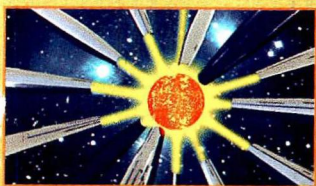
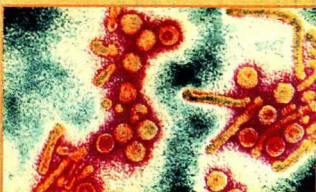


# SCIENCE & VIE

MENSUEL • N° 967 • AVRIL 1998

**FUSION**

L'énergie propre  
du futur

**HÉPATITE B**

Les dangers  
du vaccin

**TITANIC**

Les vraies raisons  
du naufrage

**GÈNE DE L'OBÉSITÉ**

Fraude  
scientifique  
dans la  
recherche  
française?

## On a retrouvé Adam!

UNE ENQUÊTE  
GÉNÉTIQUE SUR LES  
PREMIERS HOMMES  
ABOUTIT À UNE  
TRIBU D'AFRIQUE

T 2578 - 967 - 23,00 F







Si vous voulez mieux nous connaître, écrivez-nous : Jack Daniel's Distillery, Lynchburg, Tennessee 37352 USA.

NUL NE SAIT EXACTEMENT pourquoi Jack Daniel a fait inscrire "No. 7" sur l'étiquette de son fameux whiskey.

Certains disent que c'était son chiffre porte-bonheur. D'autres, que c'était sa septième recette. En fait, la vraie raison de ce "No. 7" reste - et restera - un mystère. Mais, à chaque gorgée de Jack Daniel's, on se dit que toute cette affaire n'a décidément pas grande importance.



JACK DANIEL'S TENNESSEE WHISKEY

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



**R**ompant avec sa vieille tradition colbertiste, qui faisait de chaque utilisateur de cryptage un espion en puissance, la France est entrée, le 25 février dernier, dans le supermarché mondial institué par Internet. Ce jour-là, le Journal officiel a publié le décret définissant les limites à l'intérieur desquelles les fervents du "réseau des réseaux" pourront désormais se servir de la cryptologie.

Le cryptage – moyen par lequel on rend un message inintelligible à celui qui n'en détient pas le code – est une condition *sine qua non*

du développement du commerce électronique. Sans cryptage, pas de transactions bancaires ni de secrets commerciaux. Lancé sans précaution sur Internet, un numéro de carte bancaire risque d'être intercepté par un pirate informatique.

Jusqu'à présent, la politique de la France en matière de cryptologie la mettait à la remorque des Etats-Unis, ce qui l'exposait au danger de rater le train du commerce numérique. Pour des raisons historiques et culturelles, l'Etat français a longtemps renâclé à l'idée de libérer le cryptage, qui joua un rôle capital pendant la Seconde Guerre mondiale et la guerre froide.

En détenant le monopole du droit au cryptage, l'Etat pouvait contrôler les échanges d'informations à l'intérieur du pays et vers l'extérieur. Avec l'argument selon lequel un cryptage sans contrôle pourrait masquer des



**Pas de transaction bancaire sûre sans cryptage. Celui-ci est désormais autorisé sous condition sur Internet.**

agissements illégaux, dangereux pour la sécurité de l'Etat et des individus (réseaux pédophiles, prostitution, terrorisme, de néo-nazisme, etc.).

L'intérêt commercial et le risque social ont pesé d'un poids égal dans l'élaboration de la nouvelle loi, qui instaure un régime de semi-liberté : il n'y aura pas de contrôle sur les cryptages

## Le cryptage en semi-liberté

simples (que l'Etat peut "casser"), reposant sur des clefs à algorithmes inférieurs à 40 bits. Ces procédés seront même en vente libre, contre une simple déclaration préalable.

En revanche, les codes de tout cryptage complexe (clefs supérieures à 40 bits), donc incassable, devront être communiqués au Service central de la sécurité des systèmes d'information, qui dépend du Premier ministre. Il en ira de même des systèmes de cryptage venant de l'extérieur de la Communauté européenne. Dans un domaine où les Américains dominent, le gouvernement espère ainsi favoriser la vente de systèmes de cryptage civils français.

Reste que – ironie de l'histoire – cette (demi-) victoire en faveur de la liberté et du respect de la vie privée, tant désirée par le courant "cyberanarchiste" de la Toile, n'a pu être obtenue que grâce aux impératifs du libéralisme marchand.

**S & V**



# SCIENCE & VIE

*Le plaisir de savoir*

n° 967 • avril 1998

1, rue du Colonel-Pierre-Avia

75503 Paris Cedex 15

Tél. : 01 46 48 48 48

Fax : 01 46 48 48 67

E. Mail : svmens @ excelsior. fr

Adresse Internet : <http://www.excelsior.fr/sv/>

Recevez Science & Vie chez vous.

Vos bulletins d'abonnement se trouvent pp. 43 et 149.

Vous pouvez aussi vous abonner par minitel, en tapant

3615 ABON, et sur notre site Internet.

Organigramme p. 7.

Couverture : P. de Wilde photo/HOA-Qui/MEGAPRESS

En fenêtres : G. Moine; CNRI; C. I. Sachs/SIPA

Forum ..... 6

## ACTUALITÉ

- ▶ RECHERCHE ..... 12
- ▶ ENVIRONNEMENT ..... 28
- ▶ TECHNOLOGIE ..... 36
- ▶ MÉDECINE ..... 44
- ▶ FOCUS ..... 48

**Armes chimiques :**  
**comment s'en débarrasser?**

## ENERGIE

### FUSION NUCLÉAIRE

Miracle ou mirage? ..... 54

## EXCLUSIF

Scandale dans la recherche  
médicale française ..... 64

## NUTRITION

Le plaisir, c'est la santé ..... 72

## BIOLOGIE

Les extincteurs de gènes ..... 78

## SANTÉ

Hépatite B : les risques  
de la vaccination ..... 80

## DOSSIER

### ON A RETROUVÉ ADAM 87

- Le père de l'humanité .... 88
- L'homme à la conquête  
du monde ..... 94
- Comment naissent  
les civilisations ..... 96

## CAHIER PHOTOS

L'odyssée des faucons... 100

## HISTOIRES

Le voyage extraordinaire  
de Pythéas ..... 106

▶ RÉTRO ..... 112  
**Il y a 85 ans**

## ENQUÊTE

Sols pollués : enfin la vérité 114

## HISTOIRE MARITIME

Titanic : un nouveau  
coupable?..... 122

## AUTOMOBILE

Du rififi à Smartville... 126

## PROPULSION

Un turboréacteur  
dans la maquette ..... 132

## GÉOTHERMIE

Les roches ont de l'énergie. . . 138

## EDUCATION

Et la brique devient  
intelligente..... 140

High-tech ..... 144

Livres. .... 150

CD-Rom. .... 154

Astronomie ..... 158

Internet ..... 160

## FUTURS

L'avenir n'a pas de futur .. 162

▶ C'EST DÉJÀ DEMAIN! ..... 166



## ■ FAUCONS

Trois satellites NOAA sont mis à contribution pour étudier la migration des faucons sacres.

p. 100

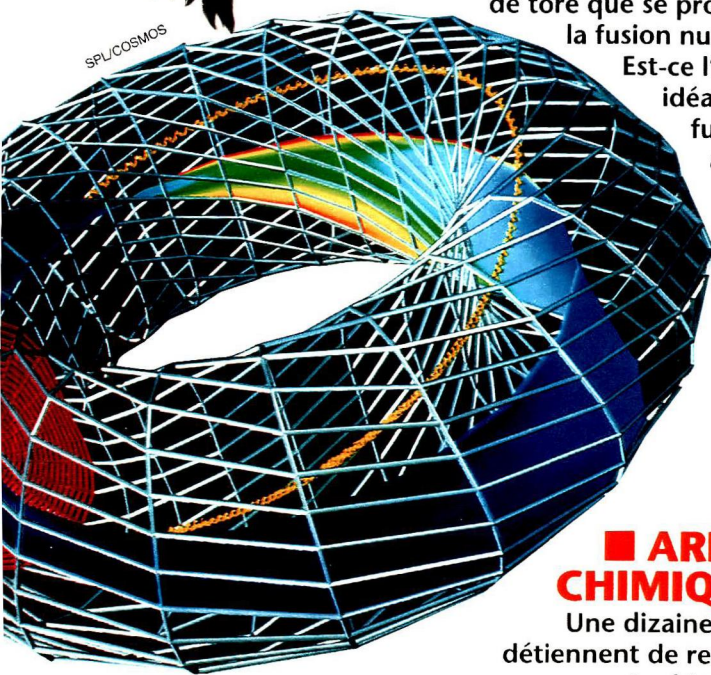


## ■ FUSION

C'est dans une enceinte en forme de tore que se produirait la fusion nucléaire.

Est-ce l'énergie idéale du futur? Elle a du mal à voir le jour.

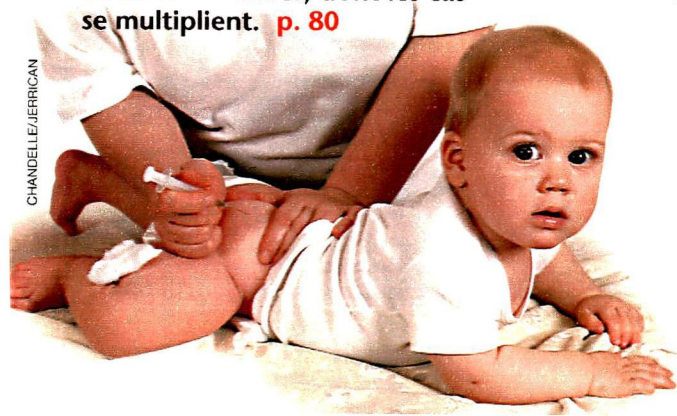
p. 54



## ■ HÉPATITE B

La vaccination des bébés contre l'hépatite B ne se justifie pas. Ce vaccin peut entraîner de graves effets secondaires, dont les cas se multiplient.

p. 80



## ■ SMART

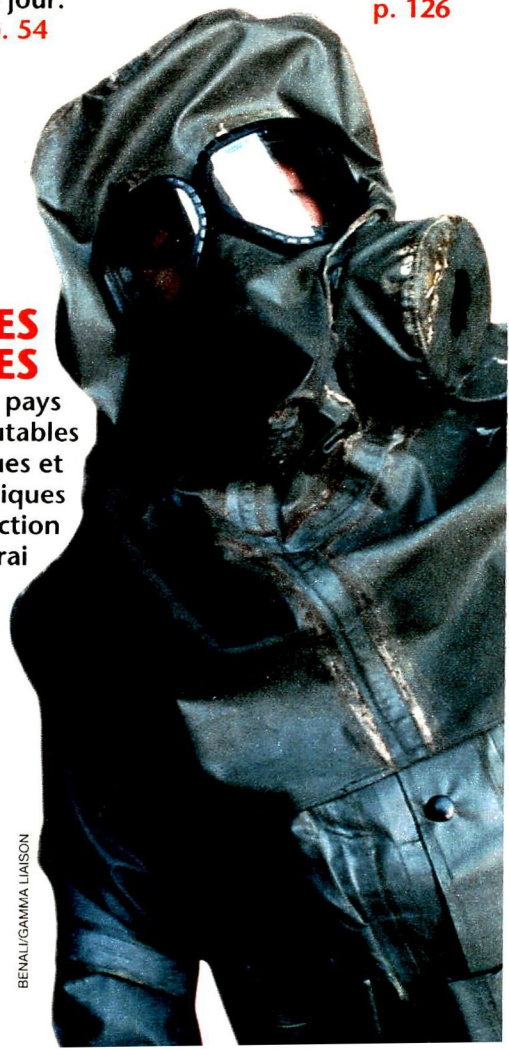
Coup dur pour la Smart : son lancement est repoussé à octobre. Cette minivoiture urbaine accumulait pourtant les innovations...

p. 126

## ■ ARMES CHIMIQUES

Une dizaine de pays détiennent de redoutables armements chimiques et bactériologiques dont la destruction est un vrai casse-tête.

p. 48





**MÊME SI LE  
VOUS AIMEN  
VOTR  
AU MOI  
V**

■ DÉBIT 1500 cc - 147 CV - 1700 cc - 150 CV - 1700 cc - 150 CV - 1700 cc - 150 CV

**COUPÉ XSARA**  
**PLUTÔT SORTI DE VOS RÊVES**  
**QUE D'UNE USINE.**



# **S FEMMES T POUR E VOITURE, NS ELLES OUS AIMENT.**

Airbag Citroën conducteur. Direction assistée.  
Condamnation centralisée. Vitres teintées. Habitabilité identique à la Berline.  
Essieu arrière autodirectionnel pour une tenue de route exemplaire.  
Si les femmes vous aiment, c'est que vous avez beaucoup de qualités.





## "Variables cachées" ou "lien fantôme à distance"?

■ Nombreux sont les lecteurs que l'expérience suisse des particules "télépathes" étonne [*Science & Vie* n° 964, p. 54]. « Plutôt que d'imaginer un message transitant entre les deux particules lors du passage dans les miroirs semi-rélecteurs, écrit ainsi M. Alain Ginoux, de Marseille (Bouches-du-Rhône), est-il absurde de penser que cette information ou cette propriété, identique pour les deux du fait de leur geméllité, puisse être donnée à chacune d'elles au moment de la création initiale? »

Connue sous le nom d'"hypothèse des variables

cachées", cette explication est la plus "simple". C'est celle que défendait Einstein. Mais, en 1964, le physicien américain John Bell démontra que cette hypothèse et celle du "lien fantôme à distance"

étaient logiquement incompatibles. La première preuve en faveur de l'une ou de l'autre permettrait de clore le débat. En 1981, l'expérience du physicien français Alain Aspect, reproduite par la suite avec

toujours le même résultat (notamment par les Suisses), trancha en faveur de l'action "fantôme" à distance. L'explication la plus logique pour le sens commun devait donc être abandonnée.

« Cette expérience ne permet pas pour autant de renvoyer dos à dos Einstein et Bohr, soutient Alain Ognier, de Metz (Moselle). Pour Einstein, la mécanique quantique était une théorie excellente, mais incomplète, comme l'était la gravitation universelle de Newton ou l'électromagnétisme de Maxwell. Pour Niels Bohr [...], cette théorie a démontré qu'elle décrivait parfaitement la réalité [...], le postulat selon lequel elle la décrivait totalement étant remis en cause par certains physiciens. On se retrouve à présent avec, au pire, une faille dans la mécanique quantique et, au mieux, une interaction instantanée à distance dont on ne peut pas dire grand-chose, sinon qu'elle est embarrassante pour la relativité. »

EN COUVERTURE

### ESPACE, TEMPS

## L'expérience qui contredit Einstein



■ Incroyable expérience de mécanique quantique en Suisse : deux photons distants de 10 km ont instantanément réagi de la même façon à une manipulation dont l'issue était imprévisible! Un véritable défi à la théorie de la relativité restreinte d'Einstein.

Pendant une expérience suisse, deux photons ont été manipulés séparément, à une distance de 10 km, et ont réagi de la même façon à une manipulation dont l'issue était imprévisible! Un véritable défi à la théorie de la relativité restreinte d'Einstein.



### Les particules triquent les dés

On ne peut pas prédire le résultat d'un lancer de dés. Mais si l'on connaît les conditions initiales, on peut prédire le résultat d'un lancer de dés. C'est la mécanique classique. Mais la mécanique quantique dit que non.

## Maigrir en voyageant

■ La mise sur le marché d'un pèse-personne électronique de voyage [*Science & Vie* n° 961, p. 39] suggère à M. Christophe Brenet, de Clamart (Hauts-de-Seine), la question suivante : « Que mesure un pèse-personne? Un poids, qui est ensuite converti en masse à l'affichage. Cela signifie qu'une balance n'est exacte qu'en un lieu donné (pour une accélération de la pesanteur donnée). Or, ces pèse-personnes électroniques ont connu le succès en vantant leur précision, les mesures étant annoncées à 200 grammes près. Pourtant g varie selon la latitude, de 9,78 m/s<sup>2</sup> (mètre par seconde au carré) à l'équateur à 9,83 m/s<sup>2</sup> au pôle Nord, et perd

Leure par monde. vient de ro Audi. Et cela, g

**PESE-PERSONNE POIDS PLUME**

La société japonaise Matsut Co. propose un pèse-personne qui tient dans une toute petite sacoche de voyage, puisqu'il ne mesure que 12,8 x 3,5 cm, et dont le poids n'est que de 350 g. Pour se peser, il suffit de se mettre en équilibre sur un seul pied : en trois secondes, la machine indique le poids de l'utilisateur.

3,086.10<sup>-6</sup> m/s<sup>2</sup> par mètre d'altitude. Ainsi, la balance qui indique 90 kg au départ de Roissy me gratifiera d'un agréable 89,6 kg à mon arrivée à Quito, capitale de l'Equateur, perchée à 2850 m d'altitude. »

L'écart n'est pas catastrophique, et un dénivelé dans la moquette peut introduire une erreur relative presque aussi forte (ou faible). Mais il montre effectivement qu'il faudrait introduire dans les balances de précision un système d'étalement en fonction du site d'installation, qui n'est pas forcément celui de leur fabrication.



# Tabac tabou

■ « Je voudrais apporter ma contribution à propos du livre Du fer dans les épinars [Science & Vie, n° 962, p. 160], dont l'idée directrice est fort louable, mais qui dérape parfois complètement, comme dans le chapitre consacré au tabac, écrit M. Patrick Leloup, de Saint-Sébastien-sur-Loire (Loire-Atlantique). Son auteur [...] tente de démontrer que le tabac est bon pour la santé, parce que les fumeurs sont moins atteints par la maladie de Parkinson et par la maladie d'Alzheimer, et parce que les ouvriers fumeurs exposés aux poussières ont moins de cancers que les ouvriers non fumeurs soumis aux mêmes conditions. Il est intéressant de constater que les fumeurs sont moins atteints par ces maladies, [...] mais il est absurde d'en tirer la conclusion que la consommation de tabac est nécessaire pour se protéger. Si l'on constate un jour que l'amanite phalloïde est riche en vitamine C, qui défendra l'idée de consommer ce champignon pour se prémunir contre le scorbut ? [...] De plus, [...] les ouvriers fumeurs exposés aux

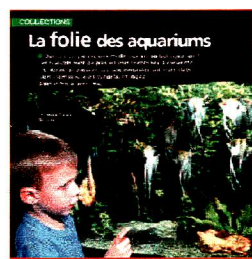


poussières ont des risques beaucoup plus élevés que ouvriers non fumeurs de mourir de maladies cardiovasculaires. [...] Il est regrettable qu'une publication de la qualité de Science & Vie cautionne plus ou moins ce genre de désinformation. »

Ne diabolisons ni le tabac ni un livre iconoclaste au ton provocateur qui n'est en rien un plaidoyer en faveur du tabac. Son auteur a pris bien soin, dans son introduction, de rappeler que le tabac est mauvais pour la santé et provoque notamment des maladies cardio-vasculaires. S'il met en exergue les bénéfices secondaires – et reconnus – du tabac dans des situations extrêmes, il ne dit pas que le tabac guérit et ne conseille pas de se ruiner en cigarettes. Dans sa conclusion, il envisage même sereinement un futur sans tabac...

## Erratum

■ C'est à Christian Piednoir (Aqua Press) que nous devons le reportage photographique de "La folie des aquariums" (Science & Vie n° 965, p. 124). Qu'il veuille bien nous excuser de ne pas l'avoir mentionné.



Publié par  
Excelsior Publications SA  
Capital social : 11 100 000 F.  
Durée : 99 ans.

**SCIENCE  
& VIE**

1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15.  
Tél. : 01 46 48 48 48. Fax. : 01 46 48 48 67.  
Adresse télégraphique : Sienvie Paris.  
Principaux associés : Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

### DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : Paul Dupuy. Directeur général : Jean-Pierre Beauvallet. Directeur général adjoint : François Fahys. Directeur financier : Jacques Béhar. Directeur marketing et commercial : Marie-Hélène Arbuis. 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 d'Elisabeth Latsague. Rédacteurs en chef adjoints : Jean-François Robredo, Didier Dubrana, Gérard Morice. Chef des informations : Isabelle Bourdial. Secrétaire général de la rédaction : Norbert Régina. Secrétares de rédaction : Françoise Sergent, Agnès Marillier, Jean-Luc Glock. Chefs de rubrique : Philippe Chambon, Germain Chambost, Leïla Haddad. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel, Hélène Guillemot, Roman Ikonicoff, Marie-Sophie Germain, Christelle Célarié. Conception graphique, direction artistique : Gilles Moine. Maquette : Lionel Crooson, Valérie Samuel. Service photo : Anne Levy, stagiaire : Julie Neubrunn. Documentation/Internet : Marie-Anne Guffroy. Renseignements lecteurs : Monique Vogt. Correspondante à New York : Sheila Kraft, 11211, South Military Trail, Baynton Beach, Florida, 33436 Etats-Unis, tél. : (00) 1 561 733 9207, fax : (00) 1 561 777 7965.

### ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Michel Auxéméry, Michel Brassinne, Serge Brosselin, Loïc Chauveau, Yves Delaye, Olivier de Gandt, Géraldine Magnan, Véronique Rochewsky, Sophie de Salettes, Jocelyne Sylvie.

### RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, Maud Banner.

### DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Directeur : Marie-Ange Rouquet-Dezellus, tél. : 01 46 48 47 26, fax : 01 46 48 19 19 et 01 46 48 49 39. Chef de produit junior : Corinne Bourbotte, tél. : 01 46 48 47 13.

### PUBLICITÉ

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

### À NOS LECTEURS

Renseignements : Monique Vogt, tél. : 01 46 48 48 66. Commande d'anciens numéros et de reliures : Chantal Poirier, tél. : 01 46 48 47 18.

### SERVICES COMMERCIAUX

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

### ABONNEMENTS

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

### À NOS ABONNÉS

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





## La responsabilité limitée d'El Niño

■ « Très intéressé par votre article sur El Niño [*Science & Vie* n° 962, p. 88], j'ai noté une concordance entre les manifestations d'El Niño et des hivers rigoureux – soit par leur durée, soit par leur intensité – en Europe occidentale, écrit M. Guy Renouard, de Saint-Paul-lès-Dax (Landes). Ainsi l'hiver

1986-1987 a-t-il apporté un froid sibérien ( $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-22^{\circ}\text{C}$  dans certaines parties des Landes, fait rarissime). Y a-t-il des observations sur ces coïncidences ? »

Des études très récentes tentent de répertorier les perturbations climatiques prévisibles lors d'un phénomène El Niño. Si, dans certaines zones, son impact est clair et relative-

ment systématique (sécheresse en Australie et dans le Nordeste brésilien, fortes pluies au Pérou, tempêtes plus fréquentes dans l'ouest des Etats-Unis, etc.), dans d'autres, il est moins net et plus variable. Ainsi l'El Niño de 1982-1983 s'est accompagné de fortes inondations en Europe de l'Ouest, alors que celui de 1972 fut associé à un

climat plutôt sec. L'impact d'El Niño sur ces régions s'énonce donc plutôt en termes de probabilités. En Europe, d'autres phénomènes climatiques moins forts mais plus proches, tels que l'"oscillation Nord-Atlantique", ont une influence. Il faudra avoir des séries d'observations assez longues pour séparer les deux signaux.



## Gabegie universelle

■ « Tout d'abord, bravo pour votre article sur l'algue *Caulerpa taxifolia* [*Science & Vie* n° 963, p. 111], écrit M. Claude Tisserand, de Bastia (Corse). J'ai toujours trouvé que la position d'Alexandre Meinesz et consorts n'était pas très claire et qu'on ne faisait rien de très sérieux pour la connaissance de cette algue. En revanche, j'ai découvert dans le même numéro un article sur l'Hydroptère d'Alain Thé-

bault [p. 146], et, comme il s'agit d'une de mes spécialités (mes premiers engins à hydrofoils remontent à 1965), je me permets d'exprimer mon indignation. Tout d'abord quant au montant prodigieux de la "facture" pour le contribuable (30 millions de francs), tout aussi honnêtes que les 12,5 millions de francs affectés à la prétendue chasse à la caulerpe. Ensuite pour la gabegie militaire-administrative qui entoure cette aventure dont les pionniers (bien d'autres et moi-même), eux, n'ont jamais été subventionnés. »



## La vie en couleurs

■ « Quand donc apprendra-t-on que les couleurs fondamentales sont le jaune, le rouge et le bleu ? s'insurge M. Jean-Claude Godaert, de Paris, à propos de l'article "Éclairage : la vie en bleu" [*Science & Vie* n° 959, p. 112]. Ce n'est pas parce qu'on utilise le système RVB (rouge, vert, bleu) sur les écrans de PC (personal computer) que le vert est devenu une couleur fondamentale. »

Pourtant, le rouge (vermillon), le vert (vif) et le bleu (profond) sont bien



les trois couleurs fondamentales de la synthèse additive, employée dans les éclairages de scène, dans les tubes cathodiques... Aucune de ces radiations ne peut être obtenue par mélange des deux autres et leur combinaison crée la couleur qu'on perçoit : jaune, par addition

du vert et du rouge; blanc, par addition des trois, etc. A l'opposé, le jaune, le magenta (rouge violacé) et le cyan (bleu ciel) sont les trois couleurs fondamentales du système

dit soustractif (peinture, imprimerie...) : aucune ne peut être obtenue par mélange des deux autres, mais, cette fois, la couleur visible est la résultante des radiations de la lumière blanche qui subsistent quand les autres ont été absorbées (soustraites) par le pigment du support.

3615  
**SCV**

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

# A[KRO]BATES

: Qualité des serveurs sachant servir la KRO.



Position°1



Position°2



Position°3



Position°4



Position°5



Position°6



Position°7



Position°8



Position°9



Position°10



Position°11



Position°12



Position°13



Position°14



Position°15



Position°16



Position°17



Position°18



Position°19



Position°20



Position°21



Position°22



Position°23



Position°24



Position°25



Position°26



Position°27



Position°28



Position°29



Position°30



Position°31



Position°32



Position°33



Position°34



# KRO LA BIÈRE.

BIÈRE. 4,7% ALC. VOL. L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.



**AVEC CE BLOUSON, VOUS  
RESTEZ FRAIS DANS LES MONTEES,  
VOUS ETES AU CHAUD  
DANS LES DESCENTES. MAIS LES  
PENTES DEMEURENT.**

TOUT PART DE L'ATHLÈTE. C'EST LUI QUI  
NOUS CONSEILLE DANS LE CHOIX DES MATIÈRES LES PLUS  
INNOVANTES. LUI QUI DÉCIDE DE LA COUPE. LUI QUI  
NOUS AIDE À METTRE AU POINT LES MODÈLES QUI AMÉLIORENT  
SES PERFORMANCES. DE CETTE APPROCHE EST NÉE  
ADIDAS EQUIPMENT, UNE GAMME CONÇUE AVEC ET POUR L'ATHLÈTE.



ANTONIO PINTO. RECORD MAN DU MARATHON DE LONDRES.





par Isabelle Bourdial

Marguerite, née  
le 20 février,  
nationalité  
française.



G. PAILLARD/INRA

## Marguerite dame le pion à Dolly

**Grande première à l'INRA : une génisse  
est née par clonage de cellules non  
embryonnaires. Au moment où l'origine  
de Dolly est contestée...**

**C'**est encore au Salon de l'Agriculture, à Paris, qu'on a annoncé, presque un an jour pour jour après la naissance de Dolly (voir *Science & Vie* n° 955, p. 54), la venue au monde, le 20 février dernier, de Marguerite, une petite génisse de race limousine, née par clona-

ge de cellules différenciées.

La méthode, mise au point par l'équipe de Jean-Paul Renard (Institut national de la recherche agronomique), respecte le schéma classique : mise en culture de cellules différenciées, transfert de leur noyau respectif dans un ovocyte énucléé, où – selon des

mécanismes à élucider – il recouvre la propriété de donner un embryon.

Pour Marguerite, ce sont des cellules d'un muscle du dos, prélevé sur un fœtus d'abattoir de 2 mois, qui ont été cultivées. Mais, pour le petit veau femelle de race Holstein attendu après elle et pour

les suivants, il s'agit de cellules (transgéniques ou non) de fragments de muscle ou de peau, prélevés sur des fœtus de 50 à 80 jours – et même, dans le cas d'une naissance programmée pour le début de l'été, sur une génisse âgée de 2 semaines.

Plus la cellule initiale est "vieille", plus l'exploit est notable. L'INRA avait procédé à la fusion de 56 ovocytes, donnant 36 embryons, dont 6 ont été transplantés. Dans cette série d'essais, seule Marguerite a vu le jour.

Ce score, même modeste, est de toute façon plus élevé que celui de l'institut Roslin, en Ecosse, où Dol-



ly fut le seul fruit de quatre cents essais de cellules fusionnées.

Mais, surtout, dans le cas de Marguerite, le caractère différencié de la cellule donneuse est avéré. Tandis que, pour Dolly, il existe une polémique (*Science*, 30 janvier 1998) sur l'éventuelle contamination par des cellules indifférenciées du tissu mammaire employé. Ces cellules pourraient être issues du fœtus que portait la "mère" de Dolly.

Le créateur du fameux clone, le Dr Ian Wilmut, a cependant déclaré, en février dernier, lors du meeting de l'AAAS (American Association for the Advancement of Science), que cette probabilité était de l'ordre d'un sur plusieurs millions. M.-L. M. et P. R.

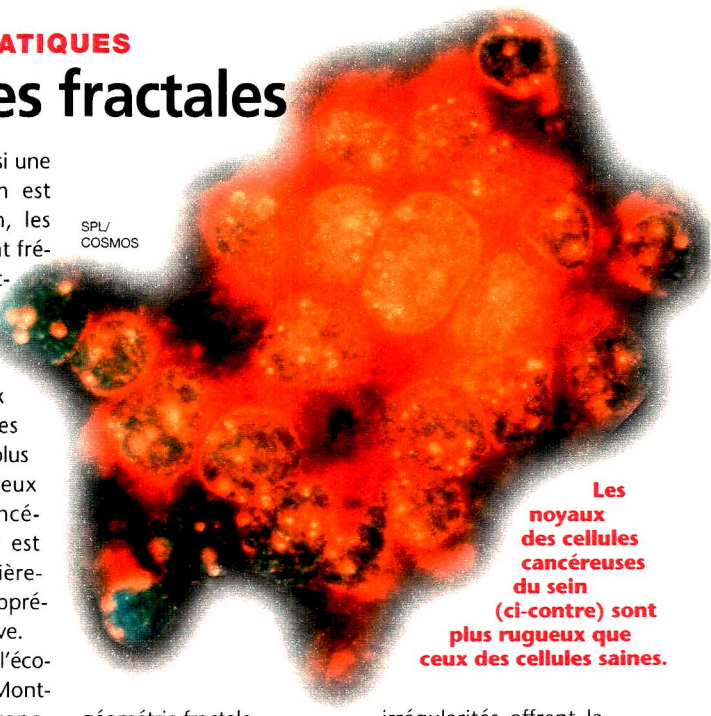
## BIOMATHÉMATIQUES

# Cellules fractales

**P**our déterminer si une tumeur au sein est cancéreuse ou non, les médecins pratiquent fréquemment des ponctions de cellules qu'ils observent ensuite au microscope. Les noyaux des cellules malignes ont une apparence plus "rugueuse" que ceux des cellules non cancéreuses et l'ADN y est groupé plus irrégulièrement – mais cette appréciation reste subjective.

Des chercheurs de l'école de médecine du Mont-Sinaï (New York) proposent aujourd'hui une description quantitative des cellules, grâce à la

SPL/  
COSMOS



**Les noyaux des cellules cancéreuses du sein (ci-contre) sont plus rugueux que ceux des cellules saines.**

géométrie fractale.

Les cellules ont en effet la propriété d'être "invariantes d'échelle" : leurs

irrégularités offrent la même apparence quelle que soit l'échelle à laquelle on les observe. Dès lors, en analysant leur image, on peut leur attribuer une "dimension fractale", qui mesure en quelque sorte cette irrégularité. Or, la dimension fractale des cellules cancéreuses est supérieure à celle des cellules saines.

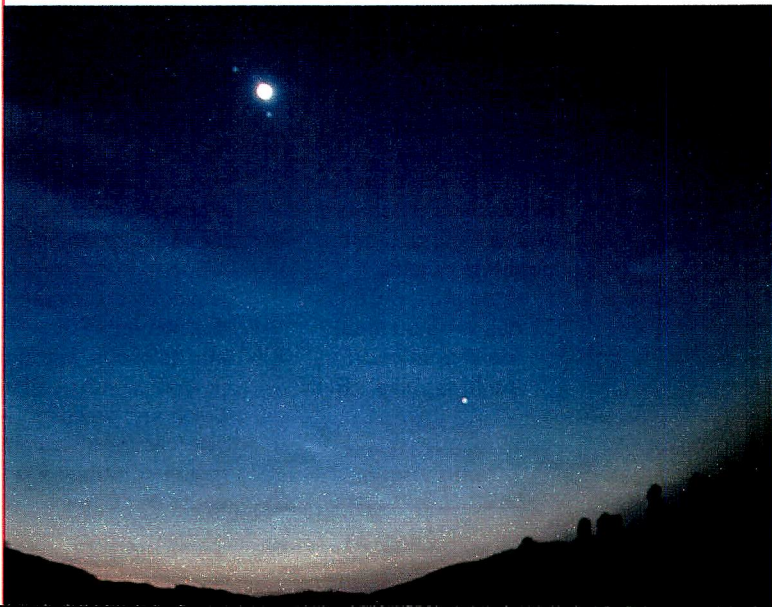
En testant cette méthode, les biomathématiciens ont obtenu 95 % de bons résultats – taux supérieur à celui qu'obtiennent la plupart des médecins. H. G.

## ASTRONOMIE

### PORTRAIT DU SYSTÈME SOLAIRE

■ L'éclipse totale de Soleil du 26 février dernier, visible aux Antilles et au Venezuela, a permis d'admirer Mercure, brillant d'une magnitude – 1,3

à 3° 55' à l'est de notre étoile. A l'ouest, à 2° 30', Jupiter était encore plus brillant, sans parler de Vénus, rayonnant à 40° d'un éclat de magnitude – 4,3. Ph. H.



Y. DELAYE

## TROP DE ROUTES ?

● Selon une étude du ministère des Transports britannique, la construction de nouvelles routes accroît le trafic moyen plus qu'elle ne le diminue. Autrement dit, moins de routes équivaldrait à moins d'embouteillages !





## ICHTYOLOGIE

# Nursery de requins

D. PERPINE/SUNSET

**U**n biologiste marin de l'université de Louisiane, Richard Condrey, a découvert une zone dans le nord du golfe du Mexique où la densité de jeunes requins est particulièrement élevée.

Alors qu'il menait une étude sur les pêcheries industrielles de menhadens (sortes de gros harengs), il remarqua un nombre élevé de sélaciens capturés : dans 492 coups de filet réalisés en 1994 et 1995, on en a dénombré 712. Une dizaine d'espèces ont été réper-

**Prédateurs des menhadens, les jeunes requins ne survivront que si ces gros harengs ne sont pas décimés par une pêche intensive.**

torisées, dont 48 % de requins bordés, 19 % de requins tisserands, 8 % de requins bouledogues et 8 % de requins sombres.

En évaluant la taille de ces poissons, Richard Condrey a estimé leur âge : les trois quarts sont de très jeunes requins.

Pourquoi se regroupent-ils précisément dans les eaux du golfe du Mexique ? Le biologiste estime qu'il y a une corrélation entre la

profusion des menhadens dans cette zone et le rassemblement de ces petits prédateurs à l'affût d'une abondante nourriture.

En analysant le contenu de leur estomac, Richard Condrey a effectivement trouvé une concentration élevée de ces gros harengs. Pour lui, la protection des requins suppose donc le contrôle des pêches massives de menhadens.

D. de M.

## LA SCIENCE EN REVUES

● Sur les 8 000 publications scientifiques répertoriées dans le monde par l'UNESCO, 1 500 sont françaises.

## LES ROMAINS POLLUEURS

● Etudiant une carotte de 3 km de longueur extraite des glaces du Groenland, des chercheurs français et australiens viennent de montrer que les Romains ont été les premiers à polluer la planète par le plomb. Par l'air piégé dans la glace, les carottes permettent de connaître l'évolution des constituants atmosphériques pendant de longues périodes. La partie de l'échantillon qui correspond à la période de l'Empire romain contient la signature isotopique des minerais de plomb de la région de Rio Tinto, dans le sud de l'Espagne. Or, on sait que c'est dans ces mines que les Romains extrayaient le plomb. Les scientifiques ont établi que 70 % de la pollution mondiale due au plomb entre 336 avant J.-C. et 36 de notre ère provenait de ce site. Utilisé à grande échelle par les Romains pour la fabrication de la vaisselle, le plomb, en se mêlant aux aliments et aux boissons, entraînait de graves intoxications. Selon certains historiens, ces maladies auraient même contribué à la chute de l'Empire. J. N.

## COMMERCE

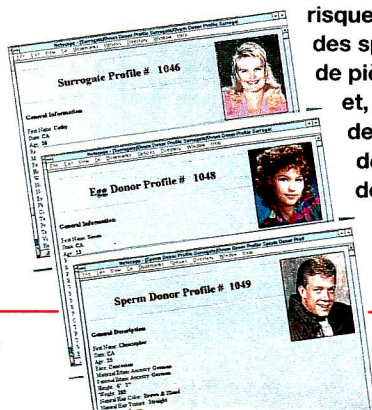
### DU SPERME SUR INTERNET

■ Le commerce électronique (via Internet) est appelé à connaître une croissance exponentielle. Déjà, en pianotant sur leur ordinateur, les couples stériles peuvent acheter du sperme dans diverses banques de sperme du monde. Mais l'Autorité pour

la fertilisation et l'embryologie humaines de Grande-Bretagne met en garde les "clients"

potentiels : il y a un risque élevé d'acquérir des spermatozoïdes de piètre qualité et, de plus, porteurs des virus du sida, de l'hépatite ou de la syphilis. R. I.

**Un choix qui n'est pas sans risque.**



SIPA



## Le Top model de Toyota.

(1) classes quantified by definite NPs (e.g. *every* *long* *man*)

3615 Toyota (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840





## PALÉOCLIMATOLOGIE

# Le mystère des plages préhistoriques

**A**lors que la Terre se trouvait dans une période glaciaire, il y a 135 000 ans, le niveau de la mer s'est mis brusquement à monter. Comment expliquer cette anomalie ?

C'est ce qu'ont tenté de faire Eric Davaud et Pascal Kindler, de l'université de Genève. Les deux sédimentologues ont examiné des sections de littoral en Sardaigne et en Tunisie. En procédant à des analyses topographiques et sédimentaires, les scientifiques suisses ont retrouvé la trace de plages préhistoriques situées très au-dessus du niveau ac-

tuel de la mer.

Ils ont également daté leur formation.

Surprise ! Leur hauteur ne correspond pas aux



PHOTOS ERIC DAVAUD.



**L'analyse des sédiments prélevés sur des plages préhistoriques permet d'en dater l'apparition. En bleu, la place occupée par l'eau de mer dans ces dépôts poreux (ci-contre).**

tenu du climat glacial qui entraînait alors un grossissement de la calotte glaciaire au détriment des océans.

Les chercheurs proposent une hypothèse pour expliquer ce phénomène : pour se maintenir, la calotte glaciaire, qui se fragmente en permanence, a besoin de précipitations neigeuses. Pour une raison inconnue, il y a 135 000 ans, celles-ci ont cessé d'alimenter les calottes polaires, qui ont continué à se briser. L'équilibre entre les eaux continentales et océaniques se serait alors modifié au bénéfice des secondes.

Ch. C.

## VOLCANOLOGIE

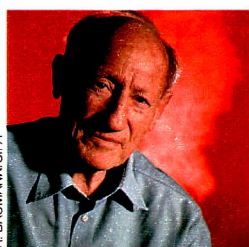
## Les passions d'Haroun Tazieff

**A**l'image des éruptions volcaniques qui le fascinaient, la vie d'Haroun Tazieff, mort à l'âge de 83 ans, aura été une succession d'aventures, d'actions retentissantes et de colères explosives.

Né à Varsovie, il fut résistant pendant la Seconde Guerre mondiale, avant de devenir géologue. En 1948, l'éruption du Kitourou allait changer le cours de son existence. Il se lance dans de téméraires expéditions dont il rapporte des images spectaculaires. Ses

films, ses conférences mettent pour la première fois la volcanologie à la portée du grand public.

En 1956, il devient expert auprès de l'UNESCO, et intègre le CNRS onze ans plus tard. En 1976, il s'oppose à Claude Allègre, alors directeur de l'Institut de physique du globe, qui déclare imminente l'éruption de la Soufrière et fait évacuer une partie de la population de la Guadeloupe. Le volcan "fulminant" ne passera pas à l'acte, mais la polémique restera célèbre.



A. BAUMANN/SIPA

**Enthousiaste, enthousiasmant.**

On se souviendra aussi de son opposition au programme électronucléaire français, comme de ses éclats en politique. Il a été secrétaire d'Etat aux Risques majeurs, de 1984 à 1986.

## MER EN HAUSSE

● Le niveau des mers pourrait bien grimper de 50 cm d'ici à un siècle. Ce chiffre est dû à une nouvelle évaluation de l'impact du réchauffement de la planète (source : *Nature*).

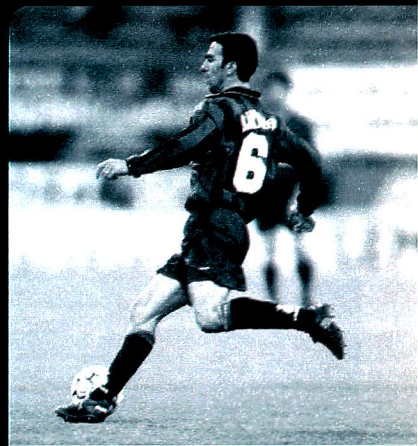


**"Mettre le feu sur un terrain oui  
mais ma peau n'est pas un terrain".**

**YOURI DJORKAEFF** MILIEU DE TERRAIN OFFENSIF INTER DE MILAN



**NOUVEAU PARFUM  
GOLDEN SPIRIT**



La lotion Mennen après-rasage Golden Spirit procure une extraordinaire sensation de fraîcheur. Enrichie en allantoine, elle apaise le feu du rasoir et adoucit la peau. Grâce au chitosane, elle soigne les petites coupures et prévient les irritations.

**MENNEN** //  
POUR NOUS LES HOMMES



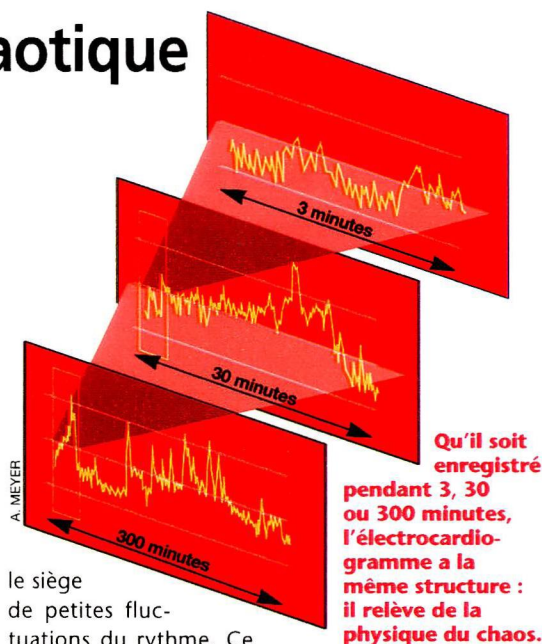
## PHYSIOLOGIE

### Cœur chaotique

**L**e cœur est un grand adepte de la physique du chaos. C'est ce qu'affirme Christopher Merrill et Chi-Sang Poon, du Massachusetts Institute of Technology.

La théorie du chaos s'applique aux systèmes physiques dont le comportement, à première vue hasardeux et ne répondant à aucune loi, est décrit par des équations mathématiques parfaitement déterminées. L'évolution de ces systèmes est pourtant imprévisible, car la moindre erreur de mesure fausse le calcul de leur comportement à moyen terme.

Or, d'après les chercheurs du MIT, un cœur de mammifère sain présente toutes les caractéristiques d'un système chaotique. Derrière sa régularité apparente, il est



le siège de petites fluctuations du rythme. Ce sont elles qui suivent une loi chaotique. En revanche, un cœur victime d'une grave insuffisance cardiaque – souvent mortelle – aura des périodes durant lesquelles la fréquence des battements ne sera pas chaotique.

Les conclusions de l'étu-

de, menée sur huit personnes en bonne santé et onze cardiaques, pourraient déboucher sur une technique de prévention des risques liés à l'insuffisance cardiaque, avant même l'apparition des symptômes.

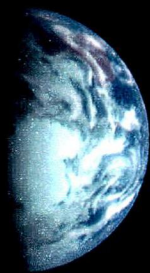
R. I.

## TRANSFORMATEUR SUPRA-CONDUCTEUR

● D'ici à la fin de l'an 2000 devrait être installé en France le premier transformateur supraconducteur, conçu par EDF, American Superconductor et ABB (groupe helvético-suédois). D'une puissance de 10 mégavoltampères (MVA), il sera doté d'un fil supraconducteur (c'est-à-dire n'offrant aucune résistance à l'électricité) capable de supporter des courants bien plus intenses qu'un fil de cuivre, avec beaucoup moins de pertes. C'est l'une des premières applications des céramiques supraconductrices dites "à haute température", découvertes en 1986. Si ce prototype prouve sa faisabilité technique et économique, il pourra être suivi d'une série de transformateurs supraconducteurs de 30 MVA. H. G.

## MAIS QUI A PRIS LA PHOTO ?

● La Terre et la Lune sur un même cliché... quelle surprenante perspective ! Une photo unique, prise à 400 000 km. que l'on doit à la sonde *NEAR* en route pour son rendez-vous avec l'astéroïde 433 Eros. Par commodité, on a artificiellement rapproché notre planète (vue du pôle Sud) de son satellite naturel.



## LES OGM EN GRANDE SURFACE

● Depuis novembre dernier, les OGM (organismes génétiquement modifiés) contenus dans les produits alimentaires doivent être signalés. Mais le seuil minimal n'est pas fixé. Résultat : sur dix produits prélevés dans un supermarché par la revue *LSA*, deux contenaient des OGM sans qu'il en soit fait état.





Bar Gelateria, Piazza Trastevere 2, Rome

# MADE IN ITALY\*



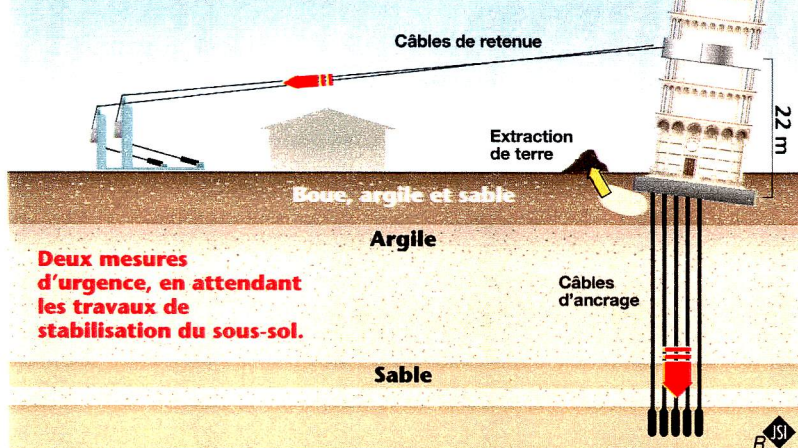
\*Elaboré en Italie et servi,  
comme ici, au Bar Gelateria à Rome,  
Martini Rosso s'apprécie traditionnellement  
pur ou sur glace. Certains connaisseurs  
n'hésitent pourtant pas à briser cet usage  
et le dégustent aussi accompagné de Gin.

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION



# ARCHITECTURE

## Des bretelles pour la tour de Pise



La tour de Pise va-t-elle être enfin sauvée ? Au fil des ans, son sommet s'est décalé de la verticale de 5,2 m. Cette tendance au basculement est imputable aux couches argileuses du sous-sol.

Jugé dangereux, le célèbre monument a été fermé au public il y a huit ans. Le gouvernement italien a alors entrepris des travaux pour enrayer sa lente chute. Un premier succès a été obtenu en enserrant la base de la tour dans un anneau de béton muni d'un contrepoids en plomb.

Mais il s'agit maintenant de remplacer ce contrepoids aussi volumineux qu'inesthétique. Michele Jamiolkowski, de l'université de Turin, a imaginé un nouveau traitement de choc. Il propose de couler au pied de la tour un autre socle en béton et de le fixer aux couches profondes du sous-sol par dix câbles d'acier de 54 m de

longueur. Les travaux débuteront en juin prochain.

Conjointement, une ceinture d'acier sera fixée au second étage. Elle permettra l'arrimage de deux câbles d'une dizaine de centimètres de diamètre reliés à des contrepoids. Longues de 103 m, ces "bretelles" maintiendront provisoirement la tour.

Au dire des experts, seuls des travaux de stabilisation de la couche d'argile

garantiraient l'équilibre de la tour pour au moins un siècle. Ils consisteront à extraire une importante quantité de terre logée sous le versant nord du monument – du côté opposé à celui de l'inclinaison.

L'opération devrait commencer en février 1999 et durer une trentaine de mois. Le projet est estimé à 42 millions de francs.

H.-P. P.

# PLANÈTES VAGABONDES

● La découverte de planètes qui tournent autour de certaines étoiles, en dehors de notre système solaire, pose certains problèmes. On s'explique mal que des planètes de grande masse (de l'ordre de celle de Jupiter) se trouvent très proches de leur soleil, car, en théorie, elles ne peuvent se former dans son voisinage. Selon des chercheurs canadiens, la planète aurait été "freinée" sur son orbite originelle par de très petites planètes de la taille d'un astéroïde (planétésimaux), à cause de collisions ou d'effets gravitationnels. Et, comme l'indique la loi de la gravitation, le freinage entraîne la "chute" de la planète vers des orbites plus rapprochées du soleil. R. I.

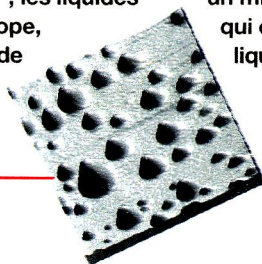
# PHYSIQUE

## CARESSER LES LIQUIDES...

■ Contrairement aux surfaces solides, les surfaces liquides sont d'une approche difficile. Pour déterminer leur structure, le microscope à force atomique doit les effleurer. Alors que les solides se laissent "caresser", les liquides adhèrent au microscope, ce qui rend toute étude impossible. Des chercheurs du laboratoire national

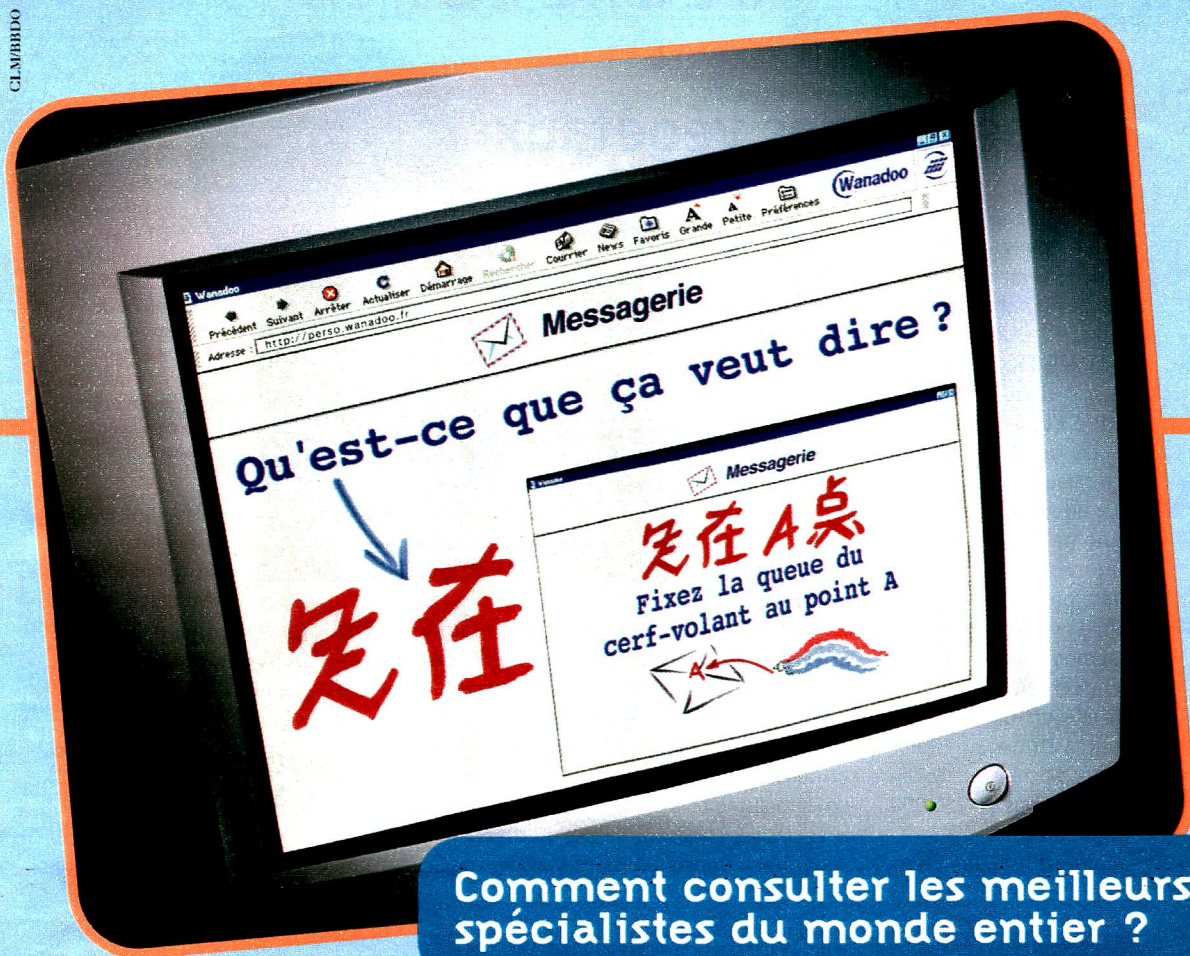
de Berkeley (Californie) ont trouvé un moyen efficace de les approcher, qui accroît de plus de mille fois la résolution obtenue par les moyens conventionnels. Ils ont simplement ajouté un micro-champ électrique qui empêche l'adhésion du liquide au microscope. R. I.

La structure atomique de la surface d'un liquide.



MIQUEL SALMERONE



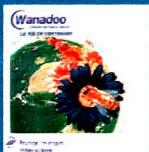


Comment consulter les meilleurs spécialistes du monde entier ?

Avec

**Wanadoo**

L'Internet par France Télécom

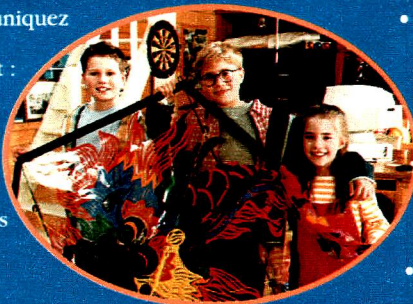


Pour 95 F TTC/mois en connexion

illimitée\*, communiquez

avec le monde entier Wanadoo, c'est :

- un accès à tout l'Internet
- 5 adresses électroniques
- 5 Mo d'espace pour créer vos pages
- une assistance téléphonique.



Pour vous abonner à Wanadoo :

**N°Azur 0 801 63 34 34**

- 3615 Wanadoo (0.85 F TTC/min)
- [www.wanadoo.fr](http://www.wanadoo.fr)
- Grandes surfaces et magasins spécialisés
- Agences France Télécom.

\*Cédérom de connexion fourni. Hors coût des communications locales. Un coffret découverte Wanadoo à 129 F TTC, 2 mois de connexion illimitée, est disponible en magasins.



**France Telecom**



## BIOLOGIE

## Le secret des végétaux

**T**rente laboratoires de recherche de nombreux pays se sont associés pour décoder la totalité du patrimoine génétique d'*Arabidopsis*. Voilà déjà longtemps que les scientifiques s'intéressent à cette plante herbacée de la famille du chou-fleur.

En effet, outre un petit génome réparti sur cinq chromosomes, cette crucifère présente une croissance rapide et peut être aisément manipulée génétiquement. Ainsi fournit-elle un bon modèle pour l'étude physiologique, biochimique et cellulaire de plus de 250 000 espèces végétales.

Aujourd'hui, les cher-

cheurs ont décodé une fraction de son génome (*Nature*, 29 janvier 1998), qui représente 1,5 % de son patrimoine génétique total, estimé à 21 000 gènes (cent fois moins que celui de l'homme). La région étudiée contient 389 gènes, dont plus de la moitié ressemblent fortement à des gènes aux fonctions déjà connues, impliqués dans le métabolisme et la croissance des végétaux.

Comme toutes les

plantes, *Arabidopsis* est immobile. C'est pourquoi elle possède aussi de nombreux gènes responsables des mécanismes de défense, de résistance aux maladies et de réponse au stress.

Mais les meilleures sur-

prises sont encore à venir : 46 % des gènes identifiés dans la région étudiée ne correspondent à rien de connu...

G. M.

Les cinq chromosomes d'*Arabidopsis*

**389 des 21 000 gènes d'*Arabidopsis* ont déjà été décryptés. Mais 46 % d'entre eux ne ressemblent à aucun gène connu.**



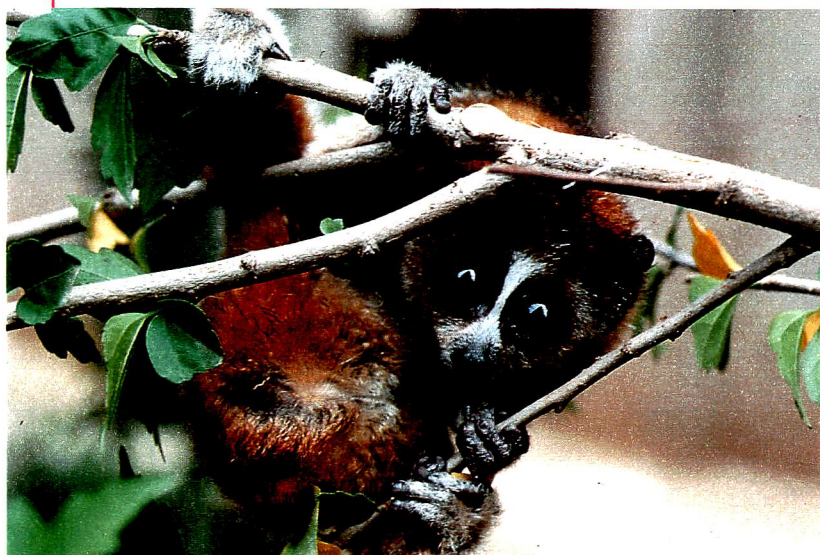
JOHN INNES CENTER

## ZOOLOGIE

## LE NOCTAMBULE AUX GRANDS YEUX

■ Une nouvelle espèce de primate vient d'être découverte dans le sud-est de la Chine. *Nycticebus chinensis* est un petit strepsirrhinien ("primate au nez fendu", proche des lémuriens) qui

vit dans la forêt tropicale. Il pèse moins de 300 grammes et mesure une vingtaine de centimètres. Nocturne, il a des yeux d'une largeur impressionnante en regard de sa modeste taille.



Z. HONGYAO/XINHUA/SIPA

## GELS MARINS ET CLIMAT

● Les océans contiennent d'énormes quantités de carbone, dont près de la moitié sous la forme de matière organique dissoute. Des chercheurs de l'université de Washington viennent de montrer que cette matière organique peut s'assembler en "micro-gels", longues chaînes de molécules en réseau. On cherche maintenant à savoir si ces gels cristallisent et se transforment en sédiments. C'est en effet un enjeu climatique majeur : le carbone qui s'accumule dans l'océan sous la forme de sédiments se trouve soustrait à l'atmosphère. A l'inverse, le carbone océanique qui retourne à l'air sous forme de CO<sub>2</sub> contribue à l'effet de serre. H. G.



FIAT  
3615 RAT  
18.247/100 km



**FIAT MAREA. UN MONDE SUR MESURE.**

La Fiat Marea apporte à l'automobile une nouvelle dimension : la vôtre. Un univers sur mesure qui commence par vous donner le choix entre 11 versions, 3 moteurs essence multisoupapes 4 et 5 cylindres ainsi que 3 Turbo Diesel dont le 2.4 TD 125, premier 5 cylindres de sa catégorie. La sécuri-

té a été également pensée autour de vous : Airbag Fiat® conducteur, ceintures de sécurité avec prétensionneurs à l'avant, coque à déformation programmée, antivol Fiat Code... Et, en terme de confort, rien n'a été oublié non plus : direction assistée, verrouillage centralisé, vitres avant électriques, autoradio K7 RDS,

volant et siège conducteur réglables en hauteur, de série bien sûr. Décidément la Marea ne semble vouloir vous prouver qu'une chose : le monde est à vos mesures.

**Offres de Reprise  
sur mesure chez  
votre concessionnaire**

**LA PASSION NOUS ANIME. FIAT**



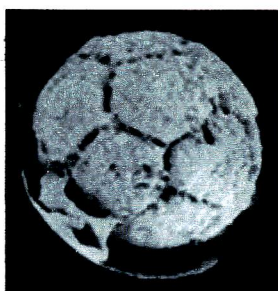
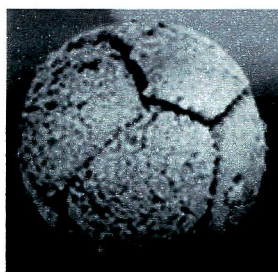
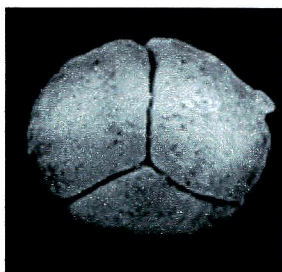
## PALÉONTOLOGIE

## Les fossiles prennent de l'âge

**570** millions d'années : c'est l'âge des plus vieux fossiles de plantes et d'embryons d'animaux. Ils viennent d'être découverts dans le sud de la Chine par une équipe sino-américaine de l'université Harvard (Massachusetts) et de l'université de Pékin.

Deux scientifiques de l'université de Taiwan et un chercheur de l'institut de géologie et paléontologie de Nankin ont aussi trouvé dans ce gisement de minuscules squelettes d'éponges qui appartiendraient à la classe des démosponges.

A peine plus gros que des grains de sable, ces microfossiles datent du précambrien. Ce sont des algues pluricellulaires et des embryons d'animaux, proches de certains crustacés actuels, à divers stades de développement.



Ces fossiles, de 0,5 mm environ, sont des embryons d'animaux à divers stades de la division cellulaire.

Cette découverte fait suite à celle d'œufs fossiles minuscules, également mis au jour en Chine il y a quelques mois (voir *Science & Vie* n° 963, p. 26). Elle devrait permettre de suivre les phases de développement de plusieurs espèces.

Etudiant les gènes des êtres vivants, les biologistes

moléculaires faisaient remonter au précambrien l'apparition des êtres composés de plusieurs cellules (métazoaires). Mais les plus anciens fossiles pluricellulaires dataient du cambrien. On devrait donc pouvoir retracer leur évolution durant cette période intermédiaire.

Ch. C.

● Dans la rubrique "Recherche" (n° 966, p. 18), les photos de Saturne et de Jupiter ont été inversées. Que nos lecteurs veuillent bien nous excuser.

## LE GÈNE QUI PROTÈGE DU SIDA

● Une mutation du gène d'un corécepteur du virus du sida, le CCR5, protège contre l'infection. La protection est totale chez les personnes homozygotes pour cette mutation, c'est-à-dire pour celles qui la portent en deux exemplaires, l'une héritée de leur père, l'autre de leur mère. Mais ces individus représentent à peine 1 % de la population. Dix fois plus nombreux, les hétérozygotes (porteurs d'une seule version de la mutation) ne sont pas épargnés par l'infection, mais les chercheurs se sont demandé si l'hétérozygotie avait une influence sur l'évolution de la maladie. Chez les adultes, les résultats des études sont contradictoires. Mais des équipes de l'INSERM et de l'Assistance publique viennent de montrer que l'hétérozygotie ralentit sensiblement l'évolution de la maladie chez les enfants nés de mère séropositive. D'après l'INSERM, ces travaux renforcent l'idée que le corécepteur CCR5 est une cible thérapeutique de grand intérêt. Ph. C.

## ESPACE

## LANCEMENT RÉUSSI À KOUROU

■ Le 13 février dernier, une dizaine de jeunes Parisiens ont lancé de Kourou la plus grosse fusée expérimentale (3,64 m de hauteur) réalisée par des amateurs en Europe. *Atalante* a atteint Mach 3 en moins de trois secondes

**Derniers assemblages avant le départ pour Kourou.**

et s'est élevée à 18 000 m en une minute à peine. Les membres du GAREF aérospatial, un club scientifique, âgés de 15 à 24 ans, ont conçu l'électronique de bord et les plans mécaniques de l'engin. Ils analysent actuellement les données physiques enregistrées lors du vol.

GAREF





# Banque Directe

## Avec ce qu'elle vous offre en plus, et ce qu'elle vous prend en moins...

### En PLUS

- Les Conseillers Banque Directe sont à votre service 24 heures sur 24, 6 jours sur 7.
- Toutes vos opérations sans exception se traitent sans que vous ayez à vous déplacer.
- Vous disposez d'un interlocuteur spécialisé par métier, en fonction de chacune de vos demandes (prêts, ordres de Bourse...).
- Votre compte chèque vous rapporte.
- Les Cartes Visa Banque Directe sont parmi les moins chères du marché.
- Banque Directe ne prend pas de date de valeur.
- Vos opérations courantes – les virements après leur mise en place et les prélèvements – sont gratuites.
- Vous ne payez pas d'agios sur les petits découverts autorisés.
- Vous accédez gratuitement au service Web Banque Directe pour traiter toutes vos opérations bancaires sur Internet.
- Banque Directe simplifie au maximum toutes vos démarches pour changer de banque.

### En MOINS

# Banque Directe est moins chère

**"Banque Directe"**

la banque directe de Paribas

## ...vous avez tout à gagner à changer de banque !

Pour profiter de tous les avantages Banque Directe et de l'offre de bienvenue que nous vous réservons, demandez votre documentation.

## Oui, je souhaite recevoir un dossier d'information sur Banque Directe.

**Vous pouvez demander votre documentation par :**



**Téléphone**

**0801 24 24 24**



**Internet**

**[www.banquedirecte.fr](http://www.banquedirecte.fr)**



**Minitel**

**3615 BDIRECTE**

**Courrier**



Renvoyez ce coupon sans affranchir à :  
Banque Directe  
Libre Réponse 20058 - 75742 Paris Cedex 15  
ou faxez-le au **01 40 67 32 01**

☐ Mme ☐ Mlle ☐ M.

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

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

Tél. \_\_\_\_\_

Né(e) le \_\_\_\_\_

PC0UL

**Pour bénéficier de votre offre de bienvenue, indiquez le code suivant : PC0UL.**

Conformément à la Loi Informatique et Libertés du 6-1-78, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant



## EXPOSITION

## Nouvelle image, nouveaux réseaux...

**A**vez-vous votre passeport pour le cybermonde ? Il n'est pas trop tard pour vous le procurer à la Cité des sciences et de l'industrie, qui consacre, durant toute l'année 1998, une grande exposition aux réseaux de communication. Télévision numérique, navigation sur Internet, réseaux commutés à haut débit, DVD (Digital Versatile Disc), autant de thèmes et de techniques mis à la portée du grand public, à travers des conférences, des animations, des consultations interactives...

Ateliers et débats s'arti-



**L'"arbre généalogique" de l'écran accueille les candidats au départ pour le cybermonde.**

M. LAMOUREUX/CSI

culent autour d'un thème nouveau chaque mois. En avril, il sera question des médias du futur et de

l'après-Internet. Les experts prévoient en particulier l'avènement du "push-media", qui four-

nira des informations personnalisées et des programmes segmentés en fonction des préoccupations des utilisateurs.

● Retrouvez tous les mois dans cette rubrique l'actualité de l'exposition "Nouvelle image, nouveaux réseaux. Passeport pour le Cybermonde", réalisée avec le soutien de Science & Vie.

## HOMMAGE

## La première océanographe de France

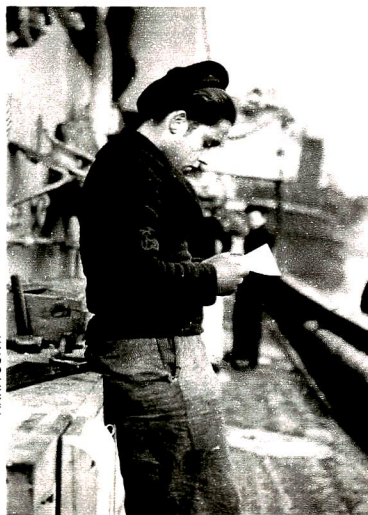
**Q**ui fut Anita Conti, née en 1899, à Ermont (Seine-et-Oise) ? Une exploratrice tournée vers la mer depuis l'enfance, qui fut la première femme océanographe française. Ses campagnes la conduisirent à Terre-Neuve, au Spitzberg... En novembre 1939, elle participe au déminage de la Manche et, jusqu'en 1951, sillonne les eaux africaines, traçant les premières cartes de pêche des côtes sahariennes et mauritaniennes.

En 1952, retour à Terre-Neuve et pre-

mier livre, *Racleurs d'océans*, pour lequel elle recevra le prix Vikings. Campagnes, voyages, rencontres, conférences se

succèdent. A la fin de sa vie nomade, Anita Conti s'établit à Douarnenez, où elle meurt le 25 décembre 1997, un soir de tempête.

**L'exposition de Rochefort présente 200 tirages d'Anita Conti, dont la plupart sont inédits.**



ANITA CONTI

La Corderie royale de Rochefort (Charente-Maritime) consacre jusqu'au 26 avril une exposition à cet écrivain photographe, qui se définissait elle-même comme une "brute de vérité". « J'ai horreur du souvenir, parce que le souvenir transforme. Ou il durcit, ou il adoucit trop, en tout cas, il n'est jamais l'exactitude. »

M.-L. M.

● Avec la participation de **Roman Ikonicoff**.  
Ont collaboré à cette rubrique : **Christelle Célerié, Philippe Chambon, Hélène Guillemot, Géraldine Magnan, Delphine de Maignas, Marie-Laure Moinet, Julie Neubrunn, Henri-Pierre Penel, Pierre Rossion.**

SFR

# Encore un bel exemple du tout, tout de suite.



Difficile de faire plus simple que le Nouveau Pack SFR Prêt à l'emploi. Vous l'ouvrez, vous appelez directement et sans frais supplémentaires le service clientèle. Voilà, c'est prêt. Il ne vous reste plus qu'à vous laisser étonner par le tout dernier portable Alcatel One Touch Club : compact, léger et d'une excellente autonomie.



Et pour vous simplifier la vie, il est équipé de la **touche SFR** qui vous permet d'accéder directement aux services SFR - répondeur, Annuaire Express et sommaire du Kiosque info. **SFR, Le Monde Sans Fil est à Vous.**

Nouveau portable One Touch Club d'Alcatel, accès au forfait SFR 1H+1H week-end, frais de mise en service inclus, tout est compris.  
Pour en savoir plus appelez gratuitement le 0 800 426 426.

## NOUVEAU PACK SFR PRÊT À L'EMPLOI 790 F\* TOUT COMPRIS.

\*Prix maximum conseillé du Pack comprenant un Forfait mensuel d'1 h + 1 h week-end du vendredi 20 h au lundi 8 h, d'appels métropolitains (hors n° spéciaux et vers certains services SFR) dans les zones couvertes par SFR. Décompte à la seconde près après la première minute de chaque communication. Durée minimale de souscription : 12 mois. Prix mensuel de ce Forfait : 165 F. Ouverture de ligne avant le 30/06/98. Le mobile n'est utilisable que sur le réseau GSM de SFR avec la carte SIM incluse. Prix TTC.

SFR est une marque de  cegetel



par Didier Dubrana

T. VAN SANT/GEOSPHERE PROJECT, SANTA MONICA/SPL/COSMOS



## La Méditerranée a la fièvre

Plus chaude, plus salée, la Méditerranée  
va-t-elle compromettre  
l'équilibre climatique de l'Europe ?

**L**a Méditerranée fait les frais des activités humaines des vingt pays qui l'entourent. Résultat : sa température augmente depuis quarante ans. Cette évolution ne passe pas inaperçue, car, si la température de surface des océans de la planète est globalement en hausse, seule la

Méditerranée voit ses eaux profondes se réchauffer aussi (0,13 °C de plus entre 2 000 et 2 600 m de profondeur).

Sa salinité augmente également, car l'apport d'eau douce des fleuves est en constante diminution. Les responsables ? Les grands barrages, tels que celui

d'Assouan, sur le Nil, ou celui de l'Ebre, en Espagne, qui, depuis les années 40, retiennent une grande partie des eaux douces.

C'est ce qu'affirment les chercheurs de l'observatoire océanographique de Villefranche-sur-Mer (Alpes-Maritimes), à l'issue d'une première

étude européenne de quatre ans, destinée à établir le bilan de santé de la Méditerranée.

Selon eux, le déficit en eau douce de la Méditerranée aurait provoqué une baisse de son niveau de 10 cm s'il n'avait été compensé par l'accroissement des apports de l'Atlantique et de la mer Rouge.

Quelles sont les conséquences environnementales de ces perturbations ? Les chercheurs craignent un bouleversement du schéma de circulation des eaux de la Méditerranée.



En effet, plus l'eau est salée, plus elle est dense et plus elle plonge au fond de l'océan. Des mouvements inhabituels perturbent donc les modèles de circulation classiques.

Les variations de la salinité de la Méditerranée pourraient aller jusqu'à modifier la circulation des eaux de l'Atlantique, comme celle du fameux Gulf Stream qui réchauffe l'Europe. Les océanographes s'accordent à dire que le climat de l'Europe pourrait s'en trouver modifié.

Cependant, les avis divergent quant aux effets précis de cette perturbation. Robert Johnson, de l'université du Minnesota (Etats-Unis), estime que le Gulf Stream risque de se trouver dévié vers l'ouest, c'est-à-dire vers la mer du Labrador, ce qui provoquerait un refroidissement de l'Europe.

Mais, pour les spécialistes de l'université de Southampton (Grande-Bretagne), le Gulf Stream devrait se rapprocher de l'Europe et réchauffer son climat. Une seule certitude : l'équilibre climatique du Vieux Continent est en jeu. S. S.

## SACRÉE TORTUE

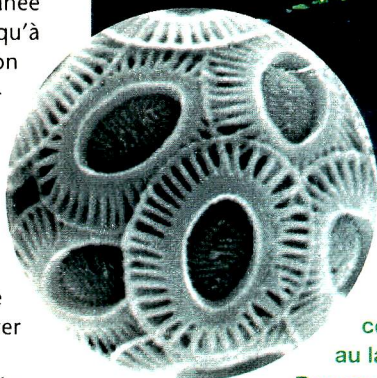
● Une énorme tortue de Floride vient d'être capturée par une équipe de vétérinaires et de pompiers, sur les rives du Main, en Allemagne. Le monstre, qu'on peut voir au zoo de Francfort, pèse 25 kg.



NASA

## L'ALGUE QUI FAIT TACHE

● La tache bleu turquoise visible sur la photo ci-dessus est due à la prolifération d'une algue coccolithophoracée (ci-contre, vue au microscope) au large du détroit de Béring, dans le Pacifique nord.



Des courants chauds liés au phénomène climatique El Niño seraient responsables de cette soudaine prolifération. Cette photo a été prise dans le cadre du projet américain Seawifs mené par la NASA.

## TECHNOLOGIE

### DE L'HALOGÈNE DANS LE JAZZ

■ Le célèbre jazzman Lionel Hampton réclame 10 millions de dollars (60 millions de francs) à la société Hunter Fan & Co, de Memphis (Tennessee), qui lui a vendu la lampe halogène responsable de l'incendie de son appartement new-yorkais. Le 7 janvier 1997, le musicien, âgé de 89 ans et invalide, a échappé

de justesse au feu qui a ravagé son logement, situé au 28<sup>e</sup> étage d'un immeuble de Manhattan. Les souvenirs de soixante ans de carrière ont disparu dans le sinistre... Après enquête, il s'est avéré que c'est la chute de l'halogène qui a provoqué la catastrophe.

L'agence fédérale de protection

de l'environnement (EPA) suit l'affaire avec intérêt. Depuis plusieurs années, elle met en garde les Américains contre ces lampes dévoreuses d'énergie qui produisent plus de chaleur que de lumière. Selon l'EPA, cinquante maisons américaines s'enflamment tous les ans à cause de ce type d'éclairage. L. C.



J.-P. LELOIR





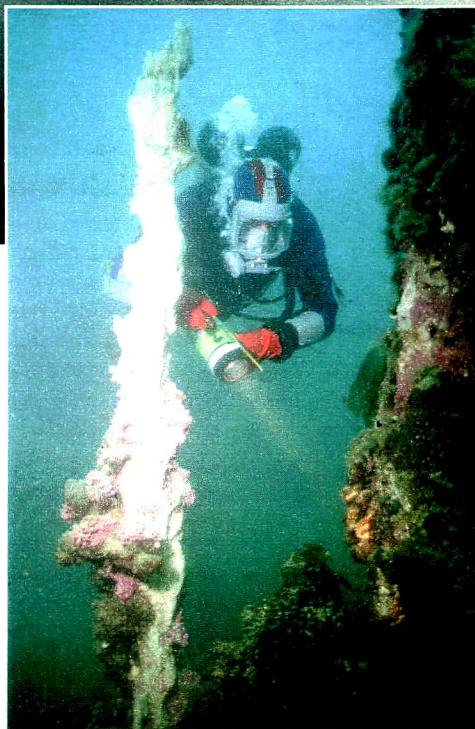
## GÉOLOGIE

### Les tours de calcaire

**C**inq cents colonnes de calcaire, mesurant jusqu'à 20 m de hauteur, au fond d'un fjord du Sud-Ouest du Groenland... C'est le site géologique unique au monde que des scientifiques danois souhaitent voir classé au Patrimoine naturel mondial.

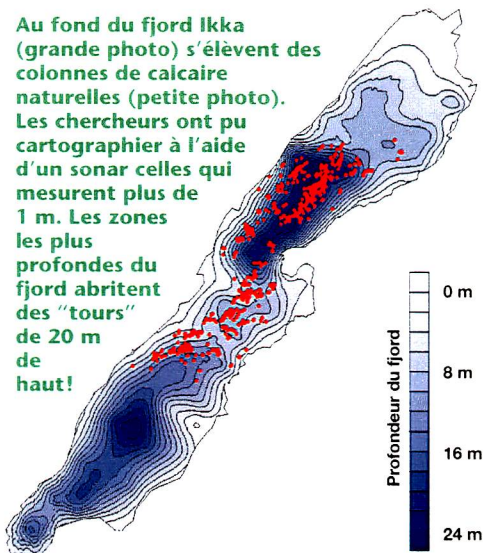
De quelques centimètres à plusieurs mètres de diamètre, ces tours minérales forment une "forêt" qui couvre moins de 1 km<sup>2</sup>. Comment se sont-elles constituées ? C'est la présence de sources d'eau douce au fond du fjord qui est responsable de leur croissance.

Quand cette eau particulièrement riche en sodium jaillit, elle se mélange avec l'eau salée et riche en calcium du fjord. Les deux eaux mélangées se trouvent sursaturées en carbonate de calcium. La précipitation de ces carbonates forme progressivement les colonnes, qui croissent de plus de 50 cm par an. S. S.



B. BUCHARDT-P. SEAMAN/GEOLOGISK INSTITUT, KU

**Au fond du fjord Ikka (grande photo) s'élèvent des colonnes de calcaire naturelles (petite photo). Les chercheurs ont pu cartographier à l'aide d'un sonar celles qui mesurent plus de 1 m. Les zones les plus profondes du fjord abritent des "tours" de 20 m de haut !**



## ZOOLOGIE

### L'odeur apaisante du rat-taupo

**P**our apaiser un congénère inquiet, le rat-taupo mâle se parfume ! C'est ce que viennent de montrer deux chercheurs israéliens.

*Spalax ehrenbergi* est un animal solitaire et agressif. Pour se déplacer, il creuse des tunnels. Mais, pour s'épargner de la peine, le mâle n'hésite pas à emprunter les galeries des autres. Au risque de se trouver nez à nez avec leur occupant et de devoir engager le combat.

Le rat-taupo possède à proximité des yeux une glande qui libère des phéromones. L'une de ces substances odorantes sert à tranquilliser son congénère : « Je ne fais que passer », lui dit-il en quelque sorte. Mais cette phéromone, très volatile, se dissipe rapidement et cède la place au message menaçant que porte une seconde substance, qui imprègne sa fourrure et constitue son odeur spécifique.

Ce type de communication est une adaptation au monde souterrain... où les mimiques sont inefficaces. G. M.



SETRE/BIOS



## PALÉOÉCOLOGIE

### LA FORÊT IMMORTELLE

■ Comment les forêts tropicales perdurent-elles depuis 2 millions d'années ? En fait, seules ont survécu aux glaciations et aux sécheresses successives quelques zones très résistantes, à partir desquelles s'est reconstituée la forêt. En Afrique, cette zone "immortelle" se situerait dans l'Ouest du Zaïre. Une équipe de paléoécologues européens (*Journal of Biogeography*) y a découvert des pollens vieux de plus de 18 000 ans, preuve que des végétaux ont résisté à l'épisode le plus froid de la dernière glaciation.

S. S.



W. MOLLER/  
WILDLIFE/BIOS

## TOUTE LA BOURSE EN DIRECT

profitez des tarifs MODULO \*

**3615**  
**1 000 ACTIONS**

\* 50 % de réduction du lundi au vendredi de 19 h à 8 h, le samedi à partir de 12 h, et les dimanches et jours fériés

OPTION FINANCE  
3,23 F la minute

## LOUPS AU CHAUD

● Dans le Grand Nord, les loups préfèrent manger de petits rongeurs, les lemmings, plutôt que les rennes, pourtant plus charnus. Ont-ils la flemme de les chasser ? Nullement. Les loups traquent les rongeurs parce qu'ils sont beaucoup plus gras que les rennes. Cette graisse, stockée par l'organisme des loups, les protège du froid.

## SONDAGE

### De quoi ont peur les chercheurs ?

Quels sont les problèmes d'environnement prioritaires ? Un questionnaire fourni, agrémenté de questions libres, a été envoyé à 14 000 chercheurs en environnement de soixante-douze pays (1). À partir des réponses de 1 030 d'entre eux (dont un tiers de Français), on a pu discerner onze types de préoccupations.

L'insécurité alimentaire, liée à la limitation ou à la dégradation des ressources naturelles couplée à l'expansion démographique, est paradoxalement plus souvent citée par les riches pays du Nord que par ceux d'Afrique ou d'Asie du Sud, davantage préoccupés par la pauvreté immédiate, les fléaux qui perturbent la production agricole et les nouveaux virus.

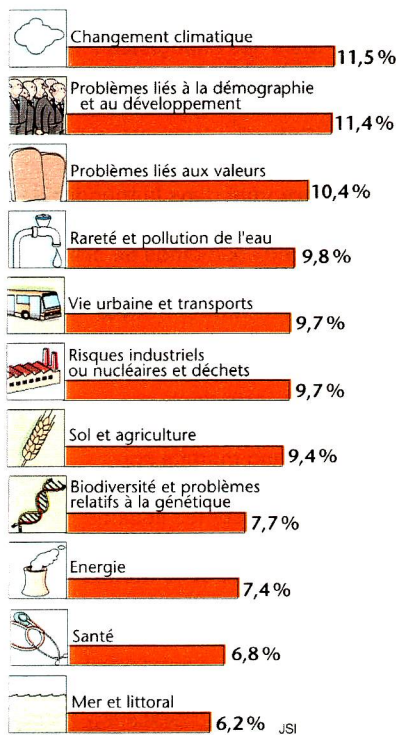
Les changements climatiques et les graves menaces qu'ils font peser sont également très sou-

vent évoqués. Les biotechnologies figurent au premier plan des dangers créés par l'homme. L'industrie et le nucléaire inquiètent surtout les Européens de l'Est et les Français.

Enfin, quels que soient la discipline et l'horizon géographique des chercheurs, les problèmes liés aux valeurs les préoccupent beaucoup : accroissement des inégalités, gaspillage par surproduction et surconsommation, commerce international des déchets toxiques, et insuffisance générale des méthodes d'évaluation, d'information et de prise en

charge publique des problèmes environnementaux... M.-L. M.

(1) Cette enquête était financée par les ministères français chargés de la Recherche et de l'Environnement et par la Commission européenne.





## TECHNOLOGIE

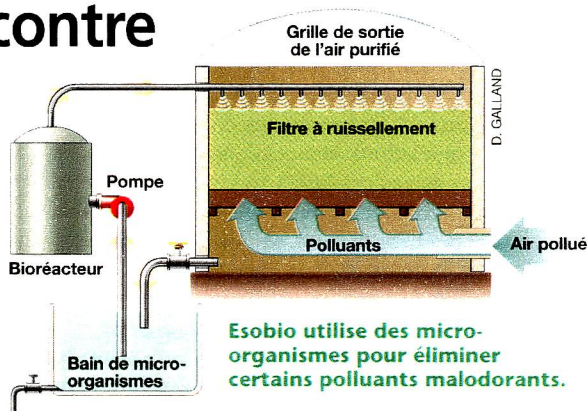
# Micro-organismes contre mauvaises odeurs

Le procédé Esobio, de la société Socrematic, constitue une nouvelle filière du traitement de l'air. Il élimine les effluents gazeux simples ou complexes de composés organiques volatils (COV) : solvants, composés soufrés et azotés, aldéhydes, cétones, etc. Il détruit ainsi ces polluants, dont le principal inconvénient est leur odeur désagréable.

Pour être purifié, l'air pollué traverse un filtre à ruissellement alimenté en

continu par un bioréacteur qui contient des micro-organismes spécialisés dans la dégradation de ces polluants.

Le rendement du procédé est supérieur à 99 % pour les dérivés soufrés. Pour les dérivés azotés, les acides organiques, les aldéhydes/cétones et les autres COV, l'efficacité de cette technique est supérieure à 80 %. Autre avantage : entièrement biologique, elle génère très peu de résidus.



Cette technologie s'adresse principalement aux industries agro-alimentaires, aux stations d'épuration et aux centres de traitement des déchets solides. H.-P. P.

## VIVE LA PLUIE !

● Hanovre (Allemagne) fêtera le nouveau siècle par une exposition universelle consacrée au monde de demain. Il y sera beaucoup question d'environnement. Pour montrer l'exemple, les organisateurs vont édifier un réseau d'eau pluviale destiné aux sanitaires et à l'arrosage des espaces verts. Investissement : plus de 9 millions de francs. Ce réseau, distinct de celui d'eau potable, fournira une eau à 8 F/m<sup>3</sup> au lieu de 13 F/m<sup>3</sup>. L'exposition consommera 50 000 m<sup>3</sup> d'eau de pluie. Par la suite, habitations et industries voisines en utiliseront 100 000 m<sup>3</sup> par an. L. C.

## ORNITHOLOGIE

### PAS DE MAL CHEZ LES MÂLES

■ La testostérone (hormone mâle) accroît l'agressivité chez la plupart des oiseaux et des mammifères. Mais des biologistes américains viennent de montrer qu'elle agit à l'inverse chez le bruant lapon (*Calcarius lapponicus*). Cet oiseau migrateur, qui se reproduit dans la toundra de l'Arctique, ne dispose que d'une à deux semaines de climat favorable pour baliser son territoire, trouver une compagne et procréer. Une forte décharge d'hormone mâle dans le sang modifie son comportement dès son arrivée sur les lieux de reproduction : il chante à tue-tête et se montre agressif si un intrus s'approche de sa belle.

Mais, dès que celle-ci couve, il devient inoffensif. En accroissant artificiellement, au moment de la couvaison, le taux de testostérone du bruant lapon, les chercheurs ont provoqué chez les mâles des chants intenses, mais aucun comportement violent. L'influence de la testostérone sur l'agressivité dépendrait donc d'un facteur environnemental, tel que la présence d'une femelle fertile. Cette sensibilité particulière à l'hormone mâle résulterait de l'adaptation du bruant lapon à la très courte saison de reproduction en Arctique.

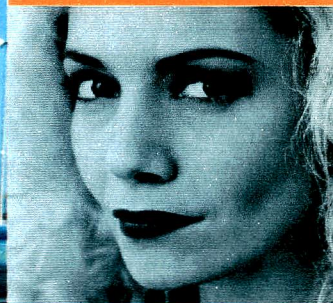
G. M.

Le bruant lapon mâle n'est agressif que lorsqu'il cherche une compagne.





# Le week-end, je change d'air comme de voiture !



**Et si vous assortissiez  
votre voiture à votre  
envie du moment ?**

Chez Budget, vous pouvez  
choisir dans notre vaste  
"garde-robe" la voiture  
qui répond le mieux  
à vos envies d'évasion :  
familiale, confortable et  
ample, sportive, pleine  
de caractère  
ou même décoiffée !  
Et pourquoi pas  
une Harley-Davidson,  
pour changer ?  
D'autant plus qu'avec  
les tarifs Go Budget,  
c'est presque les soldes  
toute l'année : des prix  
compétitifs et tout compris.  
Alors... faites de chaque  
voyage un moment unique !

GROUPE DI - Visuel non contractuel

**Réservez au**

APPEL GRATUIT  
**N° Vert 0 800 10 00 01**

# Budget

**Sortez de l'ordinaire.**



# Etes-vous bluffé par un service à 220 km/h? Diriez-vous qu'un

ace c'est là où l'on place la balle et non sa vitesse?

Mais ne donneriez-vous pas n'importe quoi pour

servir à 220 km/h? Savourez-vous

l'attente avant de smasher un lob

trop court? Etes-vous du genre

à devoir haïr votre adversaire?

Avez-vous déjà vu un mec grossir,

s'amollir et perdre ses réflexes?

Avez-vous remarqué qu'il garde le bon

geste mais qu'il est en retard sur

la balle? Est-ce que vous vous arrachez

pour que ça ne vous arrive pas?

Transpirez-vous incroyablement?

Avez-vous déjà porté un polo 100% coton

qui s'alourdit et vous colle aux

épaules? Ça ne vous gonfle pas de

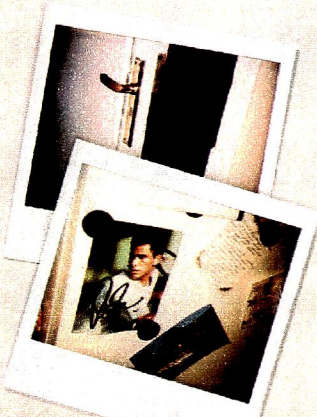
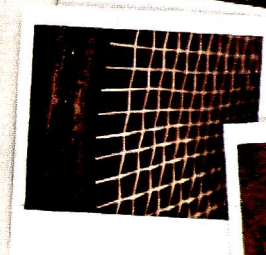
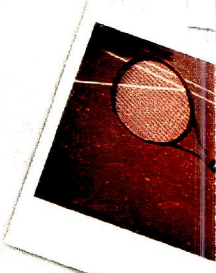
ne plus pouvoir bouger le bras?

Avez-vous essayé les polos  
en Dri-F.I.T. de Nike?

Même si ce n'est pas grand chose,

ne pensez-vous pas que ça pourrait

bien faire la différence?









# ACTUALITÉ TECHNOLOGIE

par Germain Chambost

## Du seigle dans le plastique

**Des plastiques à base de seigle ou de fibres compressées, entièrement biodégradables, peuvent remplacer les plastiques issus du pétrole...**

**L**a collaboration entre l'Institut allemand de transformation des céréales (IGV) et un chef d'entreprise français,

Jacques Roverc'h, a débouché sur la mise au point de polymères entièrement biodégradables.

L'un d'eux, le Getrex, est à base de seigle. Il se présente sous la forme de granulats destinés à l'injection thermoplastique, par exemple pour fabriquer des assiettes. Il se compose essentiellement

d'amidon de seigle plastifié à l'aide d'alcools polyvalents, tous ces produits étant biodégradables.

En modifiant la composition et le processus de plastification, on obtient des caractéristiques techniques – densité, module d'élasticité, résistance à la traction, déformation, etc. – tout à fait comparables à celles des polymères traditionnels, d'origine pétrochimique. Le matériau ne s'altère pas s'il est exposé longtemps aux rayons ultraviolets. En

revanche, il ne résiste pas aux micro-ondes.

Quant aux conditions de fabrication, elles sont sensiblement identiques à celles des polymères classiques : mêmes moules et outillages, avec cependant une température d'injection plus basse, de l'ordre de 120 à 140 °C.

Un autre plastique, le Rofa, est à base de fibres naturelles compressées, extraites d'éclats de bois ou de paille. On peut s'en servir pour fabriquer des emballages ou pour composer le substrat d'une culture dite hydroponique, c'est-à-dire sans terre, où l'on fournit à la plante, au goutte-à-goutte, les ingrédients nécessaires à sa croissance.

**Des fibres compressées de bois ou de paille (ci-dessus) fournissent à la plante les ingrédients nécessaires à sa croissance, sans qu'elle ait besoin de terre.**

DR



## POLLUTION

### Traitement de choc

**E**n organisant le choc de deux masses liquides à grande vitesse, on provoque des réactions chimiques capables de briser certaines molécules. C'est la découverte de chimistes de l'université de l'Illinois (Etats-Unis).

Dans un liquide qui se déplace à grande vitesse, il se produit une "cavitation hydrodynamique" et la formation de minuscules bulles d'air. Ce phénomène est notamment nuisible aux hélices de bateau.

Mais, si l'on fait se rencontrer deux masses liquides à une vitesse combinée de 800 km/h, les bulles implosent. Et la réaction peut disloquer des composés chimiques. Le procédé pourrait servir à traiter des effluents liquides, en brisant les polluants qu'ils contiennent.



AFP

### SOUCOUBE SOLAIRE POUR FILTRER L'EAU

● La société japonaise NTT expérimente une station de filtration d'eau qui fonctionne grâce à une soixantaine de panneaux solaires.

Originalité : la station a la forme d'un bateau ou plutôt d'une soucoupe flottante. Elle peut filtrer 144 tonnes d'eau par jour.

## ECRANS

### Cristaux liquides sur ressorts

**D**es chercheurs japonais affirment avoir mis au point des écrans à cristaux liquides dont le temps de réponse aux

impulsions électriques est mille fois inférieur à celui des cristaux liquides actuels. En outre, le contraste serait égale-

ment dix fois meilleur.

Cette innovation devrait permettre de construire des écrans extraplats pour diffuser des images numériques de qualité exceptionnelle. Ce qui sonnerait le glas des tubes cathodiques classiques, de très grande épaisseur et extrêmement encombrants.

Selon les chercheurs de deux universités japonaises et des sociétés Dainippon Ink & Chemicals et Nissan, on obtient les caractéristiques des nouveaux écrans en adjoignant aux cristaux liquides un polymère organique. Les molécules du polymère agissent comme des sortes de ressorts, ce qui accélère la réponse aux impulsions électriques.

## LABORATOIRES

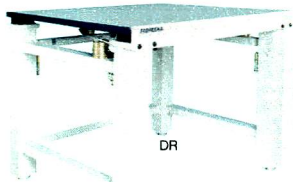
### A L'ABRI DES SECOUSES

■ Dans un laboratoire, les vibrations provoquées par les pas ou celles qui proviennent de la structure du bâtiment risquent de perturber les mesures et les expériences, en altérant les performances des instruments de précision. Il existe certes des installations équipées de sols antivibrations, mais elles sont coûteuses.

Plus simple et bien meilleur marché : la "table antiseismique" mise au point par

la société britannique Fabreeka International. Elle a d'abord servi de support à des équipements optiques ou laser : un équipement pneumatique isole les pieds du sol sur lequel ils reposent. Fabreeka International propose aujourd'hui une gamme de tables qui peuvent supporter des poids compris entre 75 et 5000 kg.

Des tables pour éviter de fausser les mesures.



DR



## BÂTIMENT

## Ascenseur pour l'innovation

Lors du salon Batimat 97, le grand prix de l'innovation a été décerné à l'ascenseur MonoSpace de la société finlandaise Koné. Il s'agit d'un ascenseur qui, à la différence des appareils classiques, n'a pas de salle de machine.

Traditionnellement, celle-ci abrite le moteur qui met en branle l'ascenseur. Mais, outre qu'elle est souvent inesthétique, elle occupe de l'espace et, selon les professionnels, accroît le coût d'installation d'au moins 15 %.

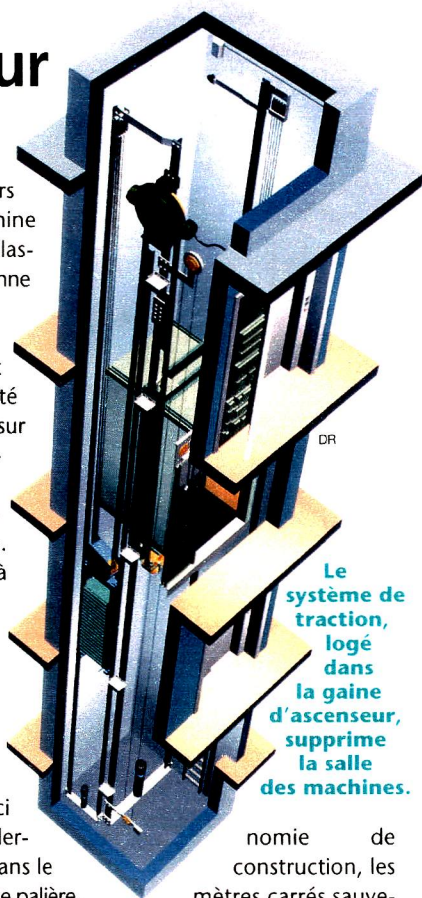
L'ascenseur de Koné, lui, est doté d'une nouvelle machine de traction, l'EcoDisc, moteur axial synchrone employé en robotique ou dans des servo-mécanismes industriels, pour lesquels la recherche de l'encombrement minimal et de la meilleure fiabilité est primordiale.

L'EcoDisc, qui pèse envi-

ron le tiers d'une machine de traction classique, fonctionne sans huile. Très compact, il peut être monté directement sur le rail de guidage, dans la gaine de l'ascenseur. Quant à l'armoire de commande, habituellement logée dans la salle de machine, elle trouve ici sa place au dernier étage, dans le bâti de la porte palière.

Le rendement est doublé, voire triplé, affirme le constructeur, ce qui, à terme, permet de récupérer l'investissement initial. Autres avantages : l'éco-

nomie de construction, les mètres carrés sauvés, la simplification de l'installation sur le chantier. A quoi s'ajoutent un grand confort de déplacement et un très faible niveau sonore.



## UN ŒIL DERRIÈRE LA TÊTE

● L'ordinateur est souvent placé contre le mur : l'opérateur ne voit pas ce qui se passe dans la pièce. Remède : il dispose un miroir concave dans un coin de l'écran. Cet accessoire est commercialisé par la société britannique Design Aware.

## AGROALIMENTAIRE

## Stérilisation magnétique

Des produits agroalimentaires stérilisés par un champ magnétique pulsé : une installation expérimentale, près de Bordeaux, va tester en grande réelle cette nouvelle technique.

Le procédé s'accommode parfaitement de la présence d'emballages en carton ou en plastique, qui ne constituent pas des écrans pour les champs magnétiques intenses. En revanche, il ne peut être mis en œuvre quand les produits sont enfermés dans des récipients en métal.

Les champs magnétiques pulsés intenses, appliqués durant de brèves périodes (de l'ordre de la milliseconde), exercent un effet de décontamination en détruisant les micro-organismes ou en les rendant inactifs. La raison de cet effet est encore inconnue. On suppose qu'il arrête la croissance cellulaire...

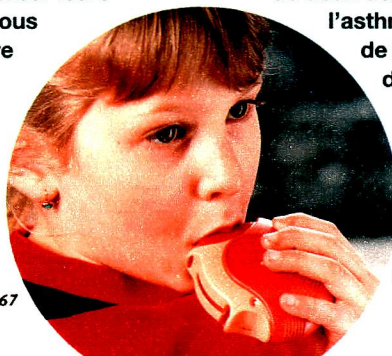
## SANTÉ

## INHALATEUR DOSABLE

■ La société allemande Bayer commercialise un inhalateur qui permet aux asthmatiques astreints à absorber leurs médicaments sous forme de poudre

Cet inhalateur procure aux asthmatiques trente jours de traitement.

de doser les prises. Il compte soixante cavités, qui contiennent le remède. A raison de deux doses par jour, l'asthmatique dispose de trente jours de traitement. Un compteur indique le nombre de doses restantes.



BAYER



# Cycle **XXI**, le futur est là

Prochain arrêt:  
le XXI<sup>ème</sup> siècle

Tous les mardis du 21 avril au 26 mai  
dans un cycle de 6 thema, ARTE met la technologie  
du 21<sup>ème</sup> siècle sur la sellette, et nous ouvre  
de nouveaux horizons scientifiques.

**Mardi 21 avril à 20.45**

**"On ne veut plus vieillir"**

Atteindre les 120 ans semblerait possible, mais à quel prix...

**Mardi 28 avril à 20.45**

**"Digital Spirit"**

Bienvenue dans l'univers de l'ordinateur et de ses paradis virtuels !

Le cycle se poursuivra  
les **mardis 5, 12, 19 et 26 mai.**  
Impressions sur l'an 2000, découvertes de nouveaux  
mondes virtuels, enquêtes sur le clonage humain et  
promenades dans l'univers de l'infiniment petit...

# arte



## SÉCURITÉ

## Renifleur de mines

Les dizaines de millions de mines antipersonnel ou antichar répandues à travers le monde constituent un terrible danger pour les populations. Comment les neutraliser? La tâche est malaisée, car les mines sont souvent très difficiles à repérer.

Un centre d'études du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine) et la société Thomson-CSF Services Industrie ont conçu Virgile, un véhicule "renifleur" téléopéré, c'est-à-dire pilotable à distance, équipé d'un détecteur électromagnétique

placé à l'avant. Les mines détectées sont mémorisées.

En démonstration, Virgile a traversé un champ de mines factices, puis est revenu automatiquement à son point de départ en suivant la trace de son tra-

Virgile est un véhicule pilotable à distance équipé d'un détecteur électromagnétique de mines.



CEA/  
CEREM/DPSA

## ANTENNE EN BOÎTE

● Cusats est une antenne de télévision de forme nouvelle, conçue pour recevoir les chaînes numériques ou analogiques relayées par satellite. C'est une sorte de boîte, dotée d'un plan incliné qu'on oriente vers le satellite. Elle peut être posée sur le balcon ou enterrée aux trois quarts dans le jardin.



DR

## EMPLOI

## CV sur CD-Rom

Désireux de faire connaître son enseignement aux employeurs potentiels, le lycée Charles-de-Gaulle de Muret (Haute-Garonne) a diffusé un CD-Rom auprès de deux mille entreprises.

Créé par les élèves des classes de tech-

nologies nouvelles de l'information et de la communication, en collaboration avec leurs professeurs, le "CD-Rom pour l'emploi" vise à

démontrer aux entreprises que les quelque 130 jeunes gens qui sortent du lycée chaque année sont immédiatement opérationnels. Grâce, notamment, aux nombreux stages pratiques qui complètent l'enseignement.

Le CD-Rom permet de présenter son curriculum vitae de façon originale en alliant le son à l'image fixe ou animée.

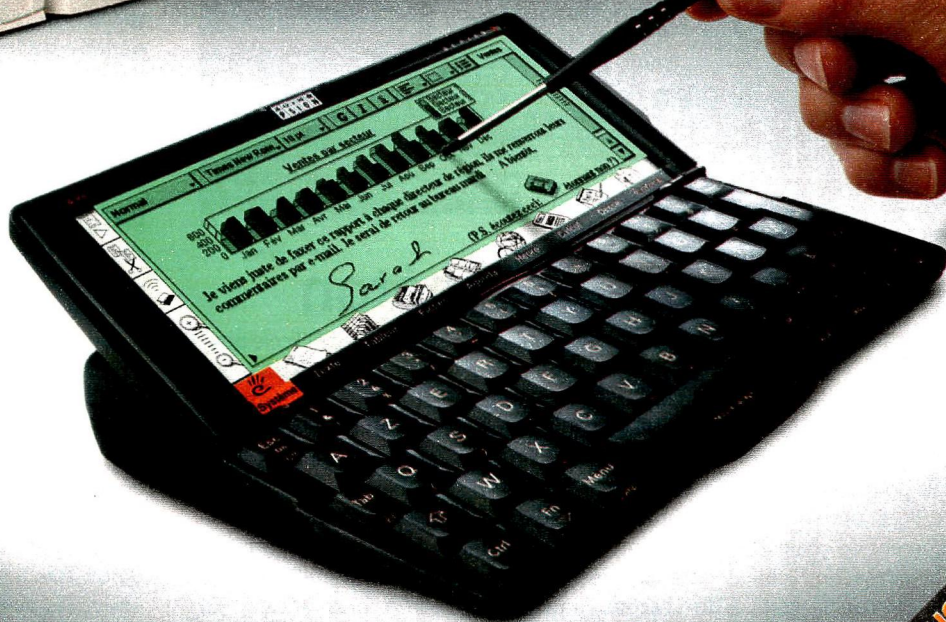
L'installation du CD-Rom nécessite Windows 95, une carte son et 16 méga-octets de mémoire vive.



Grâce à ce CD-Rom, des élèves veulent montrer aux entreprises qu'ils sont opérationnels dès leur sortie du lycée.



# Pour travailler avec de vraies applications...



## ... il vous faut un vrai clavier.

www.p5ion-fr.com

**INCLUS\***  
Lotus Organizer 97  
version complète PC

Avec un P5ion Series 5, vous pouvez à tout moment gérer vos contacts, saisir vos textes, envoyer des fax, consulter votre messagerie, enregistrer des messages vocaux et l'utiliser pour mille autres tâches. Grâce au design unique de son clavier breveté, vous pouvez travailler comme si vous étiez sur un clavier d'ordinateur de bureau. Avec une facilité et une rapidité de saisie incomparables.

Le Series 5 est livré avec les familles d'applications Office, Connectivity et

Organiser. Et avec Lotus

Organizer pour PC inclus\*, c'est une offre à saisir rapidement.

A partir de 4 990 F.

### PSION OFFICE™

Une gamme de logiciels bureautiques, compatibles Windows\*, comprenant un traitement de texte puissant et complet (fourni avec vérificateur d'orthographe), un tableur sophistiqué, un logiciel de dessin et un logiciel de présentation (optionnel), tous totalement compatibles avec leurs équivalents de bureau de chez Microsoft, Lotus et Corel.



### PSION CONNECTIVITY™

Reliez le P5ion Series 5 à votre PC et vous pouvez facilement échanger des fichiers avec la quasi-totalité des principales applications Windows. Pointez votre Series 5 vers une imprimante infrarouge et vous imprimez directement vos documents. Connectez un modem, et vous pouvez faxer, utiliser votre messagerie électronique et surfer sur Internet.

### PSION ORGANISER™

Gérez vos rendez-vous et vos fichiers avec le meilleur gestionnaire d'emploi du temps jamais conçu. Visualisez votre planning quotidien, hebdomadaire ou même annuel. Stockez facilement des milliers de noms, d'adresses et de numéros de téléphone. Et synchronisez toutes ces informations avec votre agenda de bureau, dans la plus grande simplicité.



Documentation gratuite au 01 53 41 12 36

POINTS DE VENTE : AGORA-MAMOUX - BOULEVARD SOUTIENS AEROPORT DE PARIS, ENTREPRISE - PARIS, GALERIE LAURENT PARIS, THYSSAIRE - PARIS, J.M. BRUNEAU - LA SARTRE, METRO - OFFICE DEPOT - SAINTE-GERMINE - PARIS, GUYOT - LES CENTRES ADRESS PSION.

\* fourni sur CD-ROM avec la notice des logiciels incluses

P5ion P5000 inclut toutes les fonctionnalités et noms de produits incluses dans les versions Office dans le document



# SERIES 5

AVEC VOUS. PARTOUT.





En introduisant dans le béton frais de l'azote liquide à  $-196^{\circ}\text{C}$ , on prévient les micro-fissures.

## CONSTRUCTION

## L'azote protège le béton

Quand le mélange ciment, eau, gravier qui compose le béton commence à durcir après avoir été coulé (par exemple pour obtenir une dalle), il se produit un dégagement de chaleur. Due à la réaction chimique en cours, cette chaleur peut accroître la température de quelque  $25^{\circ}\text{C}$ . La dalle se dilate, puis refroidit et se rétracte au bout de quelques jours. Des micro-fissures

apparaissent, qui nuisent à la solidité de l'ensemble, donc à sa durée de vie, et laissent pénétrer l'humidité, source de corrosion interne.

Pour obtenir un refroidissement contrôlé, on verse dans le béton frais de l'azote liquide, à  $-196^{\circ}\text{C}$ , ce qui empêche l'élévation de la température au moment où le mélange prend.

Cette méthode empirique a été étudiée par des

ingénieurs de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse). Conclusion : le procédé prévient très efficacement les micro-fissures, surtout quand on coule du béton sur un autre matériau, poutres métalliques ou béton plus ancien. En outre, l'azote s'évapore entièrement, sans interférer chimiquement avec le béton. Et il ne pollue pas, l'air étant composé à 80 % d'azote !

## FORMATION

## QUALITÉ CUIVRE

■ Le Centre d'information sur le cuivre vient d'éditer un "kit pédagogique cuivre" à l'intention des lycées professionnels et des centres de formation d'apprentis. Il renferme une abondante documentation sur l'utilisation de ce métal dans

les installations sanitaires ou de chauffage, plus des fiches techniques, des brochures, des cassettes vidéo, etc.



Abondamment documenté, un kit pour tout savoir sur l'utilisation du cuivre.

## RADIATEUR HORIZONTAL

● Dans un radiateur d'eau classique, vertical, l'eau chaude s'écoule de haut en bas, et l'air, qui la refroidit, pénètre de front dans le radiateur. Dans le dispositif de la société australienne Thermodynamics Industries (TDI), l'eau et l'air s'écoulent parallèlement, à l'horizontale (l'eau dans des tuyaux en aluminium munis d'ailettes, afin d'augmenter la surface de contact, comme sur un cylindre de moteur de motocyclette). Selon TDI, les essais effectués avec un moteur de petite cylindrée ont montré que le rendement est amélioré d'environ 50 %. En outre, pour obtenir un bon rendement, il ne serait plus nécessaire de l'installer à l'avant du véhicule, endroit menacé par les chocs. Il pourrait être placé à côté du moteur. Autre amélioration : pour accroître la turbulence de l'air, donc les échanges thermiques, les ailettes seraient dotées d'ouïes.

● A collaboré à cette rubrique : Gérard Morice



## AVIATION

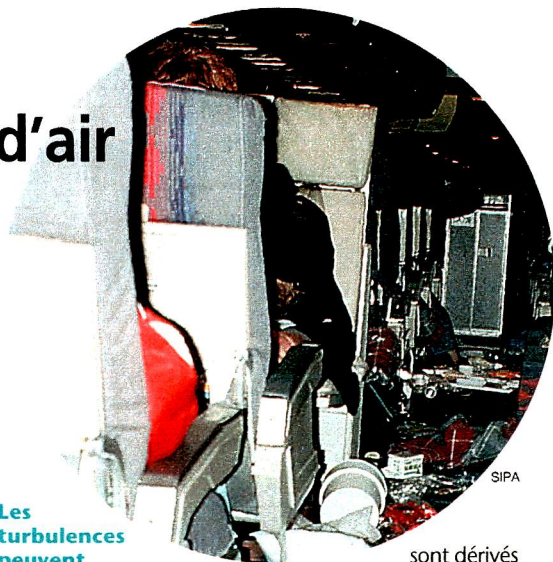
# Détecteur de trous d'air

La Federal Aviation Administration (FAA), équivalent américain de notre Direction générale de l'aviation civile, a commencé les essais de deux systèmes de détection de la "turbulence en ciel clair". Cette turbulence se produit en l'absence de tout nuage, sans que rien la signale au préalable. Elle provient souvent des variations brutales de la vitesse du vent à haute altitude.

Il ne se passe pas de mois sans qu'un avion de ligne, quelque part dans le monde, traverse une zone de turbulences assez fortes pour blesser les passagers. Le 28 décembre dernier,

un Boeing 747 de la compagnie américaine United Airlines a rencontré ce phénomène quelques heures après son décollage de Tokyo. Bilan : une passagère tuée et plusieurs blessés graves.

Les turbulences sont de très rapides mouvements verticaux de masses d'air, qui soulèvent l'avion ou le font brutalement plonger. En général, elles se produisent dans les nuages d'orage, les cumulonimbus. Le radar météorologique des avions renseigne le pilote sur la présence de ces nuages, ce qui permet de les éviter, ou du moins de



**Les turbulences peuvent causer de gros dégâts dans un avion.**

sont dérivés de technologies militaires et utilisent un laser. Dans un cas, il s'agit de détecter les mouvements des particules d'air en avant de l'avion. Dans l'autre, de détecter le "bruit" de frottement des couches d'air.

demander aux passagers d'attacher leur ceinture.

Le secret étant bien gardé, tout ce qu'on sait des deux systèmes qu'expérimente la FAA, c'est qu'ils

## Bulletin d'abonnement à SCIENCE & VIE

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à SCIENCE & VIE 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15



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

**Oui**

je m'abonne **1 an** à SCIENCE & VIE  
et à ses hors série  
soit 12 mensuels + 4 trimestriels thématiques.

● je règle la somme de **296 francs** seulement et je recevrai en cadeau de bienvenue la calculatrice scientifique\*\* de SCIENCE & VIE.

Nom \_\_\_\_\_  
Prénom \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Code postal \_\_\_\_\_  
Ville \_\_\_\_\_

**Je choisis de régler par :**

☐ chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE  
☐ carte bancaire

N° \_\_\_\_\_  
expire à fin \_\_\_\_\_ mois \_\_\_\_\_ année

Date et signature obligatoires

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

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

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1998 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE.  
**Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17**  
Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.



par Philippe Chambon

Agrégats  
de protéines  
pathologiques,  
caractéristiques  
de l'ESB.

## Vache folle : le pire est-il à venir ?

Les premières victimes de la maladie  
de la vache folle avaient-elles une  
prédisposition génétique ? Que va-t-il  
se passer pour les autres ?

**P**ourquoi certaines souris infectées par l'agent de l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) sont-elles malades plus vite que d'autres ? Tout dépend de leur constitution génétique, annonce l'équipe de Jean Manson, de l'université d'Edimbourg (Ecosse).

L'ESB est provoquée (au moins en partie) par la pénétration dans le cerveau d'une protéine prion anormale qui rend défaillante la protéine prion saine de l'hôte. Or, l'équipe de Jean Manson s'est aperçue qu'une fois infectées les souris porteuses d'une

version  $x$  du gène du prion développent la maladie beaucoup plus tard que celles qui possèdent la version  $y$ . Et, quand les chercheurs ont fait synthétiser le prion  $y$  par les souris  $x$ , ces dernières ont vu leur temps d'incubation nettement raccourci.

En va-t-il de même chez l'homme ? L'hypothèse est très sérieuse. En effet, il existe aussi chez l'homme

diverses protéines prions, et toutes les victimes de l'ESB sont porteuses de la même version du gène, très proche du gène  $y$  des souris. Il se pourrait donc que d'autres versions du gène retardent la maladie.

Scénario pessimiste : nous n'aurions vu que la partie émergée de l'iceberg, et de nombreux cas pourraient se déclarer tardivement. Scénario

optimiste : la constitution génétique de la majorité des contaminés les protège définitivement de la maladie. Les recherches se poursuivent.

Il est toutefois inquiétant d'apprendre qu'on ne dispose d'aucune donnée fiable sur le devenir des vieux stocks de produits bovins dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique.



## DERMATOLOGIE

### Le gène qui rend chauve

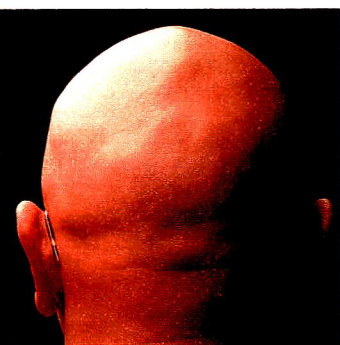
L'étude d'une famille pakistanaise affligée d'une forme génétique récessive rare d'alopecie totale a permis d'identifier un gène de régulation du cycle pileux – qui, dans cette famille, a muté.

Les chercheurs de la Columbia Presbyterian University (New York) qui ont fait cette découverte

parlent déjà de thérapie génique locale contre la calvitie, et rêvent sans doute de faire fortune... Les chauves, eux, risquent malheureusement d'attendre encore longtemps avant de retrouver leur séduisante tignasse.

## VACARME HOSPITALIER

● Dans les hôpitaux, plus de la moitié des malades se plaignent du bruit. Un tiers d'entre eux le trouve insupportable, et 26 % en perdent le sommeil. Les bruits les plus pénibles : les claquements de porte, le roulement des chariots et les alarmes des appareils de contrôle.



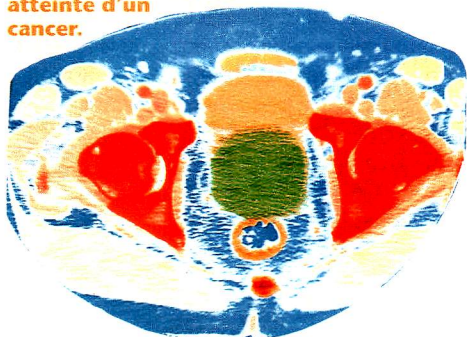
K. GULDBRANDSEN/SPL COSMOS

## CANCÉROLOGIE

### LE MARQUEUR DE LA PROSTATE

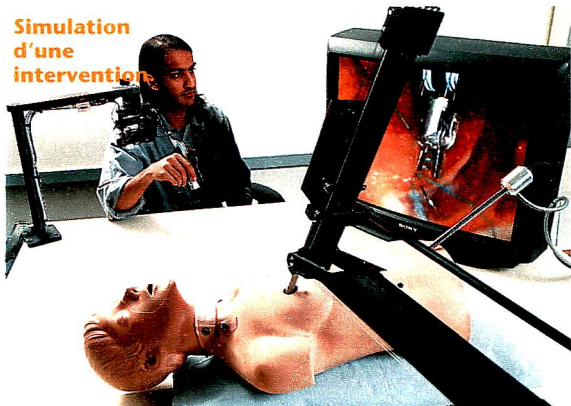
■ Pourra-t-on bientôt prédire les risques de cancer de la prostate ? C'est ce qu'espèrent des chercheurs américains qui viennent de découvrir que ce risque est proportionnel au taux d'une hormone de croissance de l'insuline, l'IGF1. S'il s'avérait que la réduction de l'activité de l'IGF1 protège contre la maladie, cette hormone pourrait devenir la cible d'une stratégie préventive.

Prostate (en vert) atteinte d'un cancer.



SPL COSMOS

## Simulation d'une intervention



H. MORGAN/SPL COSMOS

## INSTRUMENTATION

### Robot chirurgien

Dernier-né des recherches du Massachusetts Institute of Technology (Etats-Unis), ce prototype de robot chirurgien autorise des interventions jusqu'ici impraticables avec les appareils de ce type. Le praticien manipule à distance le bras du robot, qui effectuera les gestes opératoires à échelle réduite. Des capteurs transmettent au manipulateur la résistance des tissus. Le chirurgien

peut aussi diriger l'opération d'un patient qui se trouve dans une autre ville.

Les inventeurs rêvent de doter leur engin d'un système qui permettrait d'opérer un cœur en train de battre. Le bras chirurgical suivrait les battements cardiaques, mais ceux-ci seraient masqués à l'écran. Le chirurgien aurait donc l'impression de travailler sur un cœur immobile.

## PRÉVENTION

### Contre les vaccins inutiles

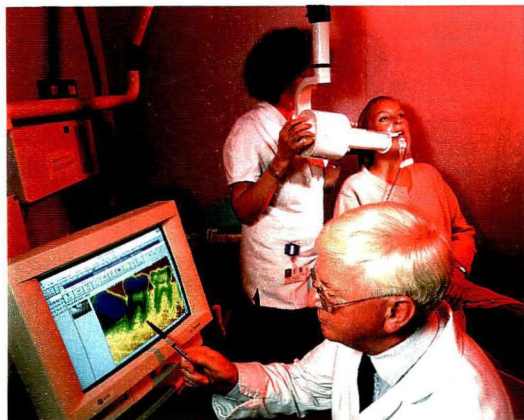
Beaucoup d'adultes ont oublié quels vaccins ils ont reçus et quelles maladies ils ont eues. Ils ont aussi pu être contaminés par divers virus sans le savoir, leur organisme ayant su se défendre discrètement. Bref, il peut être inutile de se faire revacciner.

Comment savoir si l'on est toujours immunisé

contre la diphtérie, le tétanos, l'hépatite, la rougeole, la rubéole ou la coqueluche ? Il suffit de subir un test sérologique qui détectera les anticorps spécifiques de chaque microbe. Les techniques actuelles le permettent pour un coût modique, souvent inférieur à celui de la vaccination.

D'où le projet de Maxime Armengaud, de la faculté de médecine de Toulouse : créer une carte sérologique personnelle, permettant à chacun de connaître l'état de ses défenses immunitaires.





J. KING-HOLMES/SPL COSMOS

## LES DENTS EN COULEURS

● Ce nouvel appareil de radiographie dentaire donne une image presque instantanée avec une irradiation minime. Inventée aux Etats-Unis, la Computed Dental Radiography nécessite un capteur que le patient tient lui-même dans la bouche, un canon à rayons X et un ordinateur qui analyse le rayonnement et restitue l'image sur un écran.

## PHARMACOLOGIE

### A l'assaut du palu

Chaque année, plus de 2 millions de personnes dans le monde meurent de paludisme, infection de moins en moins sensible à la prévention et aux traitements classiques. La recherche fourbit de nouvelles armes, dont les plus prometteuses sont des dérivés injectables de l'artémisi-

ne, une plante herbacée originaire de Chine.

De récentes études ont en effet montré l'efficacité de l'un de ces dérivés, l'artémether, chez l'enfant en Afrique et chez l'adulte en Asie. En Thaïlande, l'association d'artésunate et de chloroquine, d'une part, et d'artémether et de benflumétol, d'autre part, s'est révélée active sur des souches multirésistantes.

Une dizaine d'autres molécules pourraient également jouer un rôle dans la lutte contre *Plasmodium falciparum*, le principal agent du paludisme. Certaines sont destinées à empêcher l'adhérence du parasite aux globules rouges, d'autres s'attaquent à son cycle de reproduction. P. R.

## FAMINE

● La malnutrition tue chaque année 6 millions d'enfants de moins de 5 ans : plus que les infections, les guerres ou les catastrophes naturelles. La situation est particulièrement alarmante en Corée du Nord, où sévit une famine sans précédent, ignorée de tous.

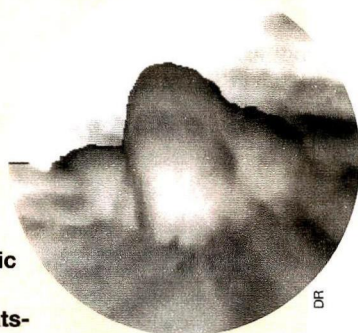
## IMAGERIE MÉDICALE

### ENDOSCOPIE VIRTUELLE

■ L'association du scanner et de l'informatique réalise un exploit : l'exploration de l'intérieur du corps sans y faire pénétrer un endoscope. Les images fournies par le scanner sont traitées par un logiciel qui permet de "voyager" en trois dimensions à l'intérieur du côlon, des bronches, des voies biliaires ou urinaires. On peut ainsi déceler 75 % des polypes de plus de 1 cm.

Certes, l'endoscopie réelle en dépiste 90 %, mais elle présente un risque de complications, impose des contraintes parfois lourdes et une anesthésie.

Conçu par une équipe de la Mayo Clinic de Rochester (Minnesota, Etats-Unis), ce dispositif devrait être nettement amélioré au cours des mois prochains.



Un polype du côlon vu en endoscopie virtuelle.

## INFECTIOLOGIE

### La bactérie de l'asthme ?

Déjà rendue responsable de l'athérosclérose (voir *Science & Vie* n° 955, p. 40), la bactérie intracellulaire *Chlamydia pneumoniae* jouerait un rôle important dans l'asthme. On la trouve chez près de 60 % des enfants asthmatiques de 5 à 15 ans, et il y aurait un lien direct entre l'importance de la réaction immunitaire contre *Chlamydia* et la fréquence des crises.

On a aussi remarqué que, *in vitro*, les cellules immunitaires humaines infectées par *C. pneumoniae* libèrent

les mêmes substances que les cellules impliquées dans l'asthme. Guérira-t-on bientôt cette maladie à coups d'antibiotiques ?

Il est trop tôt pour le dire. Cependant, des chercheurs estiment que, parallèlement à la pollution atmosphérique, cette bactérie pourrait être à l'origine de la forte recrudescence de l'asthme ces dernières années.

● A collaboré à cette rubrique : Pierre Rossion.



## URGENCES

# Un laboratoire de poche

**L'**i-STAT sera bientôt aussi indispensable au médecin des urgences que le stéthoscope. Ce mini-laboratoire, gros comme un téléphone portable, est capable d'analyser en trois minutes seize paramètres

biologiques à partir de trois gouttes de sang.

Le prélèvement est versé dans l'une des huit "cartouches" qui accompagnent le dispositif. Après avoir inséré la cartouche dans l'appareil, le praticien lit les résultats sur l'écran

et les imprime sur l'imprimante infra-rouge connectée à l'i-STAT. Chacune des cartouches est réservée à un domaine médical spécifique. L'appareil a une mémoire de cinquante résultats et peut être relié à un poste central qui vérifie la qualité des analyses et gère l'ensemble des données du patient.

Comble du raffinement, un système de contrôle automatique évalue la fiabilité des mesures. Si l'un des paramètres manque de précision, le système

refuse d'afficher le résultat.

L'i-STAT est actuellement à l'essai dans le service de Patrick Ecollan, à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière (Paris). P. R.



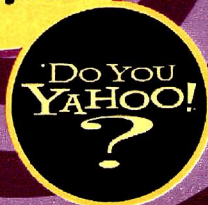
**Au bout de trois minutes, les résultats des analyses s'affichent sur l'écran.**

## LE GÈNE DES TRÈS GROS

● Le gène de la leptine, l'hormone de la satiété, était déjà connu chez la souris. Mais, chez l'homme, son rôle dans la régulation de la quantité de nourriture absorbée restait énigmatique. Le laboratoire d'immunopharmacologie moléculaire du CNRS a découvert qu'une mutation de ce gène entraîne (notamment) une obésité extrême. A long terme, ces travaux pourraient déboucher sur des applications thérapeutiques.



**le secret  
de mon succès:  
du vin, de la  
bonne bouffe et je  
yahoo une  
fois par jour.**



**'ET VOUS YAHOO!?'**

**www.yahoo.fr**



# ARMES CHIMIQUES Com

■ Le stock d'armes chimiques et bactériologiques de Saddam Hussein fait peur. Mais l'Irak n'est pas le seul Etat à posséder cette "bombe atomique du pauvre". Une dizaine de pays au moins possèdent ce type d'armement, dont on a le plus grand mal à se débarrasser.

PAR GERMAIN CHAMBOST

Lors de la guerre du Golfe, en 1991, le Pentagone avait minutieusement préparé les scénarios de son raid en Irak. Les heures et les conditions des attaques des sites abritant des armes chimiques ou biologiques avaient été choisies avec soin. Elles devaient se produire quand le soleil brille au maximum et lorsque la vitesse du vent ne dépasse pas 5 nœuds (moins de 10 km/h). Les spécialistes américains savaient en effet que les produits entrant dans la composition de ces armes se dissolvent sous l'action de la lumière du soleil. Surtout les armes chimiques, même si c'est au taux très faible de 1 % par heure. Il importait également que la zone de dispersion soit très restreinte – ce qui exigeait un vent faible –, afin que les populations civiles soient exposées le moins possible aux produits nocifs qui forment la partie active de ces armes.

Les attaques elles-mêmes furent menées de façon quasi "chirurgicale". Un avion furtif F-117 larguait une bombe de 2000 livres (900 kg) guidée par laser, pour

éventrer les citernes contenant les poisons. Pour les brûler, un chasseur-bombardier F-111 lâchait immédiatement après une bombe dite à effets combinés, capable de dégager une chaleur intense. Rentrés à leur base, les F-111, qui avaient été contaminés, étaient lavés à grande eau...

En réalité, les Américains s'aperçurent après coup que la chaleur dégagée par leurs bombes était insuffisante pour neutraliser complètement les produits toxiques. En dépit des précautions prises, il y eut des milliers de morts dans la population civile. Et une étude de la CIA, l'agence de renseignements des Etats-Unis, parue l'été dernier, estime à quelque 100 000 le nombre de soldats américains qui ont pu être exposés à des agents chimiques irakiens.

## USINES (production, assemblage, stockage et destruction)

- ÉTATS-UNIS : 1 Newport; 2 Pine Bluff arsenal; 3 Redstone arsenal, Hunstville (site transformé); 4 Muscle Shoals, Wilson Dam (usine fermée); 5 Denver, arsenal des montagnes Rocheuses; 6 Atoll Johnston, archipel des Marshall (activité intense).
- RUSSIE : 7 Chapaïevsk (site important); 8 Omutninsk; 9 Berdsk.
- KAZAKHSTAN : 10 Stepnogorsk.
- LYBIE : 11 Rabta "pharma-1500" (près de Tripoli).
- GRANDE-BRETAGNE : 12 Nancekuke.
- FRANCE : 13 Toulouse (environs), 14 Pont de Claix (près de Grenoble).
- ALLEMAGNE : 15 Dyrenfurth (site démonté par les Soviétiques en 1947 et remonté dans l'Oural); 16 Falkenhagen.

## TERRAINS D'ESSAIS

- ÉTATS-UNIS : 17 Fort Mc Clellan; 18 Dugway.
- FRANCE : 19 Beni-Ounif, Sahara algérien.
- RUSSIE : 20 Shikany (près de Volsk).
- KAZAKHSTAN : 21 Ile Vozrozhedeniye, mer d'Aral (site abandonné); 22 Aralsk.
- GRANDE-BRETAGNE : 23 Ile Guinard, Écosse (site fermé).
- CANADA : 24 Ralston.
- ALLEMAGNE : 25 Raubkhammer (site abandonné).

## CENTRE DE RECHERCHE

- ÉTATS-UNIS : 26 Edgewood (chimie); 27 Fort Detrick, Frederick (biologie, bactériologie).
- RUSSIE : 28 Saint-Petersbourg; 29 Moscou; 30 Serguiev Posad; 31 Obolensk (biologie, bactériologie); 32 Kirov; 33 Iekaterinbourg (biologie, bactériologie).
- IRAK : 34 Samarra (au nord-ouest de Bagdad) (chimie); 35 Salman Park (environs de Bagdad) (biologie, bactériologie); 36 Al-Hakam (au sud-ouest de Bagdad) (biologie, bactériologie).

- GRANDE-BRETAGNE : 37 Porton Down.
- ALLEMAGNE : 38 Heeresversuchsstelle.
- CANADA : 39 Shuffield.
- ISRAËL : 40 Tel-Aviv, institut Weizman.



# ment s'en débarrasser?

## Des stocks très inquiétants

Aux Etats-Unis, des roquettes chargées de sarin sont entreposées en vue de leur "désarmement". Mais la méthode qui doit permettre de les incinérer n'est pas encore au point. Pourtant le temps presse : l'enveloppe de ces munitions commence à se corroder. C'est pourquoi les surveillants portent des scaphandres.



**Usines, terrains d'essai et centres de recherche impliqués dans l'armement chimique et biologique**

PHOTO BENALI/GAMMA LIAISON - CARTE A. MEYER



■ ■ ■ Or, il ne semble pas que les troupes de Saddam Hussein aient fait usage d'armes chimiques...

Depuis, plusieurs programmes de mise au point de bombes à effets combinés plus efficaces ont été lancés aux Etats-Unis. Ils sont loin d'avoir abouti. Le problème reste donc entier. Il devient même de plus en plus complexe, car il faut maintenant tenir compte du fait que les réservoirs de stockage ne se trouvent plus en surface, comme c'était le cas à l'époque de la guerre du Golfe. Tous les déten-

teurs d'armes chimiques ont tiré les leçons de 1991. Aujourd'hui, les entrepôts sont souterrains. La méthode consisterait donc non pas à éventrer les réservoirs, mais à détruire leurs accès, avant d'y aller voir de plus près...

## L'EMPLOI DE LA FORCE EST TRÈS RISQUÉ

On mesure la difficulté de l'opération. Contre les pays qui détiennent des armes de destruction massive, biologiques ou chimiques (voir encadré ci-dessous), l'emploi

de la force est toujours très risqué. Or, on soupçonne l'Iran, la Syrie, le Soudan, la Libye, de posséder ces armes de mort. On dit même que Saddam Hussein aurait transféré une partie de ses propres stocks dans certains de ces pays.

Soupçonnés, ceux-ci rétorquent qu'ils ne font que se prémunir contre Israël, qui, lui, détient l'arme nucléaire, sans que les Occidentaux, en particulier les Etats-Unis, y trouvent rien à redire. Relativement faciles à fabriquer, et de manière discrète (les installations nécessaires, de petites dimensions, pouvant être aisément dissimulées), les armes chimiques et biologiques sont considérées comme la "bombe atomique du pauvre". Pauvre, en l'occurrence, signifiant n'ayant pas atteint le niveau technologique suffisant pour produire l'arme nucléaire.

Ces dernières années, les efforts de la communauté internationale ont donc porté sur l'élaboration d'une convention interdisant la fabrication des armes chimiques. Elle a été adoptée par l'ONU en 1993. Mais une trentaine de pays ne l'ont pas encore signée, parmi lesquels le bloc des pays arabes du Proche-Orient. D'autres pays l'ont signée, mais ne l'ont pas ratifiée, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas astreints à l'appliquer. C'est ce que fit initialement la Russie, qui, il est vrai, a contracté avec les Etats-Unis, en 1989, un accord bilatéral qui prévoit des échanges réciproques de données et un programme échelonné de destruction des armes chimiques. (La Russie a fini par ratifier la convention en novembre dernier.)

## CHIMIQUES, BIOLOGIQUES, DES ARMES TERRIFIANTES...

■ Les armes chimiques (gaz moutarde, sarin, VX...) se présentent sous la forme de liquides volatiles. Les vapeurs qui s'en dégagent sont extrêmement toxiques. Le gaz moutarde, qui attaque les yeux, les poumons, la peau, a été employé par Saddam Hussein contre les troupes iraniennes et contre les populations kurdes. Le sarin, dérivé des pesticides modernes, provoque la paralysie des muscles de la poitrine et la mort par étouffement. Des terroristes japonais de la secte Aoum s'en sont servis dans le métro de To-

kyo en 1995, ce qui entraîna la mort d'une douzaine de personnes et l'intoxication de plusieurs milliers d'autres. Comme le sarin, le VX est un gaz neurotoxique à base de produits organophosphorés, mis au point en Allemagne avant la Seconde Guerre mondiale.

Les armes biologiques se composent de toxines produites par certains micro-organismes, comme la toxine botulique, qui provoque des intoxications alimentaires. Faciles à fabriquer, peu coûteuses, elles sont en revanche d'un ma-

niement délicat : elles peuvent aussi bien disparaître très rapidement après leur épannage que déclencher des épidémies impossibles à juguler.

Les armes bactériologiques, quant à elles, utilisent des micro-organismes pathogènes pour les êtres vivants. L'une des plus connues est le charbon, maladie des ovins et des bovins que l'homme peut contracter par voie cutanée, respiratoire ou digestive.

Différence de taille entre les armes chimiques et les armes biologiques : si les premières sont aisément utilisables comme armes de destruction massive, les secondes le sont beaucoup moins. Leurs effets sont plus ou moins incontrôlables, sur ceux qui les emploient tout comme sur auxquels elles sont destinées, et leur "efficacité" est sujette à caution. C'est pourquoi la communauté internationale s'est surtout préoccupée de limiter la dissémination des armes chimiques.



**Victime du gaz moutarde irakien.**

FARNOOD/SIPA PRESS

UNITED NATIONS/GAMMA LIAISON





Les Etats-Unis et la Chine, eux, l'ont signée, mais avec retard, en avril 1997. La Chine parce qu'elle voulait obtenir l'assurance que le Japon détruirait les stocks qu'il a abandonnés sur le territoire chinois à la fin de la Seconde Guerre mondiale. Les Etats-Unis parce que le Congrès n'acceptait pas de gaieté de cœur de voir des missions internationales se livrer à des inspections dans les entreprises chimiques américaines. Mais, aujourd'hui, ayant ratifié la convention, les Etats-Unis s'estiment fondés à imposer un ordre international en la matière, notamment en Irak.

Reste le problème de la destruction des stocks existants. La Russie et les Etats-Unis en détiennent les trois quarts. La première, qui comp-

PANDIS/SYGMA

te sur l'aide des seconds pour financer les opérations de destruction, posséderait de 40000 à 80000 tonnes d'agents chimiques. Les Etats-Unis, quelque 30000 tonnes.

Les stocks américains sont répartis dans huit Etats, l'Oregon, l'Utah, l'Indiana, le Colorado, l'Arkansas, le Maryland, le Kentucky et l'Alabama. Auxquels il faut ajouter l'atoll Johnston, à 1200 km des îles Hawaii. C'est là que fut construit, à

## L'ONU à pied d'œuvre

**Des inspecteurs britanniques et japonais, mandatés par les Nations unies, "visitent" un stock irakien de jerrycans contenant de l'armement chimique. En médaillon,**

**la responsable du programme irakien de recherches sur les armes biologiques, le Dr Rihab Taha, qui a été surnommée "lady Germ" par les inspecteurs de l'ONU.**

partir de 1985, le prototype des incinérateurs destinés à éliminer les produits chimiques contenus dans les obus d'artillerie, les bombes d'avion ou les ogives de missile. Le processus de "transformation" – entièrement automatisé – consiste à brûler les produits en les portant à près de 1500 °C, température nécessaire pour casser les molécules. Pour des raisons évidentes de sécurité, les interventions humaines sont ■ ■ ■



■ ■ ■ réduites au minimum.

L'incinérateur de l'atoll Johnston a commencé de fonctionner en 1990, mais, semble-t-il, les résultats n'ont pas été à la hauteur des espérances. L'installation a accumulé les défaillances. Au bout du compte, elle n'a traité que 3 % des stocks de produits chimiques américains. Or, le temps presse, car l'enveloppe des munitions qui contiennent les agents chimiques rouille et se détériore très vite; on signale de plus en plus de fuites dans les dépôts.

D'autres incinérateurs vont donc être mis en service, en principe un dans chacun des huit Etats. Mais les populations s'inquiètent. Le Kentucky et l'Indiana ont d'ores et déjà interdit la construction sur leur sol de ce type d'installation. Les Etats où l'on prévoit d'en implanter une refusent d'"accueillir" les produits d'autres Etats. La situation paraît inextricable. Et le coût de l'élimination complète des stocks américains, exorbitant : 12 milliards de dollars (72 milliards de francs).

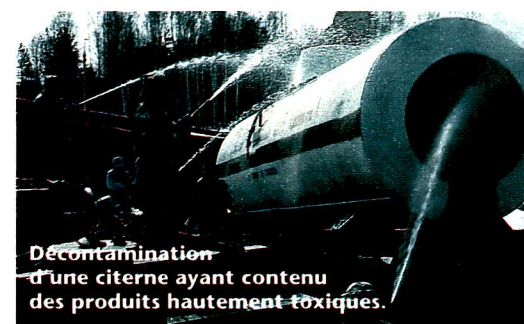
La France elle-

## LES MYSTÉRIEUX TRAVAUX DU COMPLEXE 19

■ Un article publié par des chercheurs russes dans la revue britannique *Vaccine* (décembre 1997) a suscité quelque émoi au sein de la communauté scientifique internationale. Les auteurs prétendaient avoir mis au point par manipulation génétique une nouvelle forme de la maladie du charbon. Dès lors, on pouvait craindre que les vaccins élaborés contre cette maladie (dont sont dotées plusieurs armées du monde) ne soient inefficaces.

Les Américains, notamment, aimeraient pouvoir le vérifier. Durant la guerre du Golfe, 150 000 de leurs soldats avaient reçu ce vaccin. Et le Pentagone envisage de vacciner à partir de l'été prochain l'ensemble des forces militaires (près de 2,5 millions de personnes).

Les Américains redoutent également qu'une ancienne unité russe de production d'armes biologiques n'ait repris du service. Il s'agit du Complexe 19,



Decontamination d'une citerne ayant contenu des produits hautement toxiques.

EAST NEWS/SIPA PRESS

connu pour avoir "fabriqué" depuis la Seconde Guerre mondiale des germes du charbon et de la peste bubonique. En 1992, le président russe, Boris Eltsine, avait reconnu qu'un grave accident s'était produit treize ans plus tôt autour du Complexe 19, situé à Iekaterinbourg, l'ancienne Sverdlovsk soviétique. Plusieurs dizaines de personnes – officiellement soixante-huit, trois cents selon d'autres sources – étaient mortes après avoir inhalé des spores de la maladie du charbon, à la suite,

semble-t-il, d'une fausse manœuvre.

Aujourd'hui, le Complexe 19 poursuivrait des recherches bactériologiques pacifiques. Il travaillerait en particulier à la domestication de bactéries mangeuses d'hydrocarbures. Moscou affirme d'ailleurs que tous ses programmes d'armes biologiques ont été interrompus. Il n'empêche qu'un ancien employé du Complexe 19 soutient que le centre travaille de nouveau sur le bacille de la maladie du charbon, du moins en laboratoire...

même, qui a ratifié la Convention de 1993 l'année dernière, étudie l'implantation d'une unité de traitement de ses produits chimiques, qui proviennent essentiellement de la Première Guerre mondiale. Mais pas uniquement : des usines produisaient encore des gaz de combat avant la Seconde Guerre. Et les essais se sont poursuivis en Al-

gérie, sur le fameux site B2-Namous, près de Beni Ounif, entre Aïn Sefra et Colomb-Béchar. On parle de 500 tonnes de munitions chimiques. Certes, si l'on retranche le poids des obus qui les renferment, la masse des produits chimiques est bien inférieure. Il faudra cependant les détruire. A quel prix ? On estime que leur élimination revient six ou sept fois plus cher que leur fabrication... ■



## Inspections réciproques

Un accord bilatéral entre Washington et Moscou prévoit, notamment, des contrôles mutuels. Ci-contre, des techniciens russes visitent une usine chimique américaine.

T. SMART/GAMMA LIAISON



La plus grande encyclopédie française  
disponible sur CD-ROM Multimédia

## LE NOUVEAU CD-ROM MULTIMÉDIA UNIVERSALIS

chez vous, pour un essai de 15 jours  
sans engagement

### Un contenu d'une richesse inégalée

#### L'INTÉGRALITÉ DES TEXTES DE L'ENCYCLOPÆDIA UNIVERSALIS

L'équivalent d'une bibliothèque  
de 1 000 livres. 45 millions de mots.  
250 millions de signes.

#### LE MUSÉE UNIVERSALIS

150 chefs-d'œuvre  
de la peinture européenne.

#### L'ATELIER

Plus de 1 000 illustrations  
scientifiques et techniques.

#### UN ATLAS COMPLET

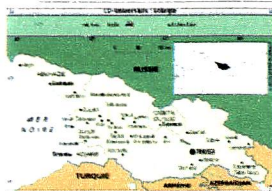
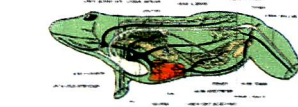
Les cartes détaillées  
de tous les pays du monde.

#### UN DICTIONNAIRE DE LA LANGUE FRANÇAISE

La définition instantanée  
de plus de 80 000 mots.

#### LE PHONÉTISEUR

Une aide efficace pour bien orthographier  
les mots recherchés.



### Des possibilités de recherche infinies

Avec le nouveau CD-ROM Multimédia Universalis, vous naviguez à grande vitesse dans l'univers de la connaissance. À partir d'un mot, d'une expression ou d'une combinaison de mots, de noms et de chiffres, tous les articles ou parties d'article qui répondent à votre question s'affichent à l'écran sur un simple clic de souris. Vous pouvez alors les transférer vers votre traitement de texte, les organiser à votre façon, les imprimer pour constituer des dossiers personnels.

### Essayez vite le CD-ROM Universalis sans aucun engagement d'achat

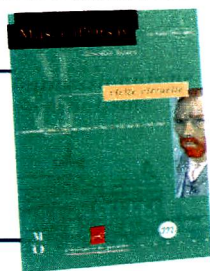
Seul un essai vous permettra d'apprécier l'immense érudition du

nouveau CD-ROM Multimédia Universalis. Renvoyez simplement le Bon ci-dessous, avec un dépôt de garantie de 310 F. Celui-ci vous sera immédiatement remboursé si vous décidez de nous renvoyer le CD-ROM à nos frais.

## VOTRE CADEAU

Le CD-ROM Musée d'Orsay, l'un des plus célèbres logiciels français, d'une valeur de 350 F; si vous décidez de conserver votre CD-ROM Multimedia Universalis.

Une collection Multimédia - Réunion des Musées Nationaux



CFL - Encyclopædia Universalis - S.A. au capital de 4 437 500 F - 40, avenue Hoche, 75008 Paris  
R.C. Paris B 672 019 809 - Service relations Clients - B.P.N° 238, 21006 Dijon CEDEX - Tel. 03 80 78 48 48



## BON D'ESSAI SANS RISQUE

A030 1981 30 007

à renvoyer dans les 8 jours, sous enveloppe non affranchie, pour recevoir votre cadeau :  
CFL-ENCYCLOPÆDIA UNIVERSALIS, Libre Réponse 941-75, 75851 PARIS CEDEX 17.

OUI, envoyez-moi par la poste le CD-ROM Multimédia Universalis pour un essai de 15 jours chez moi, sans le moindre engagement d'achat. Joignez également le tapis de souris Universalis en cadeau si je réponds dans les 8 jours.

### En plus, EN CADEAU définitif

si vous renvoyez ce Bon dans les 8 jours ce tapis de souris UNIVERSALIS

Je joins mon dépôt de garantie de 310 F par chèque bancaire ou postal à l'ordre du CFL-Encyclopædia Universalis. Si, après 15 jours d'essai, je ne suis pas totalement conquis, je vous renverrai le CD-ROM Multimédia Universalis par la poste, sans frais, complet dans son emballage d'origine, en utilisant l'étiquette adhésive de port gratuit jointe au

☐ M. ☐ Mme ☐ Mlle Nom, prénom

Adresse : N° Rue

Ville

Code postal

CD-ROM. Mon dépôt de garantie me sera alors intégralement remboursé et je conserverai le tapis de souris Universalis en cadeau définitif. Autrement, je garderai le CD-ROM Multimédia Universalis au prix de 2 980 F seulement. Je pourrai alors profiter des avantageuses conditions de crédit (par exemple, seulement 123 F par mois pendant 24 mois) qui me seront proposées avec l'envoi du CD-ROM, étant entendu que la totalité de mon dépôt de garantie sera déduite du prix du CD-ROM.

Il est entendu que vous m'enverrez alors le magnifique CD-ROM Musée d'Orsay en cadeau.

Date :

Je choisis : ☐ PC ☐ Mac

Signature :



Offre réservée exclusivement à la France métropolitaine. Selon la loi Informatique et Liberté du 6 janvier 1978, le CFL vous garantit un droit d'accès et de rectification aux informations vous concernant. Vos coordonnées sont communiquées à nos services internes et aux organismes liés contractuellement avec le CFL, sans application de votre part.



ENERGIE

# FUSION

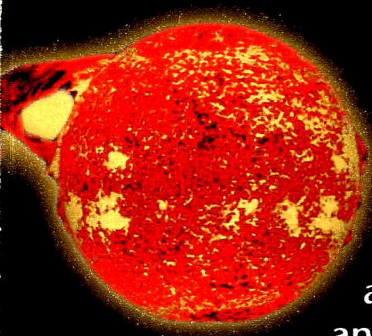
## Miracle ou mirage?

### Imiter les étoiles

Depuis plus de quarante ans, les recherches sur la fusion mobilisent des moyens énormes (ici, une expérience de fusion par faisceaux d'ions à Albuquerque, Nouveau-Mexique). Leur objectif : reproduire les réactions nucléaires qui font rayonner les étoiles.

Science & Vie n° 967 - avril 1998





■ Peu polluante, exploitant une matière première inépuisable, la fusion nucléaire – qui fait briller le Soleil – semble la source d'énergie idéale. Des budgets considérables y sont consacrés. Mais les réacteurs à fusion n'existeront pas avant cinquante ans, et certains scientifiques n'y croient pas. Le colossal projet international ITER verra-t-il le jour?

PAR HÉLÈNE  
GUILLEMOT

**L'**énergie des prochains siècles sera-t-elle la fusion thermonucléaire? Peu polluante, exploitant une matière première quasi inépuisable, la fusion, qui fait briller le Soleil et les étoiles, pourra-t-elle satisfaire les besoins énergétiques croissants de l'humanité? Ces questions inspirent peut-être un sentiment de déjà-entendu... Voilà en effet près de cinquante ans qu'on invoque périodiquement le mythe de la fusion, "énergie de l'avenir". Cinquante ans que les recherches se poursuivent... Et cinquante ans qu'on nous prévient que la fusion n'est pas pour demain, et ■ ■ ■





■ ■ ■ qu'elle ne sera pas au point avant cinquante autres années...

Mais les temps ont changé. En cette fin de siècle, on se méfie des beaux lendemains technologiques. Des doutes s'expriment, en particulier dans la presse scientifique américaine, quant aux chances de succès de ces recherches. Le débat

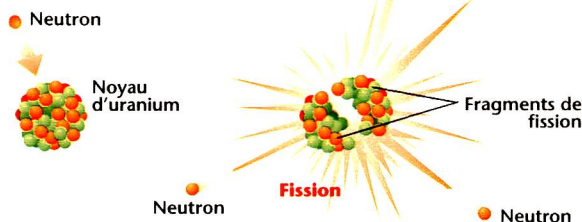
## Suffisamment de combustible pour des millions d'années !

survient à l'approche d'une échéance cruciale pour la fusion nucléaire : c'est en juillet 1998 que les Etats-Unis, l'Europe, le Japon et la Russie décideront de poursuivre ou non un gigantesque projet mondial de réacteur à fusion expérimental, baptisé International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER). L'arrêt de ce projet de 50 milliards de francs risquerait de retarder, voire de condamner la fusion en tant que source d'énergie potentielle.

On n'en est pas là. Même si la fusion à

### FISSION

**La fission consiste à casser de gros noyaux atomiques (le plus souvent d'uranium). L'énergie libérée vient de la différence de masse entre le noyau initial et les produits de la fission.**



### FUSION

**La fusion consiste, au contraire, à rassembler de petits noyaux (ici, de deutérium et tritium) en un seul. (Là aussi, l'énergie naît de la différence de masse).**



A. MEYER

échelle industrielle demeure un rêve lointain, de grands progrès ont été accomplis durant les dernières décennies. Mais de nouveaux obstacles techniques se dressent devant les chercheurs. Sont-ils insurmontables, ou parviendra-t-on à les résoudre ?

Dans les années 50, les pionniers de la fusion ne s'attendaient sans doute pas à rencontrer des problèmes aussi considérables.

Car, dans son principe, la fusion réunit toutes les qualités d'une source d'énergie idéale.

La fusion est l'inverse de la fission (voir les dessins ci-dessus). La fission est bien connue, puis-

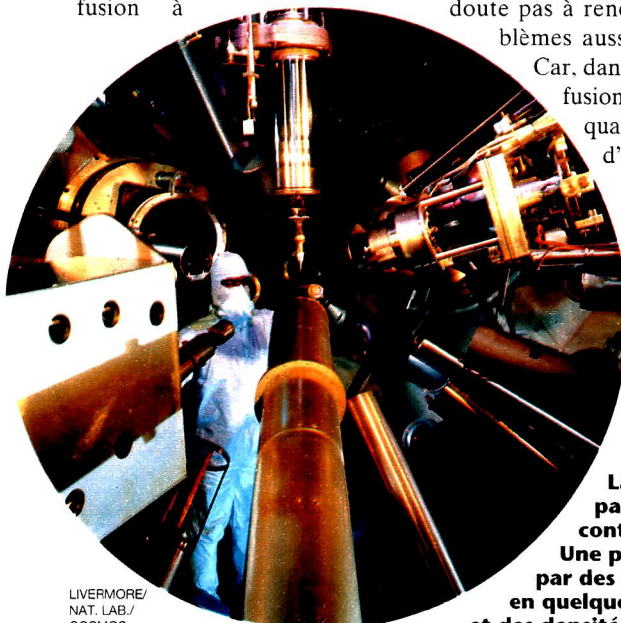
qu'elle est mise en œuvre dans les centrales nucléaires. C'est la réaction par laquelle des noyaux d'uranium se brisent en morceaux ("fissionnent") : leur éclatement dégage une énorme énergie, qu'on récupère pour la transformer en électricité. Au contraire, la fusion consiste à assembler ("fusionner") de petits noyaux d'hydrogène pour former un noyau plus gros, réaction qui engendre également une énergie considérable.

Cette description élémentaire suffit à mettre en évidence les deux principaux atouts de la fusion : d'abord, il n'y a pas de "morceaux", autrement dit, pas de déchets, tandis que la fission engendre des fragments très radioactifs. Ensuite, les atomes légers sont bien plus abondants que les gros. L'hydrogène,

## Bombe H en miniature

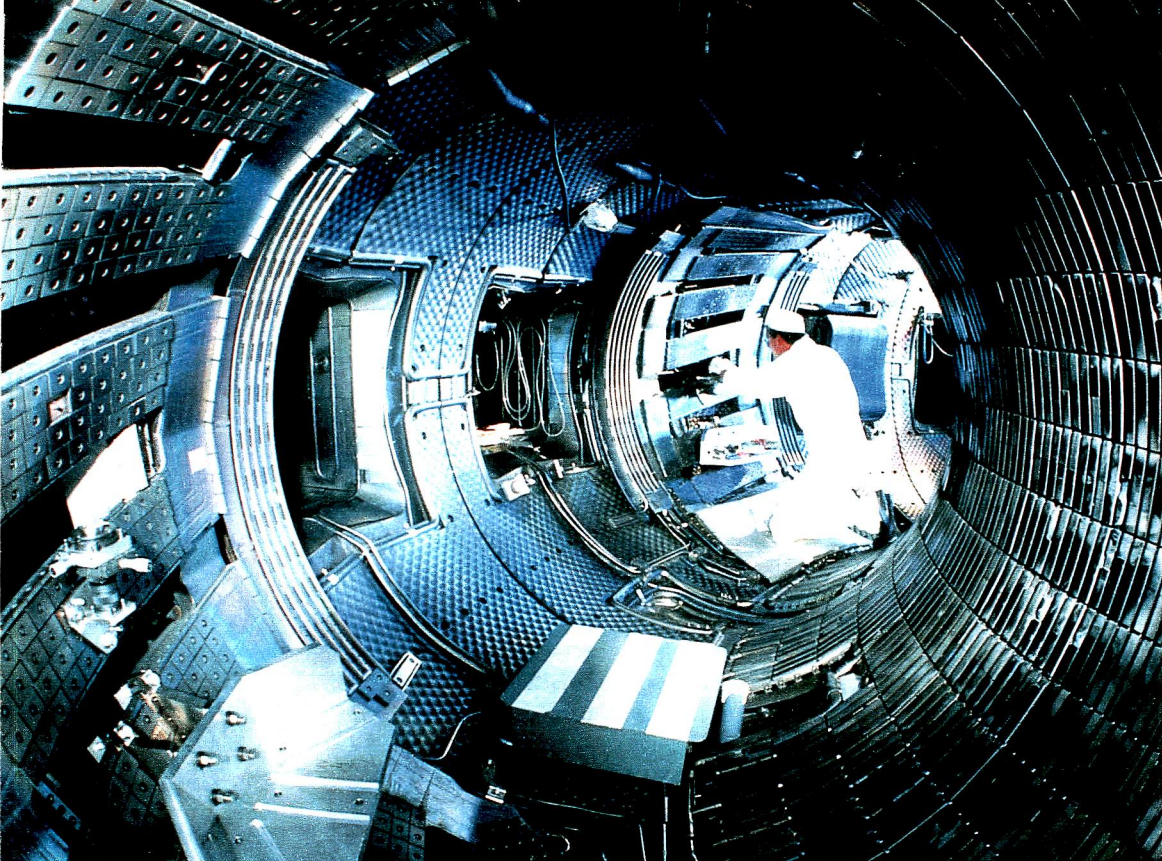
**La fusion par lasers a d'abord été étudiée par les militaires, car elle reproduit - de façon contrôlée - une mini-explosion de bombe H.**

**Une pastille de deutérium et de tritium est irradiée par des dizaines de faisceaux lasers. Elle atteint en quelques milliardièmes de seconde des températures et des densités telles que la fusion nucléaire se déclenche.**



LIVERMORE/  
NAT. LAB./  
COSMOS





CEA/HELLMES

matière première de la fusion, se trouve simplement dans l'eau, alors que l'uranium, combustible de la fission, est un minerai épuisable.

Une énergie propre et illimitée : quoi de plus précieux, quand on sait qu'en 2050 les 10 milliards d'habitants de la planète consommeront deux ou trois fois plus d'énergie qu'aujourd'hui ? Et quand on songe également aux menaces que font peser les sources énergétiques actuelles : déchets nucléaires, bouleversements climatiques dus à l'effet de serre du gaz carbonique issu de la combustion du charbon, du pétrole ou du gaz, pollution urbaine, risques de prolifération du plutonium, etc.

Il existe plusieurs réactions de fusion susceptibles de dégager de l'énergie, mais la plus "facile" à réaliser est la fusion du deutérium et du tritium, deux isotopes (1) de l'hydrogène. Dans la nature, la plupart des atomes d'hydrogène ont un noyau constitué d'un unique proton.

(1) Atomes dont les noyaux ont le même nombre de protons, mais des nombres différents de neutrons.

## Des parois à toute épreuve

**Pour tapisser les parois intérieures de l'enceinte du tokamak Tore-Supra, à Cadarache, on étudie des matériaux capables de supporter les intenses flux de chaleur émis par le plasma, chauffé à plus de 100 millions de degrés !**

Mais 0,015 % de l'hydrogène terrestre possède également un neutron lié au proton : cet isotope a pour nom deutérium (D). Chaque litre d'eau de mer contient 35 mg de deutérium – de quoi fournir, par fusion, 1 mégawattheure (MWh).

### UNE PUISSANCE PRODIGIEUSE

Quant au tritium (T), c'est un isotope de l'hydrogène dont le noyau est composé d'un proton et de deux neutrons. Contrairement au deutérium, le tritium est radioactif et n'existe pas à l'état naturel : il faut le fabriquer, par réaction nucléaire d'un neutron avec du lithium. Ce dernier élément est très abondant dans le sol et dans l'eau de mer : les ressources minières en lithium suffiraient à alimenter la planète en énergie pendant 1500 ans, et, si l'on

recupérait le lithium des océans, nos besoins seraient couverts pendant 10 millions d'années !

La fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium produit un noyau d'hélium (deux protons et deux neutrons) et un neutron isolé. Elle libère une énergie de 17,6 mégaélectronvolts (MeV) (2). Cette énergie se répartit entre le neutron, qui emporte 14 MeV, et le noyau d'hélium, qui emporte 3,6 MeV. Puissance considérable : 1 kg de mélange D-T fournit autant d'énergie que 250 kg d'uranium enrichi, 17000 barils de pétrole ou encore 3500 tonnes de charbon.

Du moins, en principe. Car jamais la distance n'a paru aussi grande entre une théorie et sa mise en

(2) L'électronvolt (eV) est l'unité d'énergie utilisée à l'échelle atomique :  $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$ ;  $1 \text{ KeV} = 1000 \text{ eV}$ ;  $1 \text{ MeV} = 1000 \text{ KeV}$ .



■ ■ ■ œuvre. A croire qu'à l'échelle des atomes il est plus aisé de détruire que de construire, de fissionner que de fusionner. Pourquoi?

La difficulté consiste à rapprocher assez les noyaux de deutérium et de tritium pour qu'ils se lient, alors que leurs charges électriques positives tendent au contraire à les

## Mais comment parvenir à fabriquer du Soleil en boîte ?

écarter. Pour vaincre cette répulsion électrique, les noyaux D et T doivent posséder une énergie cinétique élevée, de 15 à 20 kiloélectronvolts (keV), ce qui correspond à une température du mélange de 150 à 200 millions de degrés (3). Cette valeur est astronomique : dix fois la température qui règne au centre du Soleil ! Dans ces conditions extrêmes, les électrons ne sont plus liés aux noyaux, et le combustible se présente sous la forme d'un gaz de particules chargées – un "plasma".

Mais une température énorme ne suffit pas. Dans un réacteur, la fusion, une fois amorcée, doit dégager suffisamment d'énergie pour s'entretenir elle-même, en maintenant le plasma à la température voulue : c'est ce qu'on appelle l'"ignition". Les conditions d'ignition d'un réacteur dépendent de trois facteurs : la température du plasma ( $T_i$ ), sa densité ( $n$ ) et le temps de confinement ( $\tau$ ), c'est-à-dire le temps que le plasma met à se refroidir.

Dès 1957, le physicien britannique John Lawson démontrait qu'un mélange D-T ne parvient à l'autocombustion (ou ignition) que si le produit de ces trois facteurs ( $T_i \times n \times \tau$ ) dépasse  $6 \times 10^{21}$  (4). Cette contrain-

te est appelée "critère de Lawson".

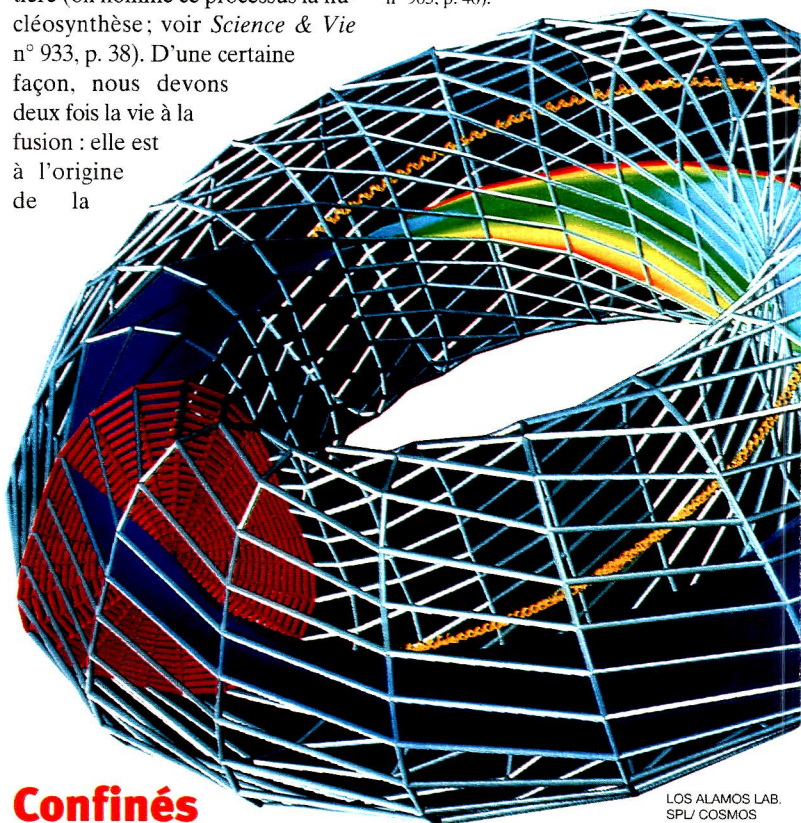
En résumé, il suffit, pour parvenir à la fusion, de maintenir un plasma de deutérium et de tritium suffisamment dense à une température suffisamment élevée pendant un temps suffisamment long. Ces conditions sont aisément remplies... dans les étoiles. Le Soleil et les étoiles sont en effet de gigantesques réacteurs à fusion nucléaire, au sein desquels l'hydrogène se transforme en hélium en libérant une énergie colossale sous la forme de rayonnements. Dans certaines étoiles, la fusion se poursuit au-delà de l'hélium, engendrant des noyaux de carbone, d'oxygène, de fer... C'est ainsi que, au cœur des astres, se sont construits presque tous les éléments de la matière (on nomme ce processus la nucléosynthèse ; voir *Science & Vie* n° 933, p. 38). D'une certaine façon, nous devons deux fois la vie à la fusion : elle est à l'origine de la

matière dont nous sommes faits et du rayonnement qui permet la vie...

Comment fabriquer des mini-étoiles, du Soleil en boîte ? Dans les astres, où la masse de matière est énorme, c'est la force de gravitation qui assemble les atomes et produit les densités et les températures qui engendrent la fusion. Sur Terre, il faut trouver une autre solution pour chauffer et comprimer les noyaux. Deux procédés ont été retenus : les champs électromagnétiques et les lasers (5).

La fusion par lasers (dite aussi "par confinement inertiel") a surtout été étudiée à des fins militaires, car elle reproduit l'explosion d'une

(5) On a pu croire il y a quelques années à la fusion froide, mais cet espoir a été déçu (voir *Science & Vie* n° 905, p. 46).



LOS ALAMOS LAB.  
SPL/ COSMOS

## Confinés dans un pneu

Pour piéger les noyaux de deutérium et de tritium, la configuration de champ magnétique la plus efficace a la forme d'un pneu (ou tore). Sur cette simulation par ordinateur, le cercle jaune représente la trajectoire d'un noyau.

(3) La température d'un gaz est proportionnelle à la vitesse moyenne de ses molécules.

(4) L'énergie est exprimée en keV, la densité, en noyaux par mètre cube, et le temps de confinement, en secondes.

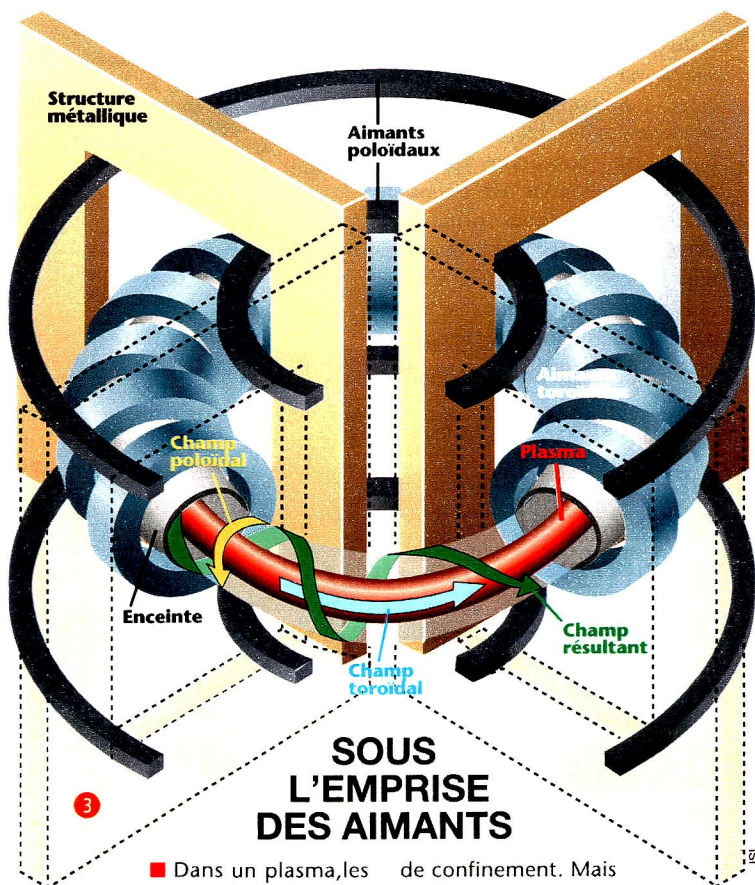


bombe H à plus petite échelle et de façon contrôlée. Plusieurs lasers de puissance sont braqués sur une capsule qui contient un mélange de deutérium et de tritium. Les lasers irradient la capsule et, en quelques milliardièmes de seconde, lui fournissent une énergie considérable (de l'ordre d'un millier de joules). La capsule se vaporise instantanément, et le mélange combustible est comprimé jusqu'à une densité plusieurs milliers de fois supérieure à celle d'un solide, ce qui déclenche la fusion nucléaire.

Les recherches sur la fusion par lasers ne sont plus entièrement "top secret" depuis 1990, mais on est très loin de pouvoir exploiter cette technologie pour produire de l'énergie. Il faudrait savoir procéder à des tirs successifs, à la cadence de dix ou vingt par seconde – alors que les lasers mettent des jours à se refroidir –, et placer une nouvelle cible au dixième de millimètre près, dans une chambre où une explosion nucléaire a eu lieu une fraction de seconde auparavant!

Ces recherches sont néanmoins riches d'enseignements sur les interactions lasers-matière et sur les plasmas. Elles profiteront de la construction des deux grandes installations militaires pour la fusion par confinement inertiel, destinées à simuler des tirs nucléaires : le NIF (National Ignition Facility), au laboratoire national Livermore, en Californie, et le Laser mégajoule français, près de Bordeaux.

Dans la fusion par lasers, on satisfait au critère de Lawson en produisant un plasma très dense pendant un temps très court. Avec le



## SOUS L'EMPRISE DES AIMANTS

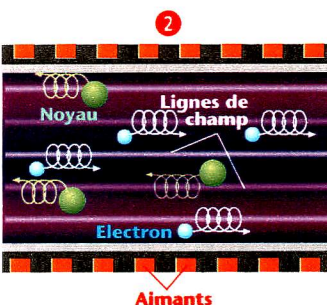
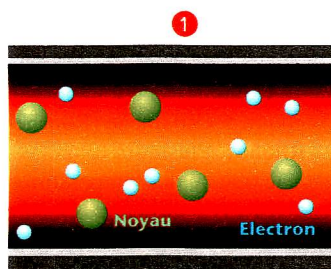
■ Dans un plasma, les particules ont tendance à s'éloigner les unes des autres ①, sauf si un champ magnétique les oblige à rester confinées, comme c'est le cas dans un tokamak. Noyaux et électrons décrivent alors de petites hélices autour des lignes de champ ②.

Dans un tokamak ③ règne un champ magnétique à trois composantes, qui confine le plasma dans une enceinte en forme de tore (ou de pneu).

La composante principale, dite "toroïdale", est créée par des anneaux enfilés autour de l'enceinte

de confinement. Mais ce champ impose aux particules une dérive verticale qu'il faut compenser par une autre composante, dite "poloïdale". Ce champ poloïdal est engendré par le courant électrique qui règne dans le plasma. Ce courant est induit par un champ magnétique créé par de grosses pièces rectangulaires en fer.

Enfin, des aimants poloïdaux parallèles au plan du tore contribuent à fixer la forme et la position du plasma. Le champ résultant est "hélicoïdal" : ses lignes s'enroulent en hélice autour du tore.





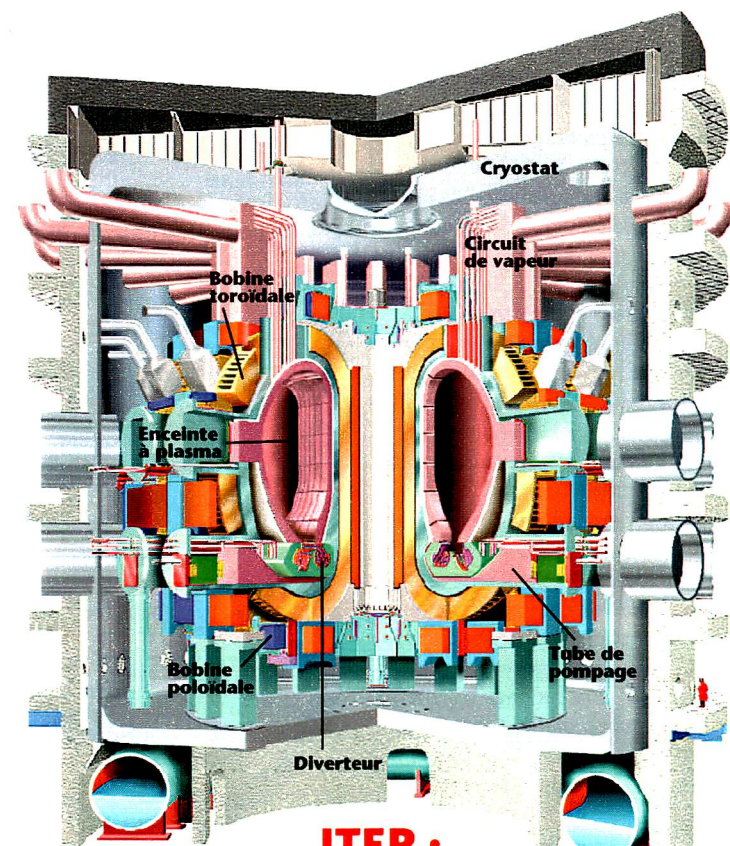
■■■ confinement magnétique – le second grand procédé pour parvenir à la fusion, de loin le plus avancé –, c'est le contraire : le plasma est assez peu dense, mais son énergie doit être conservée pendant plusieurs secondes. De puissants champs magnétiques forment un piège immatériel capable de maintenir le plasma concentré et éloigné des parois de la machine (car aucun matériau ne supporterait le contact avec un milieu aussi chaud).

## La sécurité du procédé devra être démontrée

Une multitude de configurations magnétiques ont été expérimentées dans les années 50 et 60, et c'est finalement le tokamak, inventé par les physiciens soviétiques Andréï Sakharov et Igor Tamm, qui s'est imposé en 1968 (même si l'on a continué d'expérimenter des machines d'autres types).

Le tokamak est une enceinte à vide en forme de tore (autrement dit, de beignet – ou de pneu) dans laquelle on crée un plasma. Ainsi, les lignes de champs magnétiques se referment sur elles-mêmes, et les particules du plasma circulent en rond, ce qui élimine les pertes liées aux extrémités. Le champ magnétique qui confine le plasma est créé par deux ensembles d'aimants (dits "toroïdaux" et "poloïdaux") enserrant l'enceinte, et plusieurs dispositifs de chauffage sont mis à contribution pour porter le combustible à la température de fusion : courant induit dans le plasma, faisceaux d'atomes neutres, ondes électromagnétiques.

Depuis les années 70, on a construit plusieurs tokamaks en URSS, aux Etats-Unis, au Japon et en Europe (où toutes les recherches sur la fusion sont coor-



## ITER : fusion sans frontières

**Prochaine étape vers la fusion, le tokamak international ITER devrait atteindre une puissance de 1500 MW. Il permettrait de tester à grande échelle la qualité de confinement du plasma, la récupération de l'énergie de fusion et la sûreté du procédé. L'une des principales difficultés : l'évacuation hors du plasma de l'hélium de fusion. Des champs magnétiques doivent l'entraîner vers un diverteur, petite chambre située sous l'enceinte à vide.**

données au sein de l'Euratom). Les plus performants sont aujourd'hui le Joint European Torus (JET), implanté en Grande-Bretagne, et le JT-60-U, au Japon. Le TFTR américain a été fermé en 1997 à la suite de réductions budgétaires. En France, les recherches sur la fusion se concentrent sur le tokamak Tore-Supra, du centre de recherche du Commissariat à l'énergie atomique, à Cadarache (Bouches-du-Rhône). Plusieurs tokamaks ont déjà obtenu des températures, des densités ou des temps de confinement égaux, voire supérieurs à ceux requis pour la fusion. Mais jamais les trois simultanément...

Pourtant, le fameux produit  $T_i \times n \times \tau$  n'est, aujourd'hui, que cinq ou six fois inférieur à la valeur d'ignition, alors qu'il était cent fois plus faible il y a quinze ans. Les progrès les plus importants concernent la physique des plasmas : amélioration de la stabilité, du confinement, du chauffage, réduction des turbulences, etc. En novembre 1997, le JET a battu un record historique : il a produit 16 MW, pour une puissance fournie de 22 MW. Autrement dit, il a presque rempli son contrat : fournir autant d'énergie par fusion qu'il en dépense. Mais on est encore loin de l'ignition ; le JET n'a d'ailleurs pas été conçu pour cela.



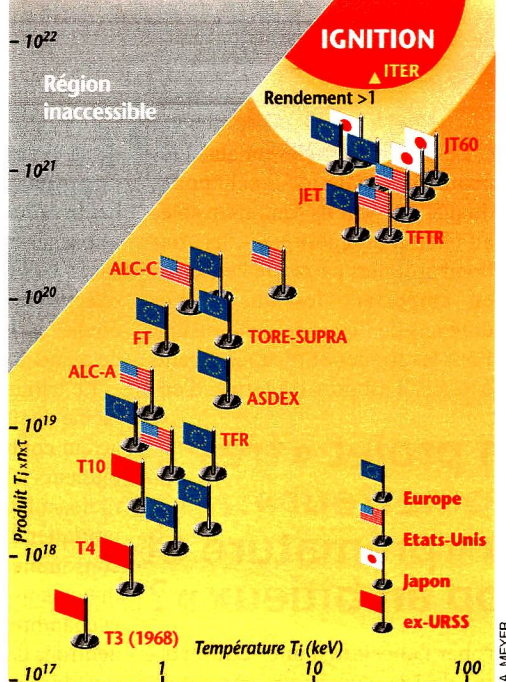
# La course à l'ignition

Pour que deux noyaux fusionnent, il faut une température très élevée, une densité suffisante et un temps de confinement assez long. Si le produit de ces trois facteurs ( $T_i \times n \times \tau$ ) atteint  $10^{22}$ , la fusion dégage suffisamment de chaleur pour s'auto-entretenir : c'est ce qu'on appelle l'"ignition". Depuis le premier tokamak russe, en 1968, ce produit a été multiplié par 10000 ! Actuellement, il dépasse  $10^{21}$ , et la fusion produit autant de puissance qu'elle en consomme. ITER, s'il est construit, devrait parvenir à l'ignition.

Atteindre l'ignition, c'est en revanche la mission du projet ITER, porté sur les fonts baptismaux en 1985, au sommet de Genève, auquel assistaient les présidents Mitterrand, Reagan et Gorbatchev. Ce projet coûte si cher qu'il exige une collaboration à l'échelle planétaire, réunissant la Russie, les Etats-Unis, l'Europe et le Japon. Dans un accord signé en juillet 1992, les quatre partenaires ont défini les objectifs d'ITER : démontrer la faisabilité scientifique et technique de la fusion sur une machine de taille comparable à un réacteur commercial, tester les technologies à mettre en œuvre et démontrer la sûreté de la fusion.

Le futur tokamak devra être une machine de grande taille : un plasma d'un volume important est moins sensible aux turbulences et conserve plus longtemps une température

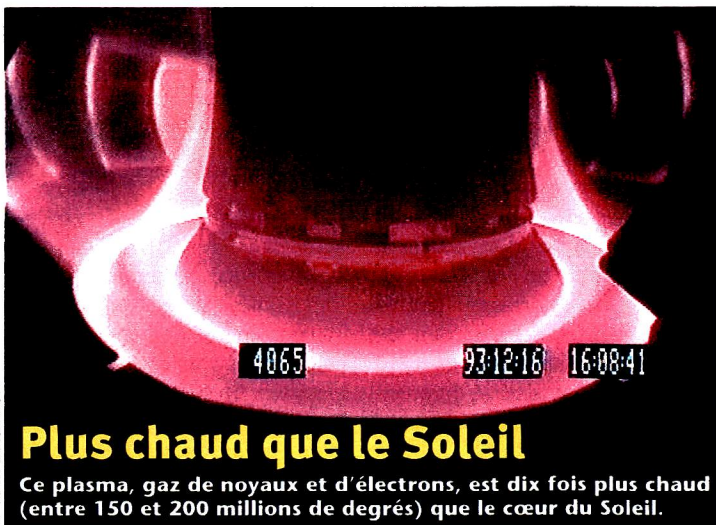
élevée. Dans ITER, le plasma occupera un volume de 2000 m<sup>3</sup> (au lieu de 100 m<sup>3</sup> pour le JET). Ce plasma ne sera pas très dense, car le confinement magnétique ne permet pas de rassembler plus de  $10^{20}$  particules au mètre cube (soit mille fois moins que dans l'air que nous respirons). ITER devrait mettre de cinq à six secondes pour atteindre l'ignition et brûler le mélange D-T pendant mille secondes. Il sera doté de bobines supraconductrices (qui, portées à très basse température, laissent passer le courant sans lui opposer de résistance), seules capables de fournir un champ magnétique intense pendant plusieurs minutes sans s'échauffer – et qui, en outre, économisent l'électricité de



façon appréciable (de tels aimants supraconducteurs sont quotidiennement utilisés sur Tore-Supra). L'ensemble de la machine sera maintenu dans un cryostat pour conserver les aimants à  $-270^{\circ}\text{C}$ . Ceux-ci, en niobium-titane et niobium-étain, d'un poids total d'environ 1500 tonnes, absorbent 40 % du coût du projet.

## LE CASSE-TÊTE DE L'HÉLIUM

ITER aura à relever de terribles défis technologiques. L'évacuation de l'hélium en est un. Les noyaux d'hélium, qui emportent un cinquième de l'énergie de fusion, auront la mission de chauffer le plasma à plus de 100 millions de degrés, en cédant leur énergie aux noyaux de deutérium et de tritium à travers de multiples collisions. Mais, afin de ne pas "empoisonner" le plasma, l'hélium doit être évacué à mesure qu'il en atteint la périphérie. Des bobines magnétiques permettront de le canaliser vers une chambre située sous l'enceinte, le diverteur. Celui-ci recueillera également des particules susceptibles de "polluer" le plasma (comme celles que le rayonnement arrache aux parois). Le diverteur devra résister aux énergies énormes de ces particules. Mais il n'est pas complètement au point...





■ ■ ■ Les neutrons soulèvent aussi des problèmes majeurs. S'échappant du plasma – car ils sont insensibles au champ magnétique –, ils vont bombarder les parois de l'enceinte en emportant les quatre cinquièmes de l'énergie de la fusion. Pour les freiner et récupérer cette énergie, il est prévu, à terme, d'en-

## Un projet « très prometteur »... ou « prématuré et trop ambitieux » ?

rober l'enceinte d'une "couverture" de 1 m d'épaisseur, constituée de plusieurs plaques d'acier enfermant un circuit d'eau. Cette eau s'échauffera en capturant les neutrons, puis sera dirigée vers des turbines et des alternateurs, ou sa chaleur sera convertie en électricité. Cette ultime étape électrogène ne sera toutefois pas franchie par ITER (qui ne comportera que quelques modules prototypes de cette couverture) mais par son hypothétique successeur, le réacteur de démonstration DEMO.

Comment les parois de la chambre à vide supporteront-elles ce bombardement de neutrons ultra-énergétiques, qui atteindra la puissance phénoménale de 1 MW/m<sup>2</sup> ? Divers matériaux sont à l'étude : ils doivent résister à cet intense flux de neutrons, ne pas libérer d'impuretés, mais aussi ne pas devenir trop radioactifs sous l'impact des neutrons, car ces derniers "activent" les matériaux qu'ils traversent.

Il n'est donc pas tout à fait juste d'affirmer que la fusion est dépourvue de déchets. Au bout de quelques années de fonctionnement, le diverteur, la couverture et les divers éléments des réacteurs constitueront des déchets radioactifs – moins radioactifs, cependant, et de moins longue durée de vie que ceux

de la fission. En outre, les dommages causés par le bombardement neutronique obligeront à réparer et à changer fréquemment ces composants. Ces opérations devront être effectuées par télémanipulation : on étudie, au JET, des robots capables de mener à bien ces travaux.

Le tritium constitue l'autre problème de sûreté de la fusion. Un réacteur contiendrait en permanence plusieurs kilos de ce gaz légèrement radioactif. Chaque réacteur devrait fabriquer lui-même le tritium qu'il consomme. On introduirait du lithium dans la couverture entourant la chambre : en réagissant avec les neutrons de fusion, celui-ci produirait du tritium. Des recherches sont en cours sur la régénération du tritium et sur son extraction.

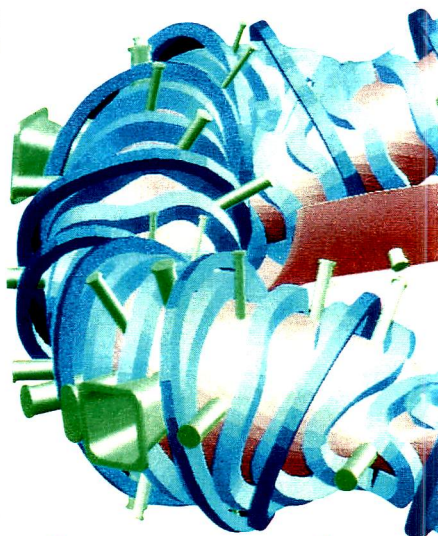
### QUERELLES D'EXPERTS ET CONFLITS D'INTÉRÊTS

On le voit, les chercheurs ont du pain sur la planche. Comme le résume sobrement Michel Chatelier, adjoint au chef du département des recherches sur la fusion du centre d'étude de Cadarache : « On sait allumer un plasma et le porter aux conditions de fusion thermonucléaire. La grande difficulté, maintenant, c'est de maîtriser la puissance qui en sort. » Mais, aux yeux d'un certain nombre de physiciens, les obstacles sont insurmontables, et ITER ne pourra remplir ses objectifs. S'exprimant dans plusieurs revues anglo-saxonnes, ces scientifiques énumèrent une série d'écueