, mais chaque terme tend vers l'infiniment petit. Dans ces conditions, il arrive le plus souvent – mais pas toujours, nous le verrons plus loin – que les effets de ces deux mouvements de sens contraire se compensent et que la série tende vers une limite finie.

Ici, cette limite vaut 1 et, bien évidemment, Achille parcourt les 100 m en 10 secondes. Le second paradoxe proposé par Zénon se présente dans des termes similaires : Achille ne peut rattraper une tortue qui va dix fois moins vite que lui mais possède 10 mètres d'avance. Quand le rapide guerrier atteint le point de départ de la tortue, celle-ci est arrivée un peu plus loin. Le temps qu'il y parvienne, la tortue a encore progressé, et ainsi de suite, à l'infini. Chaque fois qu'Achille atteint le point que vient de quitter la tortue, celle-ci a avancé.

## Solution du n° 942

Le résultat inacceptable d'une démonstration par ailleurs juste provient d'une simplification par zéro, laquelle était, bien sûr, astucieusement cachée. Elle revient en somme à écrire  $6/2 - 3 = 6/3 - 2$ . En réduisant au même dénominateur de part et d'autre on obtient :  $(6 - 3 \times 2)/2 = (6 - 2 \times 3)/3$ . Il ne reste plus qu'à simplifier par  $6 - (3 \times 2)$  pour avoir  $1/2 = 1/3$ , soit  $2 = 3$  ! Mais, bien sûr, les règles de l'algèbre interdisent cette simplification car  $6 - (3 \times 2) = 0$ . Dans notre énigme, le 0 apparaît (mais bien caché) dès qu'on écrit  $AB2/BC - BD = AB2/BD - BC$ , car  $AB2/BC = BD$  et  $AB2/BD = BC$ . Réduire ensuite au même dénominateur :  $(AB2 - BC \cdot BD)/BC = (AB2 - BD \cdot BC)/BD$ , revient à écrire  $0/BC = 0/BD$ . Comme  $0/x$  vaut 0 quel que soit  $x \neq 0$ , on ne peut pas en déduire la valeur de  $x$ . Transgérer cette règle mène immédiatement au résultat aberrant  $BC = BD$ .

# l'infini

Là encore, l'étude des séries montre que, avec un rapport des vitesses de 10 à 1, la somme de ces fractions décroissantes de distance tend vers 11,111... m. En remarquant que  $0,111\dots = 1/9$ , Achille sera au niveau de la tortue au bout de  $11 + 1/9$  m, après quoi il a vite fait de prendre de l'avance. Une fois de plus, ce qui était faux, c'est l'idée qu'un nombre infini d'instants donne un temps infinitement long. Les philosophes d'Elée s'étaient trompés parce qu'ils n'avaient que des notions intuitives de l'infini.

Un paradoxe plus récent, dit du ciel noir, dû à l'astronome allemand Wilhelm Olbers (1758-1840), relève du même schéma dans sa version la

plus simple (univers euclidien, infini, isotrope, etc.) : si les étoiles sont en nombre infini et réparties de manière uniforme, le ciel devrait être lumineux la nuit, car il existe une infinité d'étoiles le long de toute direction où se porte le regard. En réalité, une étoile n'est jamais un point mathématique sans dimension, et le "pinceau" balayé par le regard n'est pas non plus une droite géométrique, mais un cône très étroit.

Quelle que soit sa direction, ce cône interceptera toujours une infinité d'étoiles dont on suppose qu'elles sont toutes espacées les unes des autres de la même distance et qu'elles ont toutes le même éclat. Par ailleurs, l'œil a un seuil de sensibilité qu'on supposera, par exemple, égal à 2.

Dans ces conditions, deux cas peuvent se présenter : il y a dans le cône de vision une étoile assez proche pour que son éclat soit égal ou supérieur à 2, et l'œil la voit ; ou la première étoile rencontrée dans le cône est trop éloignée pour que son éclat atteigne 2, et l'œil ne voit que du noir.

## QUEL EMPILEMENT DE BRIQUES CHOISIR ?

En effet, bien qu'il y ait une infinité d'autres étoiles au-delà de celle-ci, leur éclat apparent diminue comme le carré de leur distance (deux fois plus loin, quatre fois moins lumineuse, et ainsi de suite). La somme des éclats est alors la somme de la série  $1/2 + 1/3^2 + 1/4^2 + \dots$ . Or, cette série est convergente et a pour limite 1,6448... Bien que les étoiles soient en nombre infini, leur éclat apparent n'atteindra donc jamais 2.

Toutefois, il faut se garder d'en conclure qu'une somme infinie de fractions décroissantes aura toujours une limite : une multitude de séries dont le terme général tend pourtant vers zéro sont divergentes, autrement dit tendent quand même vers l'infini. Avec les étoiles, nous avions affaire à la série harmonique au carré, qui est convergente, mais la série harmonique simple :  $1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + \dots + 1/n$  est divergente.

Elle est d'ailleurs à la base du problème suivant : on dispose d'un nombre infini de briques ordinaires, mais pas du moindre gramme de ciment. Quel empilement de briques choisir, étant entendu que les briques doivent être seulement posées les unes sur les autres, pour élever un mur partant en oblique dont l'avancée protège de la pluie ceux qui auront eu l'énergie de le bâtir ?



G. VALLANCIN

# Pas si "simple" que ça !

Lorsque l'échiquier commence à se vider, que de nombreuses pièces sont échangées, les commentateurs parlent souvent de "simplification". Pourtant, la finale est sans doute la phase la plus délicate du jeu, celle où l'amateur est le plus démunis face aux connaissances et à la capacité de calcul d'un maître.

Voici pourtant un exemple où c'est le joueur le plus chevronné qui doit s'incliner pour s'être laissé obnubiler par une règle stratégique fondamentale des finales, tout en oubliant que, même avec peu de figures en jeu, la menace la plus grave, c'est... le mat.

a) Cette sortie du Cavalier, obstruant la diagonale du Fou c1, peut surprendre. Mais elle a l'avantage d'éviter le clouage qui surviendrait après 3.  $\mathbb{Q}c3 \mathbb{Q}b4$  (ici, bien sûr, il serait inopérant à cause de 3.  $\mathbb{Q}d2 \mathbb{Q}b4?$ ! 4. c3).

Et, de toute façon, le Cavalier est amené à rapidement reprendre en e4.

- b) Les Blancs souffrent déjà d'un pion isolé (d4). Cependant, ils bénéficient d'une certaine avance de développement.
- c) Après 9. ...  $\mathbb{Q}xf6$  10.  $\mathbb{Q}b5+$ , le Roi noir aurait été délogé. Mais, à présent, les Noirs ont également un pion isolé (h7), ce qui permet aux Blancs d'entrer sereinement en finale par une série d'échanges, sans doute dans l'espoir de faire nul face à un joueur beaucoup mieux classé.
- d) Il n'est pas question de laisser à la Tour noire le contrôle de la seule colonne ouverte.
- e) Le début d'un plan totalement erroné. Mais le jeune maître international toulousain, voyant sans doute se rapprocher le spectre de la nulle après une suite "normale" comme 16. ...  $\mathbb{Q}d6$  17.  $\mathbb{Q}d2 \mathbb{Q}c8$  18.  $\mathbb{Q}c1$  ou 16. ... 8  $\mathbb{Q}b4+$  17.  $\mathbb{Q}d2 \mathbb{Q}xd2+$  18.  $\mathbb{Q}xd2 \mathbb{Q}c8$  19.  $\mathbb{Q}c1$ , perd sa lucidité à rechercher la victoire. Certes, il obéit au principe bien connu en finale qu'il faut faire participer le Roi comme une pièce active. Mais il oublie tout simplement de rendre sa Tour active et laisse celle des Blancs s'installer sur la colonne "c".
- f) Le Roi noir est venu occuper une position idéale au centre tout en menaçant le pion isolé des Blancs, mais...
- g) Voici certainement le coup que Touzane n'avait pas prévu. Les Blancs sacrifient leur pion faible pour activer leurs pièces. Après 18. ...  $\mathbb{Q}xd4?$  ils peuvent tout simplement regagner un pion par 19.  $\mathbb{Q}e3+$  suivi de 20.  $\mathbb{Q}xa7$  avec un gros avantage à cause de la faiblesse des pions noirs.
- h) Les Noirs se décident enfin à sortir leurs pièces. Mais il est trop tard.
- i) Evidemment. Il faut placer la Tour
- sur la colonne ouverte.
- j) L'idée des Noirs était de contrôler la case c7 et ainsi d'empêcher la pénétration de la Tour blanche en 7<sup>e</sup> rangée. Mais ils ont totalement négligé une petite menace.
- k) Comment un maître international peut-il oublier de vérifier les conséquences d'un échec aussi évident ?
- l) Ils se font mater : 20. ...  $\mathbb{Q}xd4$  21.  $\mathbb{Q}e3+$   $\mathbb{Q}e4$  22. f3 mat ou 20. ...  $\mathbb{Q}e4$  21. f3+  $\mathbb{Q}xf4$  (21. ...  $\mathbb{Q}xd4$  22.  $\mathbb{Q}e3$  mat) 22. g3 mat.



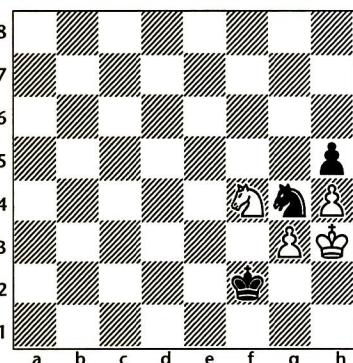
P. LESTIENNE

SL.

Jérôme Mela - Olivier Touzane  
Genève 1996

1. e4	e6
2. d4	d5
3. $\mathbb{Q}d2$ (a)	c5
4. $\mathbb{Q}gf3$	cxd4
5. $\mathbb{Q}xd4$	$\mathbb{Q}c6$
6. c3	$\mathbb{Q}xd4$
7. cxd4	dxe4
8. $\mathbb{Q}xe4$ (b)	$\mathbb{Q}f6$
9. $\mathbb{Q}xf6+$	gxf6 (c)
10. $\mathbb{Q}b5+$	$\mathbb{Q}d7$
11. $\mathbb{Q}a4$	$\mathbb{Q}xb5$
12. $\mathbb{Q}xb5+$	$\mathbb{Q}d7$
13. $\mathbb{Q}xd7+$	$\mathbb{Q}xd7$
14. $\mathbb{Q}d2$	$\mathbb{Q}c8$
15. $\mathbb{Q}c1$ (d)	$\mathbb{Q}xc1+$
16. $\mathbb{Q}xc1$	$\mathbb{Q}c6$ (e)
17. $\mathbb{Q}e2$	$\mathbb{Q}d5$ (f)
18. $\mathbb{Q}f4!$ (g)	$\mathbb{Q}b4$ (h)
19. $\mathbb{Q}c1$ (i)	$\mathbb{Q}a5??$ (j)
20. $\mathbb{Q}c5!?$ (k)	

Les Noirs abandonnent (l)



Les Noirs jouent et font mat en trois coups

## Solution du n° 942

Non : 1. ...  $\mathbb{Q}xe4??$  2.  $\mathbb{Q}a4+$  suivi de 3.  $\mathbb{Q}xe4$ . Très simple, mais difficile à voir si l'on n'a jamais subi ce genre de mésaventure.

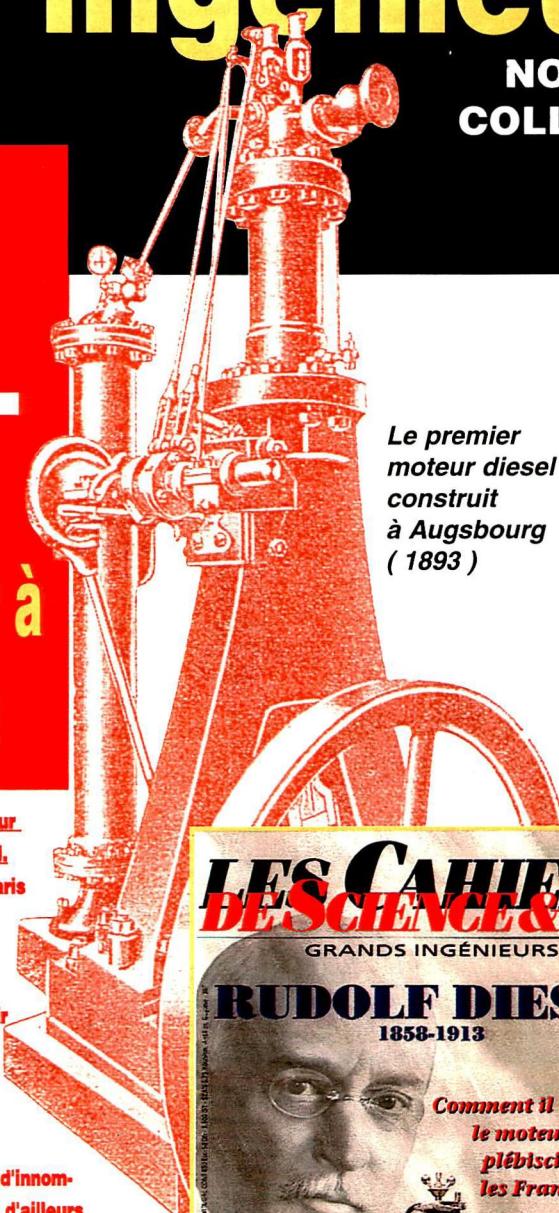
# Grands ingénieurs

NOUVELLE  
COLLECTION  
1996

## Rudolf DIESEL

D'une idée  
de nouveau moteur à  
sa concrétisation

Aujourd'hui, près d'une voiture neuve vendue sur deux en France est équipée d'un moteur Diesel. Il porte le nom d'un ingénieur allemand né à Paris en 1858. Ce moteur, à la mise au point duquel Diesel passa toute sa vie ou presque, est né d'une analyse théorique du cycle de Carnot. Elle indiquait qu'il devait être possible d'obtenir un travail mécanique par la combustion spontanée d'huiles très stables portées à très haute pression. Mais de l'idée à sa traduction dans une machine capable de fonctionner, il fallut des années, scandées par d'innombrables problèmes techniques. Diesel ne vécut d'ailleurs pas les premières véritables applications de son invention. En 1913, il tomba du pont d'un paquebot qui l'emménait en Angleterre : accident ou suicide ? Nul ne le saura jamais. Les CAHIERS DE SCIENCE & VIE vous font vivre le récit de cette invention.



Le premier moteur diesel construit à Augsbourg (1893)

PHOTOS ROGER-VIOLLET



**LES CAHIERS  
DE SCIENCE & VIE**

**DES HISTOIRES RICHES  
EN DECOUVERTES**

EN VENTE PARTOUT

# Il y a 45 ans



## Les colles vont-elles remplacer la soudure ?

« De nouveaux adhésifs, des résines synthétiques formophénoliques, collent les métaux entre eux ou du bois et du métal, remplaçant soudures ou rivetage. Un petit joint (flèche) de ces adhésifs supporte facilement le poids de trois hommes. »

## La radio toujours sur soi

« 185 g, c'est le poids de ce poste. Quatre lampes sont enfermées dans le boîtier de plastique. La réalisation de cette radio s'inspire des principes adoptés sur les appareils de prothèse auditive. Pas de casque, un écouteur placé dans l'oreille suffit. »



**avril  
1951**

« Prosoucoupistes ou antisoucoupistes ? La question n'a pas fini de se poser. Mais la soucoupe, qu'elle soit extraterrestre ou non, intéresse les inventeurs. Déjà, en 1889, les Français Faure et Graffigny songeaient à utiliser la pression du rayonnement solaire pour propulser dans l'espace un ballon sphérique encerclé d'une sorte de soucoupe. »



## La future américaine

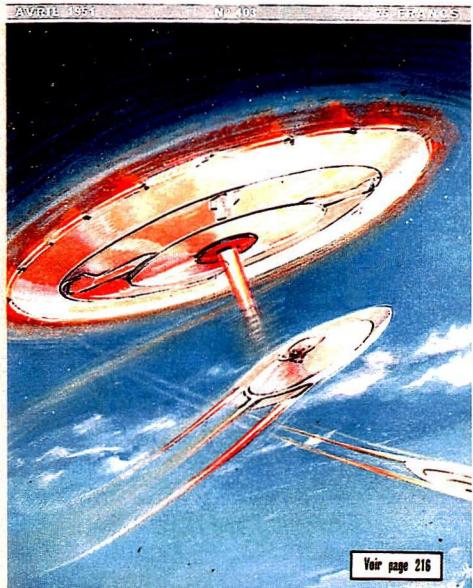
« Avec ses lignes inspirées des avions à réacteurs, son moteur à compresseur à mélange essence-méthanol et sa suspension avant à caoutchouc, le "Sabre", ébauche plus que prototype, atteindra les vitesses des voitures de sport. Son prix ? Entre Buick et Cadillac ! »



## Le Bevatron et son aimant de 10 000 tonnes

« 10 milliards de crédits pour édifier, à Berkeley, un nouvel accélérateur de particules. Il atteindra des énergies de plusieurs milliards, en anglais billions, d'électronvolts – BeV. D'où le nom de Bevatron qu'on lui a donné. »

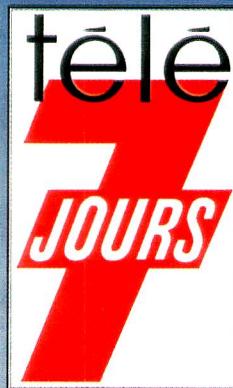
# SCIENCE ET VIE



Photos X, tous droits réservés

HORS SERIE

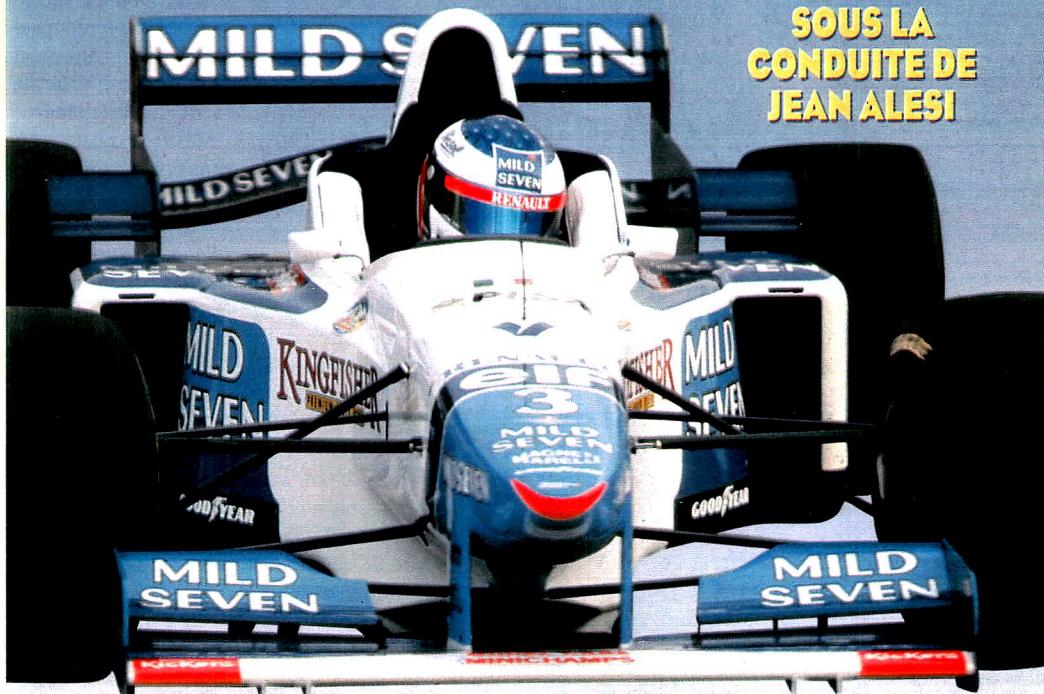
**ACTION  
AUTO  
MOTO**



# SPECIAL FORMULE 1

*Le guide  
du championnat  
1996*

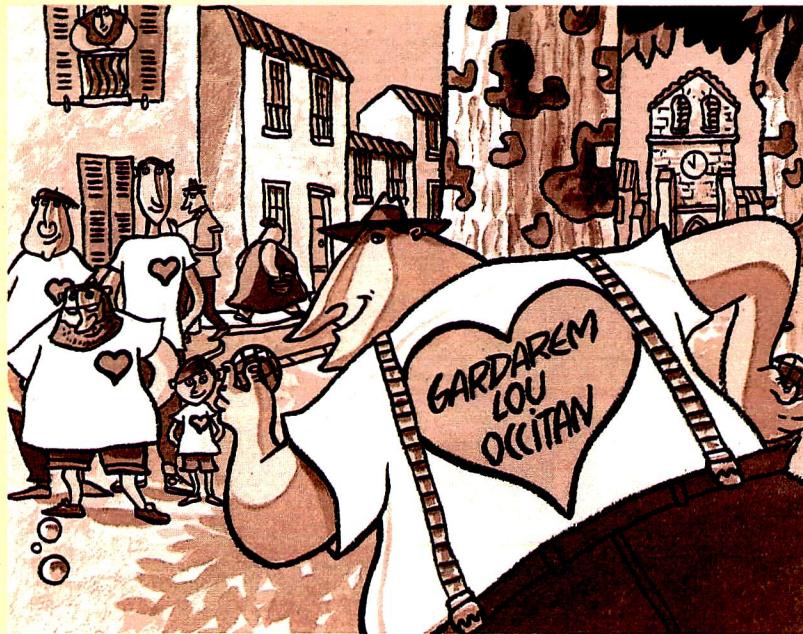
**SOUS LA  
CONDUITE DE  
JEAN ALESI**



**EN VENTE PARTOUT**

# La langue occitane est bien vivante!

DESSINS D. CORDONNIER



■ Nombreux ont été les lecteurs « particulièrement choqués », comme l'écrit M. Jan Urròz, de Manot (Charente), par notre article "Demain, une seule langue sur la Terre ?" (n° 940, p. 68). Une phrase notamment a heurté leur sensibilité : « En cent ans, malgré des résistances ça et là, la quasi-totalité des langues autres que le français s'est éteinte, qu'il s'agisse de langues indépendantes, comme le basque ou le breton, de patois ou de dialectes, comme le franco-provençal. »

M. Philippe Carcassès, de Sète (Hérault) s'insurge. « Si le patois est un terme péjoratif, le dialecte désigne seulement la variante

européenne d'une langue... Alors, de grâce, rendons à la langue occitane à la fois son nom et sa dignité. La désigner par provençal (ou par franco-provençal), c'est employer un terme restrictif, la langue d'oc dépassant largement le cadre de la Provence. »

Certes. Le provençal comme le languedocien sont bien des dialectes de la langue occitane.

« Peut-on parler d'extinction pour des langues qui sont parlées, enseignées, utilisées par des médias ? ajoute M. Urròz. (...) L'occitan est parlé dans trente et un départements du Sud, par plusieurs millions de personnes. (...) Les défenseurs de la langue ont

créé des écoles bilingues, les calandretas. »

M. Jean-Marc Sarpoulet, de Bordeaux, indique de son côté : « En Aquitaine, le basque et l'occitan n'ont pas disparu. L'Education nationale les traite comme des matières à part entière. Une récente circulaire (95-086) fixe le cadre de cet enseignement. Dans la seule académie de Bordeaux, ces deux langues régionales sont enseignées dans 30 % des établissements publics du second degré (et dans la totalité de ces établissements sauf un dans la zone linguistique basque). Selon les années, elles sont choisies comme matière à option par de 5 à 10 % des candidats au baccalauréat. »

(...) Dans les Pyrénées-Atlantiques, quatre collèges ont des filières bilingues français-basque où une matière, l'histoire, est enseignée en basque. »

Cependant, M. Gilbert Mercadier, conseiller académique d'occitan à Toulouse, nous communique les résultats d'un sondage effectué en Languedoc-Roussillon sur la langue occitane. Sondage accompagné de ce commentaire : la transmission naturelle de la langue semble actuellement en baisse rapide.

M. Urròz constate également que « les langues autres que le français ont, sur le territoire de la République, beaucoup de difficultés à survivre. (...) Depuis Jules Ferry, les prétenus patois sont tenus à l'écart de l'école ».

Quant à M. Joan-Claudi Babois, de Pinhans (Var), qui nous écrit « en provençal langue d'oc (et non pas patois), avec une grammaire et une syntaxe structurée », il déplore que « depuis 1539 (édit de Villers-Cotterêts [promulgué par François I<sup>er</sup>], qui imposa le français à la place du latin dans les actes judiciaires et notariés), la France a[it] tout fait pour que ces langues disparaissent (...). Et elle se refuse encore à ratifier la Charte européenne pour la protection et la promotion des langues régionales ».

## L'espéranto reste virtuel...

■ Toujours à propos de l'article "Demain, une seule langue sur la Terre?" (n° 940, p. 68), M. Francis Bernard, de Mortcerf (Seine-et-Marne) nous reproche de « passer sous silence la langue internationale, l'espéranto. Alors, censure, autocensure, ou ignorance du sujet? » Langue pourtant « logique, simple et rationnelle, qu'on peut assimiler dix fois plus rapidement qu'une langue nationale », selon Henri Loury, de Charbuy (Yonne).

L'espéranto est une langue artificielle, créée au XIX<sup>e</sup> siècle par le médecin et linguiste polonais Lejzer Ludwik Zamenhof, dont l'objectif, humaniste, était la communication universelle. Après la Seconde Guerre mondiale, l'espéranto fut promu quelque temps par les Soviétiques pour contrecarrer la suprématie de la langue anglaise. Mais les espérantistes expliquent eux-mêmes les entraves à son expansion. « Des anomalies très gênantes dans son orthographe ont toujours

freiné et continuent à freiner la généralisation de l'usage de cette langue universelle neutre dans le monde contemporain », regrette M. Albert Lienhardt, de Mulhouse (Haut-Rhin), auteur d'une réforme de l'orthographe pour un espéranto modernisé.

Et, renchérit M. Georges-Henri Clopeau, de Saint-Gildas-de-Rhuys (Morbihan), au demeurant espérantiste, « une langue ne peut vivre que de communications entre les familles, d'œuvres littéraires diffusées et lues, de multiples échanges écrits et oraux. Elle ne peut vivre sans être utilisée à l'école, ni conserver son unité sans être enseignée. »



## A quoi sert Alpha ?

■ A l'instar des scientifiques eux-mêmes, de nombreux lecteurs s'interrogent sur l'utilité des vols spatiaux habités (voir l'article "Station Alpha, demandez le programme", n° 939, p. 62).

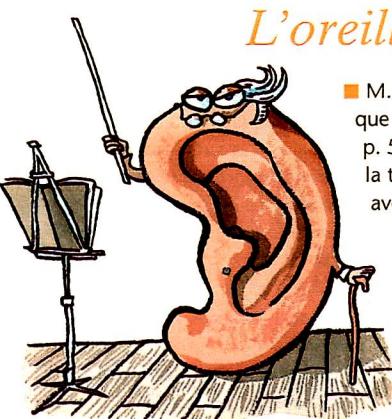
Le débat n'est pas tranché entre les partisans de l'espace "utile" et scientifique (satellites de télécommunications, d'observation, météorologiques, télescopes orbitaux) et les défenseurs des vols habités, coûteux et "inutiles" à court terme, mais porteurs de rêve et d'aventure (navettes et stations orbitales).

Pour la station Alpha, notamment, qui coûtera plus de 100 milliards de dollars

(500 milliards de francs), la polémique a été vive, et le projet n'a pas été sélectionné sur les habituels critères d'excellence scientifique. Sa rentabilité en matière d'applications biomédicales, physiques, technologiques, et astronomiques ne sera pas maximale. Il contribue avant tout à stabiliser l'échiquier géopolitique mondial. Mais c'est aussi une fantastique entreprise préparant les nouvelles (ou éventuelles) étapes de la conquête spatiale habitée.

## L'oreille musicienne

■ M. Richard Ragot, neurophysiologiste du CNRS, que nous citions dans "Le cerveau musicien" (n° 941, p. 52), nous signale qu'une erreur s'est glissée dans la transcription de l'entretien que nous avons eu avec lui. Il était question de la « discrimination des variations de hauteur de son, qui est de l'ordre de 0,2 % entre 100 hertz et 3 000 hertz (0,6 % pour un quart de ton) ». Il fallait lire : 5,5 % pour un demi-ton. Cela signifie que nous sommes capables de distinguer jusqu'à une trentaine de hauteurs de son entre chaque demi-ton de la gamme.



## Calm (relativement)

## plat sur l'océan



■ Notre article "Le fond des mers comme vous ne l'avez jamais vu" (n° 940, p. 46) montrait que la topographie du plancher marin et les variations de la gravité terrestre sculptent la surface des océans. M. Maxence Revault d'Allonne, qui dirige le laboratoire d'océanographie physique du Muséum, à Paris,

apporte une précision. Selon lui, le lecteur pourrait déduire de l'existence de creux et de bosses à la surface des océans (le dénivelé peut atteindre 200 m) que ces pentes engendrent de véritables torrents marins. « *Le relief mentionné par votre article est en effet une signature des variations de la gravité terrestre. Il re-*

*présente la distance de la surface marine à un ellipsoïde de référence proche du niveau moyen des mers. Cette surface marine ainsi tourmentée n'est autre que le géoïde. Elle demeure une équipotentielle de gravité, de telle sorte que le relief mentionné n'est accompagné d'aucune conséquence dynamique. Ceux des cou-*

rants marins qui sont associés à une pente de la surface libre des océans relèvent de dénivellations dont l'amplitude totale est, au grand maximum, de l'ordre de quelques dizaines de centimètres à l'échelle d'un océan comme le Pacifique. »

La gravité qui s'exerce en chaque point du relief liquide mis en évidence par satellite – qu'il s'agisse du sommet d'une bosse ou du fond d'un creux – est effectivement la même. Le véritable sujet de l'article étant la réalisation par une équipe américaine d'une carte topographique "fine" du plancher marin, nous n'avions pas jugé utile d'entrer dans le détail de ce qui se passe en surface. En revanche, nous saisissions l'occasion pour mentionner les résultats des travaux du GRGS (Groupe de recherche de géodésie spatiale). En association avec le CNRS, cette équipe du CNES (Centre national d'études spatiales) a elle aussi cartographié, en décembre dernier, la topographie sous-marine, à partir des données du satellite européen ERS-1, avec une résolution comparable à la résolution fournie par le satellite américain Geosat. C'est d'ailleurs le succès de cette mission française qui aurait incité le département américain de la Défense à déclasser ses propres données. Les Américains ont quand même coiffé les Français au poteau en communiquant leurs résultats dès octobre 1995.

## Nucléaire et cancer

■ « *J'ai lu avec intérêt le dossier "Nucléaire et cancer" (n° 939, p. 85), écrit M. Bernard Goldstein, de Tulle (Corrèze). Or je constate qu'il n'est pas explicitement dit si l'augmentation des cas de leucémie dans la population jeune est supérieure ou corrélative à l'accroissement de cette même population résidant à proximité du site de La Hague. (...) Ce dossier est bien incomplet, par défaut d'une étude précise de l'évolution démographique près du site. (...) Votre titre se veut accrocheur et extrêmement alarmiste. Bref, j'ai l'impression que le souci de marketing l'emporte sur le devoir de vérité qu'on attend d'une revue scientifique sérieuse. »*

Comme nous le disions clairement dans nos articles, l'enquête du Pr Viel est loin d'être terminée. Mais elle a au moins le mérite d'exister. C'est la première fois qu'une enquête si sérieuse est publiée en France, alors que la Grande-Bretagne dispose depuis long-temps d'enquêtes similaires.

Accrocheur, notre titre ? Dans sa concision ("Nucléaire et cancer"), il aborde ni plus ni moins un délicat problème de santé publique. Quant à

notre sous-titre de couverture ("L'enquête qui dérange"), il ne nous paraît pas excessif, dans la mesure où c'est bel et bien le ministère de la Santé qui aurait dû mener cette enquête. Pourquoi ne trouve-t-on pas de registre des cancers dans tous les départements français ? Nous en dénombrions sept. Il en existe un également dans le Haut-Rhin, nous signale M. Aloyse Ostertag, de Colmar (Haut-Rhin).

Quant au "devoir de vérité", c'est pour le remplir que nous avons publié une analyse critique des données statistiques. Celles-ci gênent M. Jacques Exbrayat, des Arcs (Var), qui s'interroge : « *Deux cas de leucémie en excès, au lieu des vingt-deux attendus, une fois passés à la moulinette des traitements statistiques, constituent-ils une preuve si irréfutable des dangers de l'usine de La Hague qu'ils justifient une page de couverture ?* »

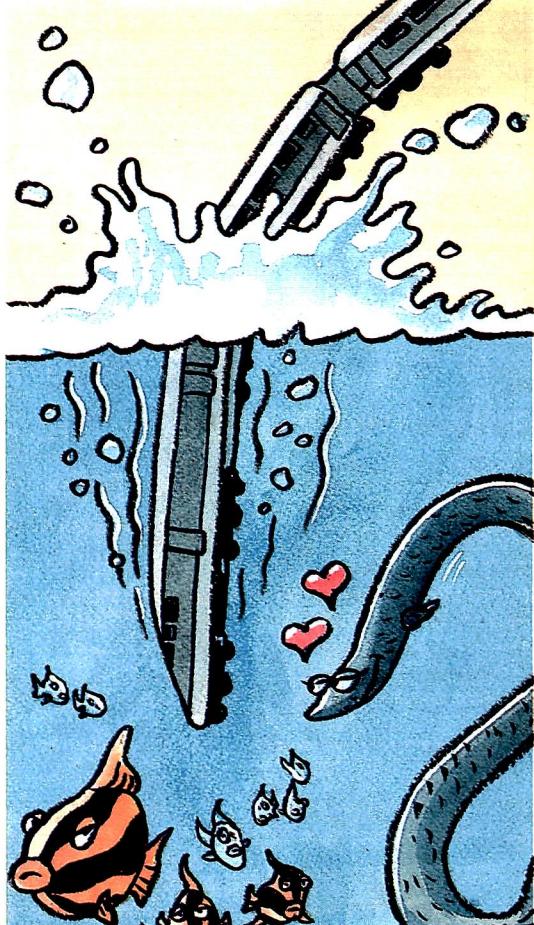
Le Pr Viel a simplement indiqué, méthodes statistiques à l'appui, que ce chiffre, même s'il est faible, ne peut vraisemblablement pas être imputé au hasard. A ce stade de son enquête, il n'a pas conclu à une pollution nucléaire.

# Le tunnel sera-t-il un gouffre?

■ M. Robert Giraud habite Saint-Julien-Montdenis (Saône-et-Loire), la commune dont dépend le hameau de Villard-Clément, point de départ du futur tunnel géant qui permettra la liaison Lyon-Turin en une heure vingt minutes. Il réagit à notre article "Sous les Alpes, le plus grand tunnel du monde" (n° 940, p. 96). « Vous écrivez que cet ouvrage de 54 km va coûter 20 milliards de francs. Je crois rêver en comparant ce prix à celui du tunnel sous la Manche – je fais abstraction du matériel et de la sécurité –, où il n'y a jamais eu d'accidents géologiques (failles, venues d'eau, éboulements), où le stockage des déblais n'a pas posé de problèmes, ce qui

n'est pas le cas en Maurienne. (...) Exemple de difficulté : en 1995, un tunnel autoroutier a été interdit à la circulation plusieurs mois pour une faille qui s'est vidée en galerie, et ce tunnel n'avait que quelques centaines de mètres de longueur sous une faible couverture. Autre question : qui va financer ce projet ? Certainement pas des actionnaires privés, au vu de ce qui se passe pour le tunnel sous la Manche... La main-d'œuvre qualifiée se fait rare : on forme des conducteurs d'engin, mais pas de mineurs. (...) Je sais de quoi je parle : 100 km de galerie, trente ans sous Terre. »

En fait, le coût total du tunnel sous la Manche avoisine les 100 milliards



de francs. Mais il comprend la construction de l'ouvrage proprement dit, celle des deux terminaux

d'embarquement des véhicules, celle du matériel roulant spécifique d'Eurotunnel et surtout les frais financiers, extrêmement lourds. L'estimation d'une vingtaine de milliards de francs pour le tunnel Lyon-Turin ne porte que sur le coût du percement de l'ouvrage. Le montage financier sera défini par une commission intergouvernementale franco-italienne qui vient d'être mise en place. ■

## 3615 SCV

### La question du mois

Chaque mois, la meilleure question posée sur notre serveur minitel 3615 SCV est récompensée par un abonnement d'un an à *Science & Vie*. Voici celle de février, posée par "0254" :

**Quelle est l'explication du rayon vert ?**

Il s'agit d'un phénomène de persistance rétinienne. Lorsque le dernier rayon du soleil couchant disparaît, l'œil voit, un court instant, la lumière complémentaire de l'orange, à savoir le vert. On peut observer le même effet, de façon moins poétique certes, en fixant de nuit un feu clignotant orange. Après quelques secondes d'observation, on a l'impression, à chaque extinction, de percevoir une lueur verte.

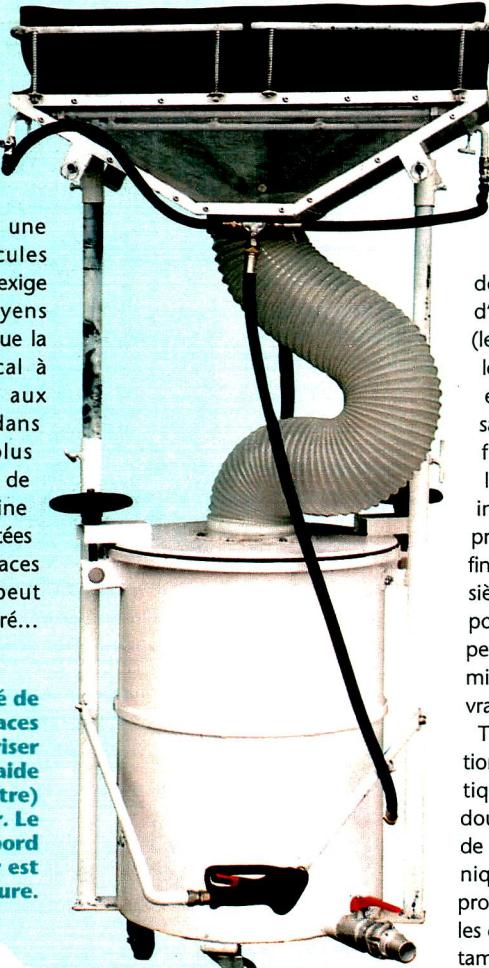
**36 15**  
**SCV**

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

# Déflocage haute sécurité

**L**e déflocage des surfaces amiantées peut présenter un réel danger pour la santé (voir *Science & Vie* n° 942, p. 98) : l'arrachage du flocage (agglomérat de fibres d'amiante pulvérisé sur les murs) libère en effet une grande quantité de particules cancérigènes. Cette opération exige donc l'utilisation de moyens techniques sophistiqués, tels que la mise en dépression du local à décontaminer, pour éviter aux particules de se répandre dans l'atmosphère. Il est de plus nécessaire d'appliquer, en fin de "décontamination", une résine stabilisante sur les surfaces traitées pour enrober les dernières traces d'amiante. Le coût global peut atteindre 1 500 F par mètre carré...

**Le nouveau procédé de déflocage des surfaces amiantées consiste à pulvériser un jet d'eau puissant à l'aide d'une buse (photo ci-contre) plaquée sur le mur à traiter. Le compresseur se trouve à bord d'un camion, et l'eau y est recyclée au fur et à mesure.**



La société Sadec propose une innovation. Il s'agit d'une enceinte étanche que l'on plaque contre le mur et dans laquelle un jet d'eau à très haute pression assure la découpe du flocage.

Comme l'opération se pratique en atmosphère humide, le "nuage" de particules d'amiante est extrêmement réduit (les gouttelettes d'eau agglutinent les particules). De plus, les mesures effectuées ont montré que la puissance de l'eau pulvérisée était suffisante pour éliminer totalement l'amiante du support : il est donc inutile d'appliquer une résine de protection sur la surface traitée. Enfin, en raison du faible taux de poussières émises lors des travaux, si la pose de bâches et la protection du personnel restent indispensables, la mise en dépression du local ne devrait plus être nécessaire.

Tout au long de la décontamination, l'amiante éliminé est automatiquement stocké dans des sacs à double paroi. Plusieurs dimensions de buse sont disponibles. Cette technique permet de réduire dans des proportions importantes le temps et les dépenses nécessaires à la décontamination du local.

H.-P. P. ■

Les inventeurs qui souhaitent voir leur création publiée dans cette rubrique doivent nous envoyer un court texte, accompagné d'une copie des revendications de leur brevet et de photos couleurs. Les documents non insérés ne pourront être rendus.

# Choisissez votre formule d'abonnement à SCIENCE & VIE

## 1ère FORMULE

**NOUVEAU**

**PRELEVEMENT**  
**Seulement 56,50 francs**  
**par trimestre**

**LES 5 AVANTAGES DE  
MON ABONNEMENT " LIBRE DUREE " :**

**1 Une formule économique**

SCIENCE & VIE est livré chaque mois à mon domicile, à un prix inférieur au prix de vente en kiosque.

**2 Un prix garanti**

En m'abonnant, je suis préservé des augmentations de prix pendant au moins un an.

**3 Un paiement échelonné**

Chaque trimestre, 56,50 francs seulement sont automatiquement prélevés sur mon compte.

**4 Je choisis la durée**

A tout moment, je me réserve la liberté de résilier mon abonnement par simple lettre, et les prélevements seront stoppés aussi tôt.

**5 J'en profite même en vacances**

Je fais suivre mon abonnement à SCIENCE & VIE sur mon lieu de vacances, sans aucun frais supplémentaire.

**OUI**

je m'abonne dès aujourd'hui  
à SCIENCE & VIE :

**1ère FORMULE**  
je ne paierai que

56,50 francs par trimestre, par  
prélèvement sur mon compte bancaire  
ou postal, et je remplis l'autorisation  
de prélevement ci-contre ainsi  
que la grille adresse ci-dessous.

**2ème FORMULE**

Je remplis la grille ci-dessous  
accompagnée de mon règlement par  
chèque bancaire ou postal  
à l'ordre de Science & Vie

**ADRESSE DE RECEPTION  
DE MON ABONNEMENT**

NOM	.....
PRENOM	.....
ADRESSE	.....
CODE POSTAL	.....
VILLE	.....

\*Au lieu de 276 francs prix de vente au numéro  
Conformément à la loi Mitterrand du 10.02.1973 tout abonnement à SCIENCE & VIE est suivi des  
dernières perspectives vous concernant. Par cette information vous êtes tenu à recevoir des  
propositions d'autre sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas il vous suffit de nous écrire en  
nous indiquant nos nom, prénom, adresse et la période dont vous êtes éligible.

## 2ème FORMULE

**PAIEMENT UNIQUE**  
**226 francs\***  
**1 an - 12 numéros**



**NE TARDEZ PAS ET REMPLISSEZ AU PLUS VITE  
LE BULLETIN CI-CONTRE**



## BULLETIN D'ABONNEMENT A SCIENCE & VIE

à retourner à SCIENCE & VIE - 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris Cedex 15

### Autorisation de prélèvement

**1 TITULAIRE DU COMPTE A DEBITER**

NOM	.....
PRENOM	.....
ADRESSE	.....
CODE POSTAL	.....
VILLE	.....

**2 COMPTE A DEBITER**

ETABLISSEMENT	codes	GUICHET
.....	.....	.....
N° DU COMPTE	CLE RIB	
.....	.....	.....

J'autorise l'établissement teneur de mon compte à prélever sur ce dernier le montant des avis de prélevement et des factures présentés par SCIENCE & VIE et je vous autorise de faire apparaître ces prélevements sur tous les extrats de compte bancaire. Je m'abreuvais directement à SCIENCE & VIE pour tout ce qui concerne le fonctionnement de mon abonnement.

Nom et adresse de l'organisme créancier  
SCIENCE & VIE - 1, rue du Colonel Pierre Avia  
75503 Paris Cedex 15

N° national d'émetteur : 415137

**Comment bien  
remplir  
votre  
autorisation de  
prélèvement**

- Indiquez les nom, prénom, et adresse du débiteur
- Indiquez les coordonnées de votre relevé d'identité bancaire ou postal
- Indiquez le nom et l'adresse de votre agence bancaire et joignez votre R.I.B.

**3 ETABLISSEMENT TENEUR DU COMPTE A DEBITER**

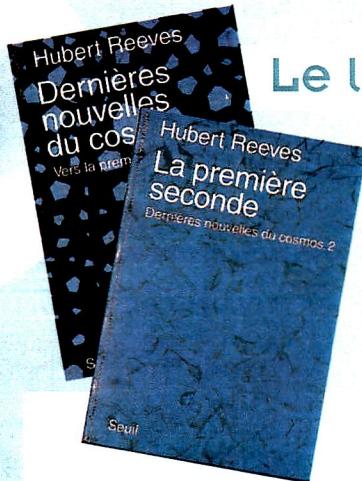
ETABLISSEMENT	.....
ADRESSE	.....
CODE POSTAL	.....
VILLE	.....

DATE ET SIGNATURE OBLIGATOIRES :

OFFRE VALABLE  
JUSQU'À FIN 1984 ET ABSÉNTE  
À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE

OFFRE VALABLE UNIQUEMENT DANS LE CADRE D'UN PREMIER ABONNEMENT A SCIENCE & VIE

SV 943

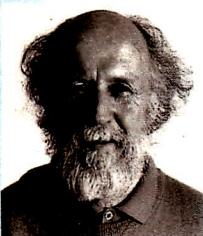


Hubert Reeves  
**LA PREMIÈRE  
 SECONDE**  
**Dernières nouvelles  
 du cosmos. 2**

Seuil, 252 p., 120 F.

Connaitre l'Univers, c'est remonter dans le passé, ont coutume de dire les astronomes. Il était donc naturel qu'après nous avoir conté quinze milliards d'années d'histoire Hubert Reeves publie un volume uniquement consacré à "la première seconde". « Ce nouveau livre est aussi épais que le premier, dit l'auteur. C'est qu'il s'est passé autant de choses pendant la première seconde qu'après ! » Dans cette saga cosmique, Hubert Reeves, qui est l'un

des pionniers de la vulgarisation scientifique en France, approfondit son travail. Car, si aujourd'hui les mots big bang, trou noir, galaxie, pulsar, etc. sont deve-



Hubert Reeves

nus communs, rares sont ceux qui connaissent "vraiment" leur signification. Hubert Reeves propose deux niveaux de compréhension, l'un pour les novices, la "piste verte", l'autre pour les amateurs éclairés, la "piste rouge". Métaphores poétiques et équations mathématiques à l'appui, il permet à chacun de dé-

## Le livre du mois

# Une seconde d'éternité

couvrir ce qu'il a toujours voulu savoir sur l'Univers.

Les deux ouvrages représentent une somme de connaissances de très grande qualité, à conserver aussi précieusement qu'une encyclopédie.

**Science & Vie** : « Pourquoi avoir divisé l'histoire de l'Univers en deux ouvrages ? »

**Hubert Reeves** : « Le premier décrivait ce qui s'est passé après la première seconde et pendant quinze milliards d'années. Celui-ci tente de remonter le temps jusqu'au tout début. Il existe au moins deux raisons de partager ainsi l'histoire du cosmos. D'une part, plus on remonte dans le temps, plus les températures de l'Univers sont élevées, ce qui veut dire que les événements vont beaucoup plus vite et qu'il se passe beaucoup plus de choses. »

D'autre part, après la première seconde, les événements sont décrits par une physique bien connue ; avant, non. Il faut donc étudier chaque phénomène en détail, apprécier réellement la valeur des arguments : c'est le domaine de la spéculation et de la controverse. »

**S & V** : « En quoi la température fournit-elle une clef pour comprendre l'histoire de l'Univers et remonter dans le temps ? »

**H. R.** : « Premier indice : on sait que la température globale de l'Univers est aujourd'hui de 3 degrés Kelvin. La découverte du rayonnement fossile, en 1965, démontre que cette température a été d'au moins 3 000 K. Deuxième indice : l'abondance relative des éléments (hélium, deutérium, lithium et hydrogène)

telle qu'on l'observe aujourd'hui dans l'Univers. Cet indice-là permet de reculer jusqu'à une époque où régnait une température d'au moins 10 milliards de degrés. Enfin, troisième indice : le nombre de photons par rapport au nombre d'atomes (3 milliards de photons par atome) suggère que la température de l'Univers a été supérieure à  $10^{15}$  K. Dans les accélérateurs de particules, on ne peut tester les théories que jusqu'à  $10^{16}$  K. Au-dessus, il n'y a plus de mesures directes mais uniquement des arguments indirects. »

**S & V** : « Peut-on, néanmoins, remonter plus loin dans le temps ? »

**H. R.** : « On rencontre une limite théorique à la température :  $10^{32}$  K, la température dite de Planck, qui marque la frontière au-delà de laquelle toute la physique actuelle s'effondre. Il n'existe pas de théorie pour décrire le comportement de la matière au-delà de cette limite. Aucun des deux piliers de la physique contemporaine, mécanique quantique pour l'infiniment petit et relativité générale pour l'infiniment grand, n'est capable d'aller plus loin. Il faudrait pouvoir unifier les deux. Ce rêve n'a jamais été réalisé. »

**S & V** : « Quelles idées fausses la nouvelle version du big bang a-t-elle écartées ? »

**H. R.** : « L'idée que l'Univers est apparu en un point, qu'il était très petit dans un espace plus vaste qui le contenait. Même lors de l'explosion primordiale, il ne peut y avoir d'espace en dehors de l'Univers. »

*Propos recueillis par  
 Jean-François Robredo*

## Fragile vérité...

Lazare Goldzahl

### ERREURS

### Contes et récits scientifiques

Frison-Roche, 200 p., 120 F.

L'erreur est humaine ; les scientifiques y sont donc sujets. Mais, comme ces savants esprits connaissent bien leur affaire, laquelle est souvent fort compliquée, nous hésitons à remettre en question les fruits de leurs travaux. Pourtant, à lire Lazare Goldzahl – éminent physicien –, erreurs et sciences sont franchement indissociables. « Il n'existe pas de mesure sans erreur, et, comme il n'existe pas de science exacte sans quelque forme de mesure, on peut affirmer qu'il n'y a pas de science exacte sans erreur. »

Au fil d'anecdotes sérieuses, tragiques, comiques ou polémiques, Lazare Goldzahl présente les chercheurs sous un aspect original : en mettant l'accent sur leurs erreurs (de jugement, de mesure, de calcul, etc.). C'est l'une des qualités de ce livre que de rendre la science humaine, et les scientifiques, attachants.

Bien qu'on y trouve les grandes erreurs scientifiques qui ont jalonné les siècles (celles de Ptolémée, Galilée et consorts), cet ouvrage original est plus qu'un simple recensement : une réflexion sur l'attitude des scientifiques (et d'autres) face à la vérité et aux moyens d'y accéder.

Dans un style tantôt grave, tantôt badin, Lazare Goldzahl relate les tribulations des physiciens



## La faune dans tous ses états

Muséum national d'histoire naturelle

### INVENTAIRE DE LA FAUNE DE FRANCE

Nathan, 415 p., 365 F.

Cet *Inventaire* recense les 1 658 espèces (dont 135 mammifères, 537 oiseaux, 38 reptiles, 29 amphibiens et 378 poissons) qui peuplent nos campagnes. Excellente occasion de découvrir l'étonnante richesse de la biodiversité de la faune française. Petit jeu : connaissez-vous le panure à moustache (*Panurus biarmicus*) ? Ce magnifique oiseau au corps rondelet vit dans les grands massifs de roseaux inondés et assez denses. On le trouve des Pyrénées-Orientales aux Bouches-du-Rhône et sur la façade atlantique (du Finistère à la Loire-Atlantique).

Et l'uranoscope ? Oiseau, poisson ou amphibien ? C'est un poisson (*Uranoscopus scaber*), qui niche sous les fonds sableux de la Méditerranée. Si l'on vous dit spéléopèce brun : poisson, oiseau ou insecte ? Perdu ! Il s'agit d'un petit amphibien dépourvu de poumons, qui respire par la peau et par la muqueuse buccale.

Cet ouvrage est bien plus qu'un catalogue. Réalisé à partir des données de travail de plus de 250 collaborateurs du Muséum national d'histoire naturelle, il s'enrichit d'illustrations détaillées. Pour chaque espèce citée, une description de l'habitat, du rythme de vie, et un pronostic sur l'avenir.

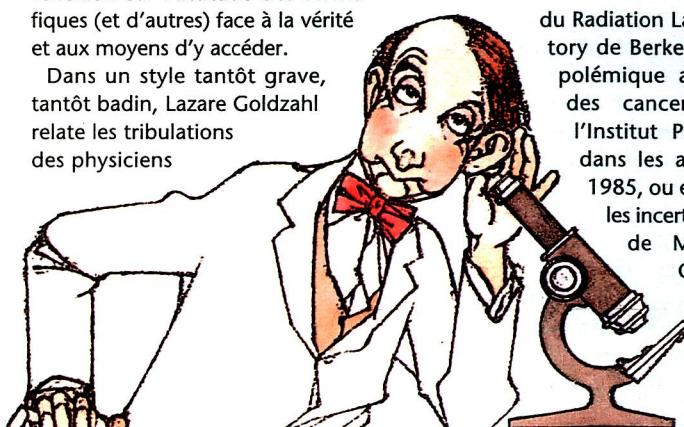
Didier Dubrana

du Radiation Laboratory de Berkeley, la polémique autour des cancers de l'Institut Pasteur dans les années 1985, ou encore les incertitudes de Murray Gell -

Mann à propos de ses petits quarks.

Les trois premières parties du livre, riches en détails et en citations, font clairement référence à la science. Les deux dernières sont quelque peu déconcertantes : Lazare Goldzahl déborde du cadre de l'erreur scientifique pour évoquer la faute politique, l'erreur de jugement, le mensonge délibéré, non plus dans le domaine de la science, mais dans celui de l'histoire ou des relations humaines. Soyons justes, il nous avait prévenus : le livre est sous-titré *Contes et récits scientifiques*.

Sonia Feertchak



## Quand la science fait peur

*Jean Audouze, Michel Cassé, Jean-Claude Carrière  
CONVERSATIONS SUR L'INVISIBLE*

Plon, 304 p., 125 F.

*Jean Audouze, Jean-Claude Carrière  
REGARDS SUR LE VISIBLE*

Plon, 270 p., 125 F.

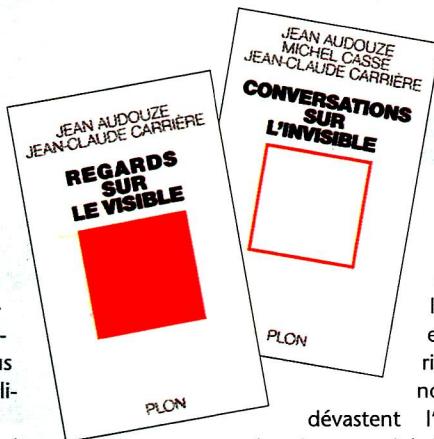
Qu'est-ce que le "réel" ? Peut-on vraiment imaginer, se représenter, un électron, un photon ? En avoir une conscience intime, comme celle qu'on a d'un arbre, d'un soleil couchant, d'un objet qu'on tient au creux de la main ? Trois complices, les auteurs des formidables *Conversations sur l'invisible* (parues en 1988 et actualisées en 1995), tentent le pari : donner à comprendre, sans formules, sans schémas, ce qu'est le réel. Essayer, en dépit des mathématiques fastidieuses de la relativité générale et de l'abstraction de la mécanique quantique, de faire "sentir" ce qu'est la matière qui nous entoure, de faire saisir l'essence de l'énergie.

L'invisible, c'est la création de l'Univers, le big bang, la naissance de l'espace et du temps. L'écrivain Jean-Claude Carrière évoque les réponses qu'ont fournies à ces énigmes les grands mythes humains, hindous notamment. Il décrit la lutte incessante de Vishnou, créateur des mondes, et de Krishna, le destructeur. Dialectique du plus et du moins, lutte des contraires qui enfante le monde et le fait exister. « Le champ quantique est un vide frissonnant qui va vers la matière », lui répond l'astrophysicien Michel Cassé, épaulé par son collègue Jean Audouze.

Sans jamais établir de parallèles abusifs, les deux scientifiques et le lit-

éraire se renvoient images, paraboles et citations qui cernent au plus près cette réalité fuyante.

*Regards sur le visible*, qui vient de paraître, est un ouvrage très différent. Audouze et Carrière y analysent la place et le rôle de la science dans notre société. Face à la montée des intégrismes, à la résurgence des grandes peurs (le sang contaminé, Tchernobyl), ils réaffirment l'impérieuse nécessité de la démarche rationnelle. Mais, paradoxalement,



plus la science progresse, plus elle inquiète l'homme : sans elle, les armes terrifiantes, les technologies qui dévastent l'environnement n'auraient pu voir le jour...

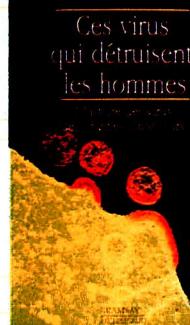
Le règne du déterminisme est aujourd'hui révolu. La science est souvent contrainte de dire : « Je ne sais pas ; il est probable que... » Les hommes ayant besoin d'explications définitives, la nécessaire prudence des scientifiques a rouvert la porte à l'irrationnel – qui, lui, n'offre que des "certitudes". *Gilles Moine*

## La horde des virus

*Claude Chastel  
CES VIRUS QUI DÉTRUISENT LES HOMMES*

Ramsay, 397 p., 149 F.

**Claude Chastel**



jeune malade mordu par un chien enragé de la moelle d'un lapin atteint de la rage.

Claude Chastel recense toutes les affections virales qui frappent l'homme, des plus anciennes aux plus récentes. On retiendra surtout le chapitre sur les prions, ces mysté-

rieux agents, ni bactéries, ni virus, ni viroïdes, parfaitement "héritiques" du point de vue de la biologie moléculaire, puisque, entièrement dépourvus d'acide nucléique, ils sont cependant capables de transmettre une information. On trouvera aussi des révélations sur les stocks de virus de la variole (maladie aujourd'hui éradiquée) conservés par les Russes, "arsenaux" qui pourraient être un jour utilisés à des fins militaires. Un ouvrage sérieux, bien documenté, qui aurait gagné à être illustré.

*Pierre Rossion*

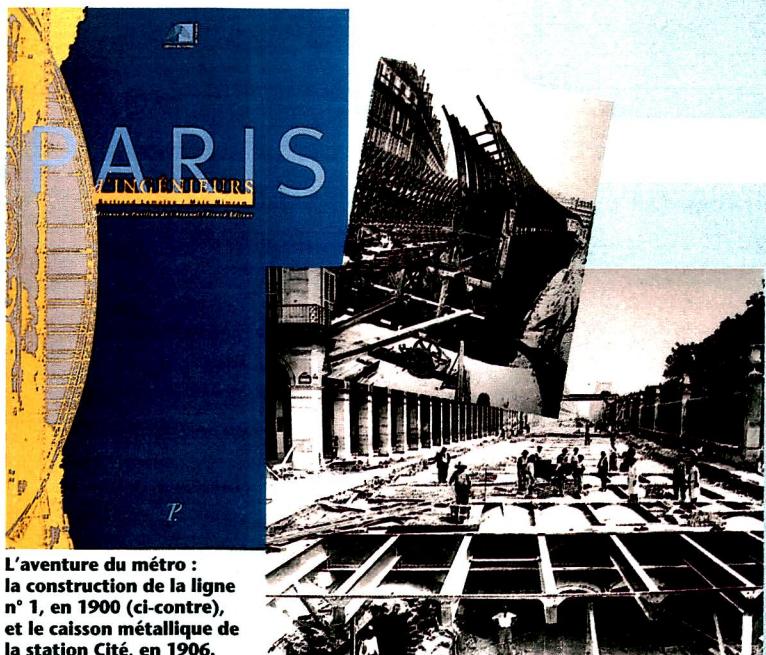
## Paris d'en haut, Paris d'en bas

Bertrand Lemoine  
et Marc Mimram

### PARIS D'INGÉNIEURS

Pavillon de l'Arsenal/Picard Editeur, 232 p., 290 F.

De son sous-sol aux toitures de ses immeubles, Paris est un mille-feuilles, auquel chaque génération d'ingénieurs a ajouté une strate. Evolution dictée tant par l'accroissement de la population que par la vocation de "vitrine des technologies françaises" de la capitale. Toutes les nouvelles techniques ont systématiquement été appliquées à Paris : distribution d'eau, tout-à-l'égout, puis gaz de ville, enfin



L'aventure du métro :  
la construction de la ligne  
n° 1, en 1900 (ci-contre),  
et le caisson métallique de  
la station Cité, en 1906.

électricité. Ces réseaux ont bouleversé le sous-sol parisien.

En surface, la Seine a fourni durant des siècles un moyen privilégié

d'acheminer les marchandises. Mais ses caprices ont posé bien des problèmes. La domestication du fleuve, de la pompe à feu de Chaillot au réservoir de Montmartre, de la naissance de l'hydraulique à l'aménagement des berges et à la création de canaux, constitua une véritable révolution.

Mais c'est durant la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle que Paris a subi les plus grands bouleversements. La maîtrise des structures métalliques a autorisé de nouvelles réalisations, dont la plus marquante est sans aucun doute le métro, pour lequel on fit appel à la quasi-totalité des corps de métiers.

*Paris d'ingénieurs* ne présente pas les transformations qui jalonnent l'essor de la capitale selon un cheminement historique linéaire. Logique d'ingénieurs oblige, elles sont classées par technologies. C'est ainsi que voisinent la construction du pont du Carrousel, en 1839, et celle du pont de l'Alma "nouvelle version", en 1974.

L'ouvrage est abondamment illustré de photos et de dessins explicatifs. Des photos des réalisations les plus remarquables sont rassemblées dans un cahier séparé, qui donne une vision "en accéléré" de l'évolution de la ville.

Henri-Pierre Penel

## Le "virtuel" a toujours existé

Philippe Breton  
**À L'IMAGE DE  
L'HOMME  
Du Golem aux  
créatures virtuelles**

Seuil, 192 p., 130 F.

Est-il possible que l'engouement actuel pour la réalité virtuelle et ses créatures, les "cyborgs", ne soit que l'expression d'un désir populaire qui plonge ses racines dans l'Antiquité ? C'est ce que soutient Philippe Breton, chercheur en sciences de la communication au CNRS. Descendants directs du Golem, du monstre de Frankenstein et même de Pinocchio, les créatures virtuelles symbolisent le désir de l'homme de comprendre son origine et de se re-créer – pour, peut-être, se comparer à



Metropolis, de Fritz Lang (1926).

Dieu. Voilà pour la thèse. Du côté de l'argumentation, Philippe Breton propose un étonnant voyage à travers les temps et les mythes. Il montre les différentes formes revêtues par le fantasme de la création et de la fusion avec la créature – dont le cybersexe est la manifestation moderne. On découvre que les mathématiciens qui furent à l'origine de l'invention de l'ordinateur (Alan Turing, John von Neumann et Norbert Wiener) n'avaient d'autre but que de construire un cerveau électronique en tout point identique à celui de l'homme. Cet essai, qui embrasse plus de deux mille ans d'histoire, a la vertu de replacer la "révolution de la communication" dans une perspective humaine et historique. Roman Ikonikoff

# Livres

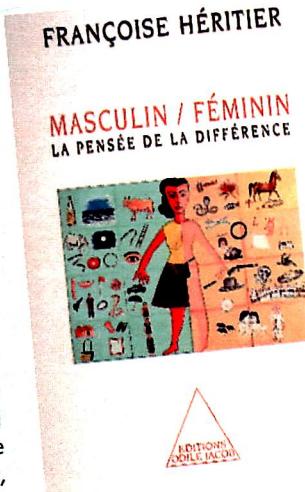
## L'inéluctable opposition

Françoise Héritier  
**MASCULIN/FÉMININ,  
LA PENSÉE  
DE LA DIFFÉRENCE**

Odile Jacob, 332 p., 140 F.

Des livres sur les hommes et les femmes, il y en a beaucoup. Celui-ci tranche sur la production courante. Il remonte aux sources mêmes de la différence entre les sexes, il cherche à comprendre, du biologique à

l'idéologique, les mécanismes qui ont régi l'inégalité. En bref, selon Françoise Héritier, l'opposition masculin/féminin est inéluctable et nécessaire, car elle constitue l'un des fondements de la pensée humaine, au même titre que le chaud/le froid, le sec/l'humide, le



clair/l'obscur, etc.

Cette anthropologue-ethnologue africaine, professeur au Collège de France, ne propose pas un répertoire des différences entre les sexes mais se lance à la recherche de leurs origines : le fait, par exemple, que les femmes perdent leur

sang sans le vouloir (passivité), au contraire des hommes, qui le font couler en combattant (acte délibéré). A travers l'étude d'ethnies de tous les horizons (des Samo du Burkina Faso aux Iroquois d'Amérique en passant par les Bushmen d'Afrique australe), et en se référant à Aristote, aux médecins hygiénistes des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles et à Claude Lévi-Strauss, Françoise Héritier a cherché à «faire comprendre l'existence et la profondeur d'ancrages symboliques qui passent inaperçus aux yeux des populations qui les mettent en pratique».

Dans les faits, la femme sera-t-elle un jour l'égale de l'homme ? Pessimiste, Françoise Héritier en doute – et le déplore. Pour notre part, nous regrettons que l'anthropologue ne fasse pas plus clairement la différence entre l'«égalité» et l'«identité» des rôles féminin et masculin, deux notions fréquemment confondues. L'égalité, au moins intellectuelle, n'a plus besoin d'être démontrée. Et il serait absurde de prétendre ou de souhaiter que l'homme et la femme jouent un rôle «identique» dans la société.

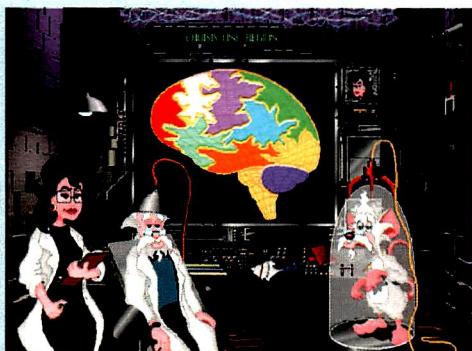
Sonia Feertchak

## CD-Rom

### Dans le labyrinthe de l'intelligence

#### Dr BRAIN A PERDU LA TÊTE

Coktel Vision, 279 F, bi-standard Mac/PC.



Ce CD-Rom a pour vocation d'éveiller toutes les formes de raisonnement (*brain* signifie cerveau, en anglais). Il sait éviter les pièges où tombent bien des logiciels dits éducatifs. Sa présentation ludique le situe entre les «produits

d'éveil» et les jeux vidéo. Diverses énigmes (reconstitution d'un volume à partir de vues planes, labyrinthes tridimensionnels, mots croisés, initiation à la programmation...) y sont proposées sous une forme attrayante. L'assistante et le rat du Dr Brain guident l'utilisateur dans un univers qui rappelle celui des dessins animés. La bande son est, elle aussi, pleine de clins d'œil et d'effets comiques.

Si ce CD-Rom est conseillé aux enfants à partir de 11 ans, il est vraisemblable qu'il passionnera toute la famille. Pour chaque énigme, on peut choisir trois niveaux de difficulté. Le niveau 1 est très accessible, mais les énigmes se corsent dès le niveau 2, pour devenir de véritables casse-tête au niveau 3 !

Henri-Pierre Penel

36<sup>15</sup>  
ScV

Les forums de *Science & Vie* !

Les grands débats  
de notre société.

Exprimez vos opinions.

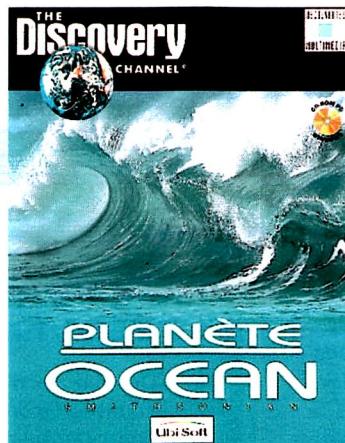
## Vingt mille lieues sous l'océan

### PLANÈTE OCÉAN

The Discovery Channel. Ubi Soft-CD-Rom, version PC, 299 F.

Une planète accueillante, en apparence. On s'y promène comme dans une exposition, on s'arrête pour admirer les évolutions d'une baleine, on écoute le récit de la naissance des océans, on plonge dans une oasis abyssale, on consulte des archives vidéo sur l'exploration des fonds marins.

Le "voyageur" s'oriente très facilement dans ce logiciel au graphisme soigné. Le confort d'utilisation est satisfaisant, malgré une attente un peu longue pour accéder aux informa-



tions sélectionnées. Ce CD-Rom fait la part belle aux océans. Il évoque les moyens scientifiques mis en œuvre pour les étudier, l'influence de l'homme sur le milieu marin et les interactions naturelles entre l'atmosphère et l'océan. Le recours aux animations facilite la compréhension de notions assez complexes, en particulier celle de l'expansion des fonds océaniques.

Un regret : la plupart des points traités sont abordés superficiellement. Ainsi, dans le "chapitre" consacré à l'observation par satellite,

il n'est pas une seule fois question d'océanographie spatiale...

Autre inconvénient : les ouvrages d'océanographie et les organismes scientifiques mentionnés sont exclusivement américains, traduction obligée.

Le recours à des experts – trait commun aux titres de cette collection – n'est pas convaincant. On peut en effet obtenir les réponses de quatre experts à dix questions portant sur les océans (Quelle est la pollution la plus dangereuse ? Qu'est-ce que le triangle des Bermudes ? etc.). Cette séquence faussement interactive renforce l'impression que ce CD-Rom navigue entre deux eaux, cherchant sa place entre le livre documentaire et l'émission de télévision. ■

Isabelle Bourdial

## SCIENCE & VIE

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. : 1 46 48 48 48. Fax. : 1 46 48 48 67.  
Adresse télégraphique : Sienvie Paris.  
Principaux associés :  
Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

### 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 Sarradeil. 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. Secrétaires 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, Thierry Pi-lorge, Alexandre Dorozynski, Philippe

Chambon. 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

Jean-Marie Andrieu, Michel Brassinne, Germain Chambon, Catherine Chauveau, Sonia Feerthack, Hélène Guillermot, Roman Ikonoff, Marielle Véteau.

### RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, Blandine Devriendt.

### MARKETING INTERNATIONAL, REVENTES

Directeur-adjoint : Marie-Ange Rouquet-Dezelius, tél. : (33) 1 46 48 47 26, fax : (33) 1 46 48 49 39.

### PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 1 41 34 82 08. Directeur commercial : Gilles de Bédelièvre. Directrice de la publicité : Véronique Moulin. Directeur de clientèle : Laurent Auzie. Chef de marques : Jérôme Garrido.

### À NOS LECTEURS

Renseignements : Monique Vogt, tél. : 1 46 48 48 66. Commande d'anciens numéros et de reliures : Chantal Poirier, tél. : 1 46 48 47 18.

### SERVICES COMMERCIAUX

Chef de produit marketing : Capucine Jahan. Chef de produit ventes : Marie Cribier. Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 1070 Bruxelles. Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Sarradeil.

### ABONNEMENTS

Relations clientèles abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 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 : Presse abonnements, 90 bd du Souverain, 1170 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 2,80 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.



Internet poursuit son inexorable progression : 40 millions d'utilisateurs aujourd'hui, 100 millions prévus pour la fin du siècle. Internet, c'est aussi 15 000 forums, et environ 750 000 services sur ordinateur (semblables à nos services télématiques) diffusés sur ce sous-ensemble d'Internet qu'on appelle World Wide Web, ou simplement Web. Les services Web sont caractérisés par l'hypertexte et le multimédia. L'hypertexte est la fonctionnalité qui permet, en pointant la flèche de la souris sur un mot souligné et en cliquant dessus, de se "téléporter" vers un autre écran du même service ou sur un autre service, distant d'un nombre quelconque de kilomètres. Quant à la caractéristique "multimédia", elle signifie que tout service Web permet de gérer à la fois texte, son, image fixe ou film. De 500 à 1 000 services Web naissent chaque jour dans le monde, dont environ 40 en France. Nous pouvons donc commencer à vous recommander des "adresses", le Web donnant accès à des services de qualité en français.

## PLANTES : AVOIR LA MAIN VERTE



Toujours dans l'univers de la vie quotidienne, le Web fournit de précieux renseignements sur le jardinage. Les soins à apporter aux plantes d'intérieur sont aussi variés que les espèces. Pour tout savoir, photos à l'appui :

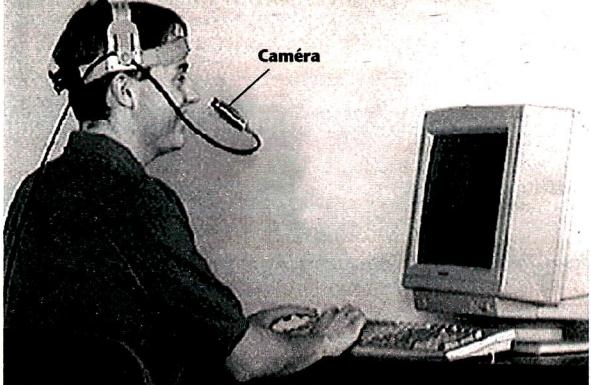
<http://greenquest.com:80/main/vert/plantes/gplantep.htm>

## PMI-PME : PASSEPORT POUR L'EXPORT

Destinée aux dizaines de milliers de PMI-PME, l'information économique sur le commerce international suggère des occasions d'exportation, explicite les fort nombreuses réglementations européennes. Le Web du Comité français du commerce extérieur (CFCE) est constamment mis à jour : <http://www.cge-ol.fr:80/cfce/cfce2.html>

Calage du collimateur sur la pupille

## SOURIS PILOTÉE PAR L'ŒIL



Ici, ce n'est plus la main qui pilote la souris de l'ordinateur, c'est l'œil ! La caméra CDD fixée sur le casque (voir photo) analyse la direction dans laquelle l'utilisateur dirige le regard. L'ordinateur interprète l'orientation de la pupille et dirige ainsi une flèche sur

l'écran, exactement à l'endroit regardé, tout comme le ferait une souris manuelle. Un clignement de paupière équivaut à la confirmation de l'action souhaitée, comme un clic sur la souris. Ce nouveau mode de pilotage de l'ordinateur, conçu à l'origine pour les handicapés

**SOS POLLUTION DE L'AIR**

■ La pollution de l'air dans les villes croît de mois en mois. Les pics de pollution entraînent une augmentation alarmante des affections respiratoires. Le Web Airsanté répond à toutes les questions.

<http://web.citi2.fr:80/AIR SANTE/welcome.html>

Par téléphone, un médecin fournit des renseignements sur les mesures à prendre en présence de symptômes provoqués par la pollution atmosphérique : (1) 40.34.76.14.

**VOYAGE DANS L'INDUSTRIE**

■ Grand méconnu, mais en pleine expansion : le tourisme industriel, scientifique et technique. Il permet de suivre la fabrication des objets de notre vie quotidienne. Un service tout récent :

<http://www.bonjour.com:80/wta/halltech.html>

*Tourisme Technique*

moteurs, débouche sur de nombreuses applications : machine à écrire, téléphone et gestion informatisée de la maison ou domotique (lumière, chauffage, etc.).

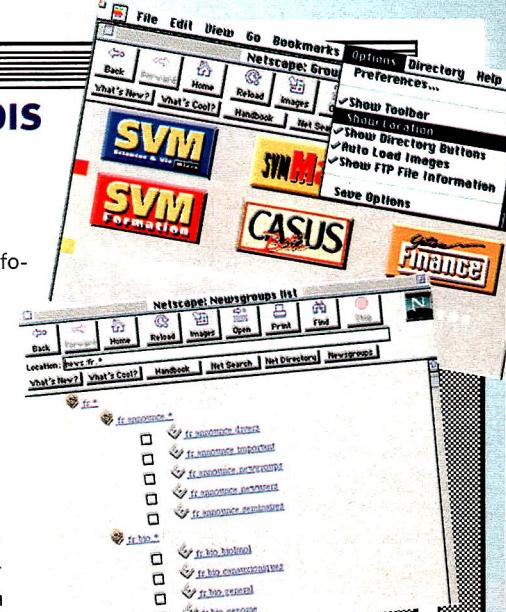
<http://www.saem-ales.fr:80/%7echet/eye access.html#french>

## LE TRUC DU MOIS LES FORUMS SUR LE WEB

■ Comment accéder aux forums français ("newsgroups") à partir du logiciel de navigation Netscape ?

En arrivant sur la page d'accueil d'Excelsior Publications (par exemple), on "clique" sur le menu déroulant "Options". On glisse la flèche de la souris sur "Show location" ("montrer l'adresse Internet"), puis on relâche le bouton de la souris. On voit alors apparaître un "champ de saisie" (espace où taper quelque chose) précédé de "Go to :" ("Allez à").

En pointant la flèche de la souris dans le rectangle blanc et en cliquant dans ce cadre, une barre verticale se met à clignoter, pour indiquer qu'un ordre attend d'être inscrit. Il faut taper très précisément news:fr.\* puis effectuer un "retour chariot" (touche RETURN, voir ci-dessus). La liste des forums en français se télécharge en dix à vingt secondes, selon la puissance du modem.



Les forums (ci-dessous) se présentent sous la forme d'une très longue liste courant – en français – une très grande variété de sujets, où la science et l'informatique sont largement présentes. Chaque mot souligné peut être cliqué. Il ouvre sur les dialogues des utilisateurs. Pour accéder à la totalité des forums, tapez news:.\* (soit, en clair, news, deux-points, point, étoile, puis ENTER, RETURN ou retour chariot). Un autre univers que le Web s'ouvre alors sur Internet.

## TÉLÉTRAVAIL : ATOUTS POUR RÉUSSIR

■ Le télétravail est une activité en plein développement. De quoi s'agit-il ? Quels sont les avantages et les inconvénients de ce nouveau mode de travail ? Dans quelle mesure transforme-t-il la relation entre le travailleur et son environnement ? Comment y réussir ? Réponses sur : <http://www.sct.fr:80/%7ebister/telew01.html>

FUTURS

# LE POUVOIR DES MATHS MENACE-T-IL LE MONDE?

1<sup>er</sup> octobre  
1987

PAR ROMAN IKONICOFF



■ Appliquées à la finance, les mathématiques ont contribué à l'élosion du marché mondial. Mais elles peuvent créer un univers fictif, où l'argent s'échange sans réelle contrepartie. Seront-elles capables d'arrêter les emballements de la machine ?



J. RILEY/PHOTOGAM-STONE

## BOURSE : échec et MATHS ?

Entre le vendredi 16 octobre et le lundi 19 octobre 1987, Wall Street, la bourse de New York (ci-contre), s'effondra de 23 % sous l'effet de la panique. Les mathématiques financières, pourtant profondément ancrées dans les mécanismes de régulation de la Bourse, ne purent enrayer la chute. Au cours du mois d'octobre, l'indice boursier, le Dow Jones, recula de 36 %, entraînant l'effondrement des bourses de Paris, Londres, Düsseldorf et Tokyo.

19 octobre 1987

**L**e 28 décembre 1994, le peso mexicain s'effondre. A la suite du plan économique d'urgence lancé par le président Ernesto Zedillo le 22 décembre, il tombe à la moitié de sa valeur face au dollar américain. Cette chute provoque une crise de défiance des investisseurs américains, qui ont, depuis longtemps, misé sur le développement du Mexique. Du coup, Wall Street, la bourse de New York, est gagnée par la panique. Redoutant que l'épidémie ne s'étende à d'autres pays, ses cours s'effondrent de 0,6 %. Le billet vert recule face aux autres devises...

En février 1995, les banques centrales européennes interviennent pour soutenir le dollar, qui atteint le seuil fatidique des 5 F, alors qu'il était à 5,44 F à la veille de la crise mexicaine. Cette situation modifie la donne internationale ; les flux commerciaux s'inversent : ceux qui vendaient hier achètent aujourd'hui...

Bien des mois plus tard, au prix de faillites et de chômage, ce quasi-krach

16 octobre 1987

mondial est finalement enrayé. Les capitaux respirent, mais la question demeure : pourquoi une crise limitée à un seul pays a-t-elle eu de telles conséquences ? Il y a cent ans, elle n'aurait eu pratiquement aucun effet. Qu'est-ce qui a changé ? La réponse est claire, même si elle exige des explications. Ce qui est advenu entre-temps, c'est la mondialisation et l'accélération des flux d'informations, véhiculés par les réseaux numériques.

## LES SCIENCES IMPOSENT LEUR LOGIQUE

Aujourd'hui, les économies sont reliées par les réseaux informatiques et marchands. Le risque pour chacune d'entre elles de subir presque immédiatement les contrecoups économiques d'une crise ou même d'une catastrophe naturelle ayant lieu à l'autre bout du monde est devenu énorme ! Pour maîtriser le fonctionnement d'un tel "mégasystème", il a fallu en appeler à la physique et aux mathématiques. Ce sont ces sciences qui imposent leur logique et leurs lois à l'ensemble du monde. Jusqu'où ira cette domination ? S'exercera-t-elle pour le meilleur ou pour le pire ?

Prenons un exemple très concret : le prix de la baguette de pain dépend des variations de la Bourse, elle-même régie par des équations mathématiques qui ont cours en physique des particules ! Bien sûr, le blé ne pousse pas à Wall Street, mais l'agriculteur est soumis aux caprices du prix international du blé, qui varie en fonction de la qualité et de la quantité de la récolte mondiale. Ce système d'autorégulation est aussi vieux que le capitalisme. La nouveauté, puisque nouveauté il y a, c'est que, aujourd'hui, une gelée en Arizona influe immédiatement sur le marché du blé à Tokyo et sur... le prix de la baguette à Paris. La Bourse est devenue le lieu où convergent les réseaux d'informations.

mations économiques. Là, se joue l'équilibre mondial, se déclenchent les crises. C'est là aussi que les mathématiciens dominent.

Cette discipline est si importante que les entreprises cherchent à la dompter plutôt qu'à la subir. Ainsi, Hewlett Packard, l'un des géants de l'informatique, fait construire en

représentatives des mathématiciens français (1) indique qu'une pénurie en mathématiciens se profile à l'horizon 2000.

Comment expliquer cette situation ? Pour en découvrir la source, il faut remonter le fleuve jusqu'à l'invention de... l'ordinateur. Cet "instrument", aujourd'hui courant, imaginé dès 1936 par le mathématicien britannique Alan Turing, a livré aux sciences "dures" (physique, chimie, biologie, etc.), particulièrement aux mathématiques, les clefs de la cité. Sont-elles en passe de tout envahir ? Ou bien est-ce la société qui s'est complexifiée au point de ne pouvoir se passer de modèles mathématiques sophistiqués ?

« A la fois l'un et l'autre », répond Pierre-Louis Lions, médaille Fields 1994 (l'équivalent du prix Nobel pour les mathématiciens) et chef de file de l'école française de mathématiques appliquées. « Divers secteurs sont à la recherche d'outils mathématiques pour rendre compte de la complexité

(1) Dont la Société de mathématiques appliquées et industrielles (SMAI) et la Société mathématique de France (SMF).

croissante de leur fonctionnement. Ce qui engendre, en retour, un certain foisonnement des mathématiques appliquées. Par exemple, la naissance, il y a vingt ans, de la finance moderne a donné naissance à la finance mathématique. »

### L'IMPRÉVISIBLE COTÉ EN BOURSE

La finance, tout est là ! Un *golden boy* qui achète une action à un autre *golden boy* – même par écran d'ordinateur interposé –, cela ressemble à s'y méprendre à un troc de nourriture entre deux hommes préhistoriques. L'acte d'achat ou de vente reste le même ; l'ordinateur n'y a rien changé. Ce qu'il a modifié, indirectement, profondément, c'est l'objet échangé. A la Bourse, on n'échange plus seulement des marchandises, on échange aussi... du risque.

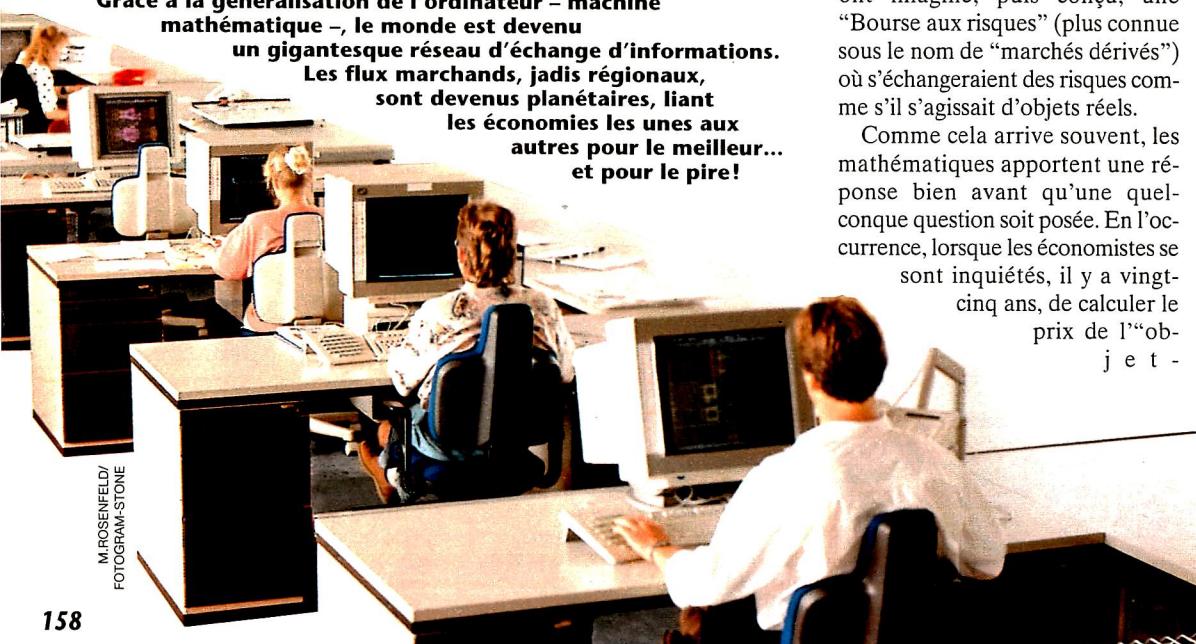
Or, le risque, concept abstrait, ne peut être traité que par un outil tout aussi abstrait : les mathématiques. Dès le début des années 70, certains économistes américains ont imaginé, puis conçu, une "Bourse aux risques" (plus connue sous le nom de "marchés dérivés") où s'échangerait des risques comme s'il s'agissait d'objets réels.

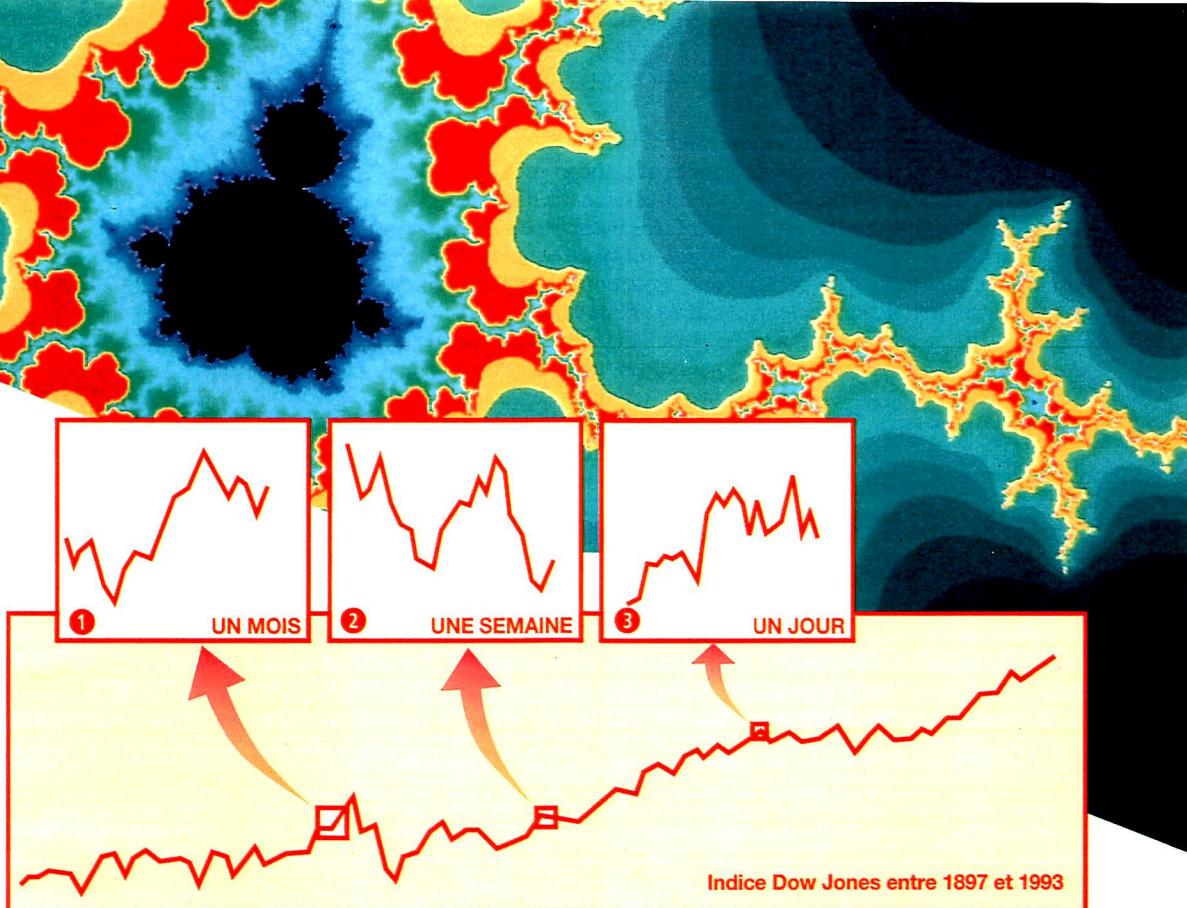
Comme cela arrive souvent, les mathématiques apportent une réponse bien avant qu'une quelconque question soit posée. En l'occurrence, lorsque les économistes se sont inquiétés, il y a vingt-cinq ans, de calculer le prix de l'"ob- j e t -

Grande-Bretagne un centre de mathématiques, sorte d'"usine" à produire de nouveaux langages informatiques, à l'écoute des demandes de plus en plus pressantes des utilisateurs. Le recrutement de scientifiques à des postes d'encadrement (et non plus de recherche pure) dans divers secteurs professionnels s'est si fortement accru qu'une enquête menée à l'initiative de cinq associations

## Une TOILE d'araignée MONDIALE

**Grâce à la généralisation de l'ordinateur – machine mathématique –, le monde est devenu un gigantesque réseau d'échange d'informations. Les flux marchands, jadis régionaux, sont devenus planétaires, liant les économies les unes aux autres pour le meilleur... et pour le pire !**





## Les cours de la BOURSE ont inspiré la théorie des FRACTALES

Qu'on les regarde à l'échelle du mois ①, à l'échelle de la semaine ② ou à celle d'une journée ③, l'aspect des cours de la Bourse ne change pas. C'est cette étrange propriété qui a inspiré au mathématicien français Benoît Mandelbrot de nouveaux objets mathématiques : les fractales (photo ci-dessus), outil indispensable à la compréhension des phénomènes physiques (voir texte).

risque", ils ont découvert que des mathématiciens avaient formulé des équations s'y rapportant... dès 1900. Cette année-là, un jeune mathématicien de l'Ecole normale supérieure – pépinière de savants français –, Louis Bachelier, publiait sa thèse, intitulée *Théorie de la spéculation*.

L'une des grandes idées de Bachelier, c'est que la variation du prix d'une action comprend un terme de nature aléatoire dont «l'espérance mathématique est nulle», ce qui signifie qu'à long terme les probabilités de gain et de perte sont égales. Comme à la roulette! Mais, surtout, Bachelier énonce, au

sujet des fluctuations boursières, l'un des principes mathématiques du mouvement brownien (mouvement chaotique des particules en suspension dans un liquide), qui ne sera formellement énoncé qu'en 1905 par Einstein. A croire qu'il existe une forte similitude mathématique entre l'agitation des particules dans l'eau et celle des spéculateurs à la Bourse!

### LE RISQUE MIS EN ÉQUATIONS

La thèse de Bachelier ne reçut que la mention "honorable", et sa théorie resta parfaitement incon-

nue pendant des années. Jusqu'à ce que l'Amérique la redécouvre. En 1971, le mathématicien Fischer Black et l'économiste Myron Scholes, de l'université de Chicago, publièrent un article dans lequel, reprenant les travaux de Bachelier, ils inventaient la célèbre "formule de Black-Scholes", utilisée à présent pour calculer le prix du risque.

Le "produit" clef des marchés dérivés (en France, le MONEP, Marché des options négociables de Paris, ouvert en 1987) est l'"option négociable". Sous cette appellation énigmatique se cache un simple contrat d'assurance, dit de gré à gré. Si, par exemple, un producteur de pommes de terre redoute que le cours ne chute au moment où il devra vendre sa marchandise (mettons dans trois mois), et si un exportateur de pommes de terre pense, lui, que le cours va monter, le second propose au premier de lui acheter sa production au prix du jour. Au bout des trois mois, si le prix a chuté, le producteur peut

■ ■ ■ "exercer" le contrat et vendre sa marchandise à l'exportateur au prix en vigueur au moment de la signature. Mais, pour "dédommager" l'exportateur du risque qu'il prend en souscrivant un tel engagement, le producteur paie comptant, à la signature, une somme correspon-

## La Bourse est régie par les mêmes lois que la météo

dant au "prix du risque".

En fait, cette pratique a cours depuis des siècles, mais, aujourd'hui, le producteur et l'exportateur établissent le contrat sans même se connaître. Cette "option" peut s'acheter ou se vendre, à la Bourse, à un prix standard. De plus, elle peut être revendue et procurer des revenus, puisqu'elle est cotée en Bourse et que son prix varie tout au long de sa durée de vie. Les options portent sur des matières premières (pétrole, blé...), sur des actions, des devises, des taux d'intérêt, des indices boursiers (CAC 40 en France, Dow Jones aux Etats-Unis, Nikkei au Japon, etc.). Les options peuvent même porter sur... des options !

Le problème mathématique sous-jacent est celui de la détermination

"objective" du prix de l'option. Grâce aux bases mathématiques posées par Louis Bachelier en 1900, Fischer Black et Myron Scholes ont établi une "équation du risque" (voir encadré ci-dessous).

Les banques ont assimilé la révolution induite par ce concept mathématico-financier grâce à l'arrivée massive dans leurs rangs de mathématiciens, de physiciens et d'ingénieurs formés à la haute mathématique. Les maths ont donc permis à la finance de négocier en douceur le virage historique amorcé par l'apparition de l'informatique et des réseaux numériques, qui eux-mêmes étaient nés du rêve d'un mathématicien !

### UNE BULLE FINANCIÈRE ENORME ET IRRÉELLE

Mais le rêve se transforme parfois en cauchemar. Lors du krach mondial du "lundi noir" 19 octobre 1987, 600 milliards de dollars (3000 milliards de francs) furent anéantis en six heures et demie. Selon certains spécialistes, cette crise se déclencha quand le volume des titres échangés sur les marchés dérivés (options) fut quarante fois supérieur à celui du marché primaire (actions, etc.). Le prix des options s'écarta nettement du prix des actions sous-jacentes, comme si l'objet-risque ne reposait plus sur rien de concret. L'argent prétendument échangé n'était plus



vraiment mis sur le marché. Une "bulle financière" se forma, aussi énorme qu'irréelle. Lorsque les spéculateurs réalisèrent qu'ils étaient suspendus au-dessus du vide, ils s'y abîmèrent sans rémission ! L'équation de Black-Scholes avait fait des victimes.

Mais les mathématiques ne modèlent pas seulement la société, elles s'en nourrissent aussi. L'exemple le plus frappant est celui de l'invention des fractales par le Français Benoît Mandelbrot. Apparues voilà une trentaine d'années, les mathématiques fractales ont conquis leur droit de cité tant en mathématique pure qu'en physique et en informatique. Une courbe fractale est une courbe qui reste semblable à elle-même qu'on la regarde à la loupe ou du haut d'une falaise.

L'apport essentiel de Mandelbrot a consisté à jeter les bases mathématiques de la « théorie physique du chaos déterministe ». D'après cette théorie, il existe des systèmes physiques dont les paramètres peuvent être mis sous la forme d'équations mathématiques

### LE PRIX DU RISQUE

■ Bien que d'un abord difficile, l'équation de Black-Scholes repose sur une prémissse simple : le degré de risque, c'est-à-dire le prix de l'option, dépend de la propension du prix du produit considéré (blé, action...) à fluctuer.

Le cours d'un produit suit simultanément deux lois. La première est appelée "tendance". C'est en général une droite qui a une certaine pente symbolisant la croissance (ou la décroissance) moyenne du cours entre deux dates données. La seconde gran-

deur, ou "volatilité", indique avec quelle "facilité" le cours s'écarte ponctuellement de sa tendance moyenne. La volatilité mesure donc l'amplitude des dents de scie dans le graphique du cours.

C'est cette volatilité qui détermine le prix du risque lié au produit. Une action très volatile (dont l'amplitude de fluctuation autour de sa tendance moyenne est très forte) présente un risque élevé. Le prix d'une option sur cette action sera donc important.



P. ROBERT/SYGMA

## Les CATASTROPHES deviennent objets de SPÉCULATION

**Les catastrophes, qu'elles soient naturelles ou économiques, font fluctuer le cours du risque dans les Bourses mondiales. Ceux qui ont su se prémunir contre le risque s'enrichiront. Les autres s'appauvriront. Ci-dessus, le séisme de Kobé, au Japon, en 1995. A droite, Nick Leeson, le courtier qui a ruiné la banque Barings.**

simples, lesquelles, pourtant, ne permettent pas de calculer précisément l'évolution ultérieure du système. Ainsi en va-t-il de la météo : les météorologistes ont beau connaître la répartition et la vitesse des masses d'air dans l'atmosphère, ils ont beau en déduire des systèmes d'équations, il ne peuvent cependant pas prévoir le temps qu'il fera dans une semaine. Il suffit en effet d'une infime incertitude sur la position de l'une des masses d'air (quelques millimètres) pour que le système entier s'écarte rapidement de la trajectoire calculée.

Il est physiquement impossible de connaître exactement la position, la vitesse, la température ou tout autre paramètre d'un objet quelconque. Toute mesure n'est

qu'une approximation, même quand cette mesure est calculée au nanomètre près... La physique du chaos a aboli le dogme de la physique classique, selon laquelle, du moment qu'on connaît la vitesse, la position et les forces s'exerçant sur un objet, on peut rigoureusement prédire sa trajectoire future. Un comportement chaotique engendre une courbe fractale.

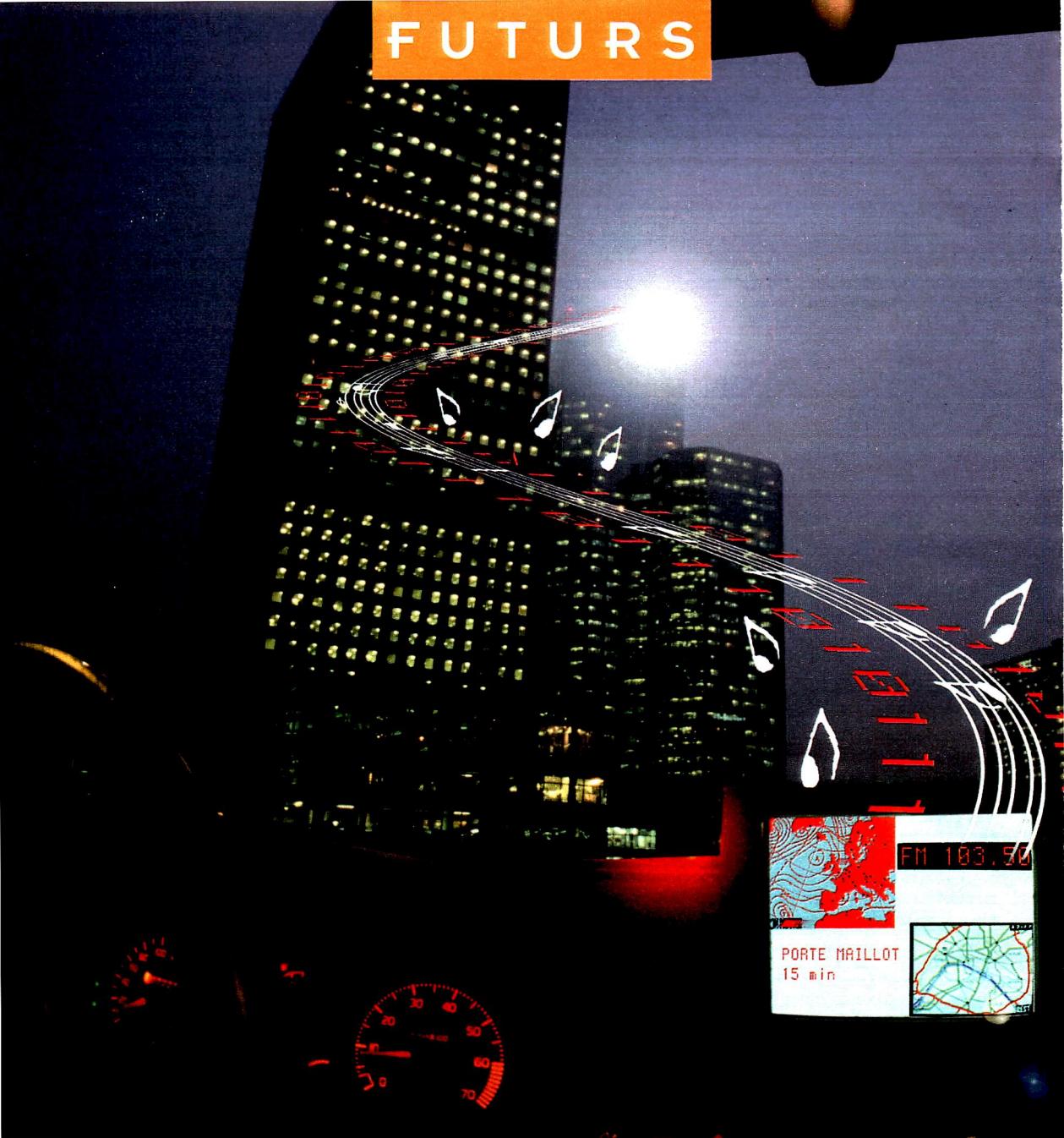
Mandelbrot découvrit les fractales en 1963, lorsqu'il étudiait, pour le compte d'IBM, la forme mathématique des... cours de la Bourse ! Il constata en effet que, «dans l'étude des prix, il n'y a aucune différence de nature entre les variations à court terme et à long terme (voir le schéma double page précédente). On peut décrire, par

exemple, les changements du prix d'une denrée comme le coton sur quelques semaines ou sur plusieurs années comme deux phénomènes statistiquement semblables, sauf qu'ils se déroulent sur deux échelles différentes».

### LA THÉORIE DU CHAOS APPLIQUÉE À LA FINANCE

La complexification des échanges internationaux a donc permis aux scientifiques d'avoir «pignon sur rue» et d'élaborer de nouvelles théories alimentant la science pure. Ironie de l'histoire, la théorie du chaos est aujourd'hui appliquée à la finance ! Ainsi, comme au temps – lointain – où le développement de l'algèbre et de la trigonométrie était motivé par des raisons mercantiles de calcul de denrées alimentaires échangées et d'établissement de cartes maritimes pour aider la navigation, les mathématiques (et les autres sciences dures) font un retour en force dans nos activités les plus «humaines».

D'où une nouvelle interrogation : n'est-il pas dangereux d'offrir nos destins en pâture aux équations mathématiques ? Peut-être devrions-nous méditer cette formule d'un chercheur français : «Ce qui peut nous mener à la catastrophe, ce n'est pas la mathématique, ce sont les mathématiciens.»



**■ Au musée des Antiquités, les postes FM ? Voici venir le temps du numérique. Plus de brouillage, plus de parasites, une écoute pratiquement parfaite. Et, en prime, des informations routières en images à bord des voitures.**

PAR HENRI-PIERRE PENEL

**T**out comme la télévision a été bouleversée, à la fin des années 60, par l'arrivée de la couleur, la radio va bientôt subir une importante mutation : le DAB (Digital Audio Broadcasting) va se voir attribuer un réseau numérique. C'est avant tout la qualité sonore qui en bénéficiera : elle sera pratiquement parfaite. A la maison aussi bien qu'en voiture. L'automobiliste tirera particulièrement profit

# LA RADIO ZÉRO DÉFAUT



## La RÉVOLUTION du DAB

Outre une qualité sonore exceptionnelle, la transmission numérique permettra de diffuser des messages graphiques sur le tableau de bord des véhicules.

EL/MALEMACHE

de cette révolution : outre la spectaculaire amélioration de l'écoute, le DAB doit offrir de nombreux services complémentaires. Par exemple, des informations routières diffusées sous la forme de cartes, réactualisées toutes les dix ou vingt minutes, qui s'afficheront dans la voiture sur un écran couleur à cristaux liquides. Avantage appréciable à l'heure où le conducteur devra vraisemblablement passer encore

plus de temps dans son véhicule, en raison de l'accroissement de la circulation urbaine. Il est en effet prévu que le trafic augmente de 60 % en ville dans les prochaines années. Ce qui se traduira par une baisse de la vitesse moyenne des véhicules : 24 km/h, au lieu de 53 km/h actuellement.

Le nouveau réseau du DAB (sur la bande 1,5 GHz) sera, cette fois, numérique et non plus analogique comme c'est le cas actuellement. Le son sera donc transformé en une succession de 1 et de 0 avant son émission, exactement comme sur un disque compact.

Dans une première phase, le réseau DAB diffusera, avec une qualité sonore comparable à celle du CD, les programmes des stations de l'actuelle bande FM qui l'auront choisi. A terme, il doit remplacer totalement le réseau FM. Nos tuners et nos autoradios deviendront des pièces de collection. Et l'on envisage même d'utiliser le DAB pour diffuser des émissions de télévision...

## UN GIGANTESQUE PROJET EUROPÉEN

Europe oblige, le gouvernement allemand vient de donner un "coup de pouce" à la mise en service du nouveau standard. Dans les régions de Nuremberg, Ratisbonne, Ingolstadt, Augsbourg, Munich et Rosenheim, l'implantation d'émetteurs 1,5 GHz a commencé. Simultanément, de gros industriels allemands (Siemens, Antenne Bayer, Deutsch Telekom, Grundig, etc.) et des diffuseurs (Deutschland Radio et des radios locales bavaroises) se sont rassemblés pour favoriser la montée en puissance commerciale du DAB. L'industrie allemande a, en effet, particulièrement besoin de reconquérir le marché grand public.

Le DAB est un projet européen. En France, bien que l'annonce de ce nouveau standard soit moins tapageuse, Télédiffusion de France (TDF) travaille depuis longtemps à la "faisabilité" technique du projet. Un réseau expérimental a été mis en service à Strasbourg dès 1992. A Paris, trois émetteurs sont également opérationnels. Ils permettent de vérifier *in situ* les avantages de ce procédé de transmission.

Les constructeurs sont vivement intéressés, car le "gâteau" est fort alléchant. Si le DAB prend son essor, il faudra renouveler le parc de récepteurs ! Un marché gigant-

tesque. Deux milliards de "radios DAB" pourraient être vendues dans les quatre ou cinq années qui suivront le lancement du procédé, dont 500 millions en Europe. Les constructeurs (Thomson, Philips, Grundig, Telefunken...) et les diffuseurs (TDF, Deutsch Telekom, BBC...) se sont associés, au sein du Forum EuroDab, pour étudier tant l'impact commercial de la nouvelle norme que l'infrastructure (les émetteurs) nécessaire à sa mise en place. Un "club" dont semblent être soigneusement écartés les constructeurs du Sud-Est asiatique. Le développement "discret" du DAB offrirait à l'Europe une avance technologique appréciable. Le Vieux Continent s'approprierait ainsi une part importante du marché. Faut-il y voir une forme de protectionnisme, que paraissent confirmer les propos de Bruno Chetaille, président de TDF : « Le DAB doit être étudié dans le cadre européen afin de développer un marché qui permette aux constructeurs de proposer des produits à un coût acceptable » ?

Si, durant de nombreuses années, la miniaturisation du récepteur a posé des problèmes, ceux-ci sont en passe d'être résolus. Grundig, notamment, propose des appareils d'un volume sensiblement identique à celui d'un changeur CD pour voiture. Cet effort de miniaturisation se justifie, car le DAB offre aux auto-

## **Une fréquence unique pour chaque station**

radios une bien meilleure qualité que la FM. En voiture, on le sait, la réception des stations FM est souvent précaire, principalement à cause de la réflexion des ondes radio sur les obstacles : les échos. En ville, par exemple, ces obstacles sont les immeubles. Un cône d'ombre radio se crée derrière l'obstacle : masque,

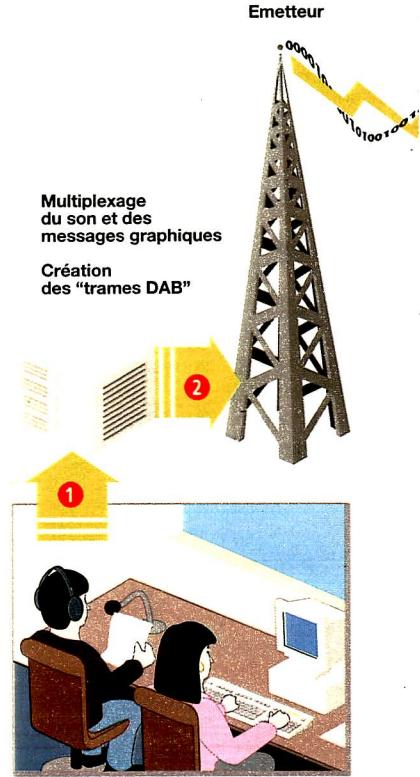
l'émetteur ne peut plus être reçue. D'autre part, les ondes réfléchies viennent se mélanger à celles issues de l'émetteur, et également aux ondes provenant d'autres émetteurs. Or, en radio, comme en optique, lorsque des ondes se chevauchent, des interférences apparaissent, qui engendrent un brouillage de la réception. Un programme parfaitement audible peut ainsi soudain être totalement brouillé, puis retrouver sa clarté quelques centaines de mètres plus loin.

## LA FIN DES INTERFÉRENCES

Le DAB empêchera ces inconvénients. Dans ce procédé, nous l'avons dit, la transmission est numérique, ce qui est un garant de sa qualité. De plus, afin de réduire le nombre de données indispensables à la restitution du son, et, en conséquence, pour "économiser" le débit nécessaire à sa transmission, la compression numérique est réalisée au niveau de l'émetteur. Seules les données utiles au son que perçoit l'auditeur sont transmises, les autres étant ignorées. La "place" ainsi libérée est utilisée pour loger des données annexes, dites de correction d'erreur. Elles ont pour but de compenser les pertes d'informations durant la transmission. Le nombre de ces données de correction (40 %) par rapport à celui des données "utiles" (60 %) interdit une perte totale du message, même en cas de fort brouillage.

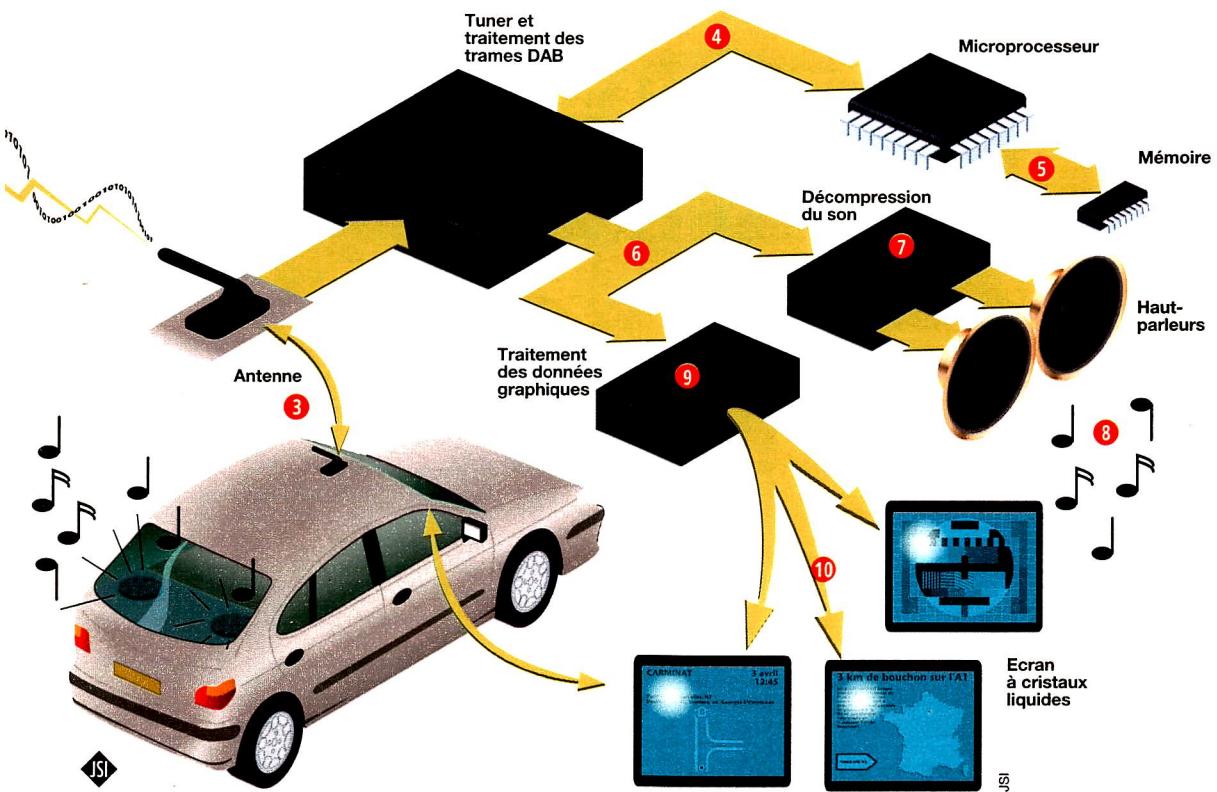
Quand il y a interférence, ce sont soit les données de correction d'erreur qui se perdent, soit celles du son. Dans le premier cas, le récepteur n'“aperçoit” même pas les interférences, puisqu'il dispose des informations nécessaires à la restitution du son. Dans le second cas, le microprocesseur qui équipe le récepteur retrouve les informations sonores perdues à l'aide des données de correction. Dans les deux cas, la qualité du son n'est pas altérée.

Enfin, le récepteur dispose d'une mémoire de 1 mégabit, dans la-



quelle il stocke en permanence quelques secondes d'émission. Emission qui comprend, bien entendu, les données correspondant au son, mais également des données de correction d'erreur. Or, ces dernières concernent la musique "à venir": elles anticipent donc la restitution du son. En cas de perte totale de la réception, l'appareil met à profit cette réserve de données pour combler le "trou de transmission". Lors du retour à la normale, le microprocesseur opère le raccord, parfaitement imperceptible, entre le son issu de la mémoire et le son effectivement reçu.

Le dispositif est si efficace qu'il autorise même les diffuseurs à envisager un type de réseau radio entièrement nouveau. En FM, par exemple, la fréquence attribuée à une radio varie selon la région où elle est diffusée. Une même "antenne" est captée sur 92,3 à Paris, 100,2 à Marseille, 102,7 à Bordeaux, etc. Ces changements de fréquence sont indispensables pour éviter les interférences. Cependant,



## ECONOMIE de données

A l'émission, le son est numérisé puis compressé ①. Cette opération permet, pour le transmettre, d'économiser jusqu'à 85 % des données. Grâce à cette économie, on peut, à débit égal, envoyer aussi des messages écrits et des cartes d'informations routières sous forme numérique. Regroupées par paquets et encadrées de "données de correction d'erreur" ② les informations son et images constituent les "trames DAB". Le tuner, muni d'une antenne externe, capte ces trames ③ et les transmet à un microprocesseur ④. Grâce à sa mémoire de 1 mégabit, ce dernier rassemble ⑤ un "stock" de trames permettant de reconstituer parfaitement le son en cas d'interruption momentanée de la réception. Le microprocesseur sépare également le son des données graphiques ⑥. Un décodeur décomprime les informations sonores ⑦ puis restitue la musique ⑧. Les données graphiques sont traitées séparément ⑨ puis s'affichent ⑩ sur un écran couleur à cristaux liquides.

Ils ont deux défauts. D'une part, la même radio "encombre" de nombreuses fréquences ; d'autre part, l'auditeur doit sans cesse modifier le réglage de son autoradio lorsqu'il voyage.

Grâce au DAB, il est tout à fait envisageable de conserver pour chaque radio une seule fréquence sur l'ensemble du territoire, voire dans toute l'Europe. L'utilisation massive du procédé au sein de

l'Union européenne permettrait donc de réaménager le fameux "plan fréquences", c'est-à-dire les accords internationaux qui régissent la répartition des fréquences d'émission par "créneau" (radio, télévision, transmissions militaires, aéronautiques, etc.). En raison du nombre de demandes, ce plan est aujourd'hui saturé. L'attribution d'une fréquence unique par radio améliorerait sensiblement la situa-

tion. Et, cette fois, les auditeurs en tireraient autant d'avantages que les diffuseurs.

## PREMIERS TESTS À L'AUTOMNE

En France, les premiers récepteurs DAB devraient apparaître sur le marché dès l'automne, à un prix comparable à celui d'autoradios haut de gamme (de 5 000 à 7 000 F). Des stations comme RTL, Radio France, Europe 1, RMC, NRJ, Europe 2, Fun Radio, Radio Nostalgie, RFM, Sky Rock, Sud Radio, etc., sont déjà candidates à la diffusion sur le nouveau réseau. Il s'agira du premier véritable test à l'échelle du grand public. L'UER (union des radiodiffuseurs européens) suivra de très près cette introduction sur le marché. Elle analysera l'accueil de la nouvelle norme par le public. Si l'étude doit largement prendre en compte l'amélioration de la qualité du son, elle évaluera surtout l'intérêt suscité par les services annexes, tels que les informations routières. ■

# FUTURS C'EST DÉJÀ DEMAIN!

par Jean-François Robredo

## PRÉVENTION

### LES ABEILLES ESPIONNÉES AU RADAR



Pour tenter de prévenir les maladies mortelles transmises par la mouche tsé-tsé, des chercheurs du Natural Resources Institute de Malvern (Grande-Bretagne) ont eu l'idée de placer des antennes radar miniaturisées sur le thorax des insectes pour suivre leurs déplacements. Mieux

connaître leur comportement permettra de placer des pièges efficaces. Pour l'instant, Joe Riley (photo ci-contre) et son équipe n'ont pas réussi à miniaturiser assez le dispositif pour le placer sur la mouche tsé-tsé, mais ils ont installées des antennes sur des abeilles qui serviront de "cobayes".

Grâce à cette antenne radar miniaturisée, on peut suivre le vol de l'abeille. Encore réduite des deux tiers, elle permettra d'espionner la mouche tsé-tsé.



PHOTOS SIPA PRESS

## TRANSPORTS CONCORDE & FILS

**L**e fils de Concorde a déjà été annoncé à plusieurs reprises, mais, pour des raisons budgétaires, il n'a jamais vu le jour. Dans les vingt prochaines années, le trafic mondial de long-courriers devrait augmenter de 5 à 6 % par an. Les avions supersoniques sont particulièrement bien adaptés à ce type de trafic. Ce marché (estimé à 500 appareils au



moins) pourrait donc représenter de 125 à 250 milliards de dollars.

Cet espoir de rentabilité a réveillé l'intérêt des constructeurs européens. Au printemps 1994, ils ont signé un protocole d'accord sur un programme de recherche supersonique. Ils ont été rejoints par les Américains, qui travaillaient déjà sur un projet de ce type, et par les Japonais. Le "nouveau Concorde" devrait transporter 250 pas-

sagers, au lieu de 100 pour son aîné. Son rayon d'action sera de 10 000 km (contre 6 200 km). Sa consommation par siège et par kilomètre sera divisée par deux. De nouveaux matériaux seront utilisés : du titane soudé pour les mâts réacteurs, et des composites (tel que le carbone thermoplastique) résistants aux hautes températures pour la dérive et la voilure.

Au fait, le fils de Concorde aura-t-il le nez de son père ?

## Tunnel sous Gibraltar

● En 2010, on devrait pouvoir traverser la Méditerranée à pied sec. En février dernier, le ministre espagnol des Travaux publics a annoncé que le projet de tunnel sous le détroit de Gibraltar, entre l'Europe et l'Afrique, pourrait se concrétiser d'ici à quatorze ans. Des trains de 700 m de long, roulant à 120 km/h, emprunteraient un tunnel de 47 km de long (3 km de moins que le tunnel sous la Manche). Coût estimé de ces "très grands travaux" : de 20 à 40 milliards de francs.

## SOCIOLOGIE Médecine contre traditions ?

**L**es us et coutumes des sociétés traditionnelles sont-ils compatibles avec les progrès de la médecine ? La Ligue arabe souhaite limiter les mariages consanguins, fréquents dans les pays arabes, où l'alliance entre cousins (consanguinité au deuxième degré) est admise. En effet, en augmentant la probabilité d'homoygotie (deux gènes identiques pour un caractère donné), la consanguinité accroît le risque de maladies héréditaires. Certaines anomalies du sang (drépanocytose, bêta-thalassémie) sont très répandues dans cette région.

Des mesures spécifiques à chaque pays viseront à informer le public des risques de la consanguinité et à recommander le dépistage prénuptial (recherche des gènes incriminés). Les autorités religieuses ne semblent pas s'y opposer.

## ECLAIRAGE

### LA LUMIÈRE SENT LE SOUFRE

● Une lumière plus blanche, plus naturelle et meilleur marché ? En 1990, les ingénieurs de l'entreprise de chimie américaine Fusion Lighting découvrent par hasard que le soufre exposé à des ondes électromagnétiques de type micro-ondes produit une intense lumière blanche. Ils exploitent alors cette propriété en introduisant du soufre dans une ampoule à quartz. Au ministère

de l'Energie américain, on qualifie cette découverte de « percée technologique majeure ». Cette administration a d'ailleurs été équipée de lampes à soufre. Résultat : le bâtiment est quatre fois plus éclairé qu'avant, et la consommation d'énergie a été réduite de 60 %. En Suède, des lampes au soufre ont été installées dans des bureaux de poste et des hôpitaux.





RENAULT

## MODE

### LES VÊTEMENTS SE METTENT AU PARFUM

**P**orterez-vous demain un caleçon rafraîchissant, un pantalon hydratant et un pull parfumé? C'est fort probable, car, si les tailleur

d'antan étaient *rich*, ceux de demain seront ingénieux.

Ainsi, en injectant directement dans les fibres synthétiques un agent aux propriétés spécifiques, on peut rendre un tee-shirt antimicrobien ou une robe hydratante. Les moustiquaires Moskitul de chez Billon Technic sont déjà imprégnées d'un insecticide (K-Othrine). Grâce à des microcapsules odorantes emprisonnées dans le tissu, la lingerie Rosy dégagera bientôt un parfum de rose. Les grands couturiers devraient suivre le mouvement. Chez Du Pont de Nemours, le Teflon rend un pardessus antitache, et les sous-vêtements resteront rafraîchissants toute la journée grâce au système Coolmax. Inversement, les vêtements d'hiver garderont la chaleur grâce à Thermastat.

Les pyjamas qui font faire de beaux rêves, c'est pour quand?



WAGAAL

### L'hybride de Renault

● **Ni totalement électrique ni totalement thermique (essence, diesel, gaz ou turbine), Next, un prototype de voiture hybride, roulera pour Renault en 1996.**

**Cette nouvelle génération de véhicules permet de concilier propreté, autonomie et puissance – en attendant que les voitures tout électriques aient fait leurs preuves.**

**Le fonctionnement des hybrides est le suivant : jusqu'à 40 km/h, c'est la propulsion électrique seule qui entre en jeu. Au-delà, le moteur thermique prend le relais, à la fois pour faire rouler l'engin et pour recharger les batteries. Les deux moteurs peuvent être combinés, ce qui permet, par exemple, de porter à 167 km/h la vitesse maximale (qui est de 142 km/h en mode thermique).**

## MULTIMÉDIA

### Internet : diagnostic à risque

**L**es Britanniques consultent sur le Web (le réseau d'Internet) : ils se font ausculter à distance.

Jerome Kassirer, rédacteur en chef du *New Journal of Medicine*, a récemment fait part de ses inquiétudes au *Financial Times*. Il affirme que les "diagnostics" risquent d'être établis par des imposteurs. D'ailleurs, fait observer à juste titre un médecin britannique, «même si j'avais toutes les données médicales (biopsie, résultats d'analyses, etc.), je ne me permettrais pas de poser un diagnostic à distance».

En France, selon un médecin généraliste, «on ne consulte pas encore sur réseau; mais Internet est un outil très performant qui va

permettre aux médecins de se perfectionner». On peut en effet imaginer des dialogues en direct entre praticiens, des confrontations de diagnostics, etc.

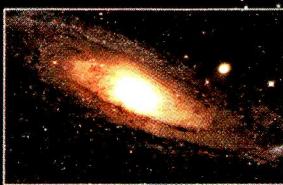
Encore faudrait-il que les médecins français soient branchés sur Internet... Selon un sondage effectué en septembre 1995 auprès de 307 d'entre eux, 3 % seulement des spécialistes se sont abonnés, et 24 % ont l'intention de le faire. Les généralistes, eux, ne sont pas abonnés du tout (0 %), et à peine 12 % d'entre eux comptent se connecter. ■

● **Avec la participation de Sonia Feertchak.**

# Découvrez le début de tous les commencements

COLLECTION XX<sup>e</sup> SIÈCLE

## SCIENCE & VIE



■ L'UNIVERS  
Pourquoi sommes-nous là ?



■ LA VIE  
D'où venons-nous ?



■ L'HOMME  
Qui sommes-nous ?



■ LA CIVILISATION  
Où allons-nous ?

# NOS ORIGINES LES DERNIÈRES RÉVÉLATIONS

# Nouveau Chrysler Voyager.

Si nouveau que beaucoup  
prennent déjà un coup de vieux.



VOYAGER TD LL avec option peinture métallisée, livré en France avec antenne radio amovible.

Plutôt que de vous tenir un discours technique sur le Nouveau Voyager et puisque vous êtes venus en famille, que diriez-vous d'un essai? Vous êtes d'accord? Parfait.

La ligne? Elle vous plaît? Remarquez, vous n'êtes pas les seuls, les Américains l'ont élue voiture de l'année\*.

Vous avez remarqué les deux portes latérales coulissantes? Et vous avez vu avec quelle facilité vos enfants se sont installés à l'intérieur du Nouveau Voyager? Et votre épouse, il semble qu'elle apprécie particulièrement la générosité de son espace intérieur. C'est vrai, on peut y asseoir confortablement 5 ou 7 personnes en fonction des modèles\*\*.

Il serait peut-être temps de mettre le contact. La version que vous essayez est un Voyager Turbo Diesel 1.9L avec une motorisation 2.5 litres de 115 ch CEE (85 kW), 7 CV. Mais il existe aussi une nouvelle motorisation essence 2.4 litres 16 soupapes de 151 ch CEE (111 kW), ou encore un 3,3 litres V6... Ah, vous le trouvez déjà assez nerveux? Parfait.

Au fait, que pensez-vous de sa tenue de route? Ses nouvelles suspensions absorbent remarquablement les inégalités de la route. Et les enfants, qu'est-ce qu'ils

en disent de tout ça? Chut: Visiblement, ils se sentent comme chez eux, votre petite fille s'est même endormie.

Pardon? Oui, il y a deux airbags (coussins gonflables de protection) à l'avant, une direction assistée et des renforts latéraux. Il y a aussi plein d'astuces, comme un porte-lunettes et des porte-gobelets,.... oui, bien sûr, il y a la climatisation et en plus elle est réglable individuellement par le conducteur et le passager avant...

Et savez-vous que la gamme Voyager commence à partir de 147 900 F\*\*\*. Cette fois, vous pouvez faire un choix qui fait l'unanimité de toute la famille... Toute la gamme Voyager est garantie 3 ans ou 110 000 km (terme à la première des deux échéances).

 **CHRYSLER**

\*MOTOR TREND MAGAZINE - 1996  
\*\* 7 places disponibles sur tous les modèles sauf Voyager XSE et TD XSE - 5 places \*\*\*Prix conseillé clé en main au 02 01 96, AM 96 du Voyager XSE. Modèle présenté: Voyager TD LL, 222 900 F, prix conseillé clé en main au 02 01 96, hors option AM 96. Prix de l'option peinture métallisée, 3 100 F.

Nouveau  
Voyager.

Vous ne conduirez plus jamais comme avant.

	2.5 L TD	2.4 L Essence	3.3 L Essence
Conditions urbaines	11,4	13,9	18,1
Conditions extra-urbaines	7,2	8,6	10,6
Utilisation mixte	8,7	10,6	13,3

POUR DÉCOUVRIR LE NOUVEAU VOYAGER, APPELEZ LE **05 155 155** appel gratuit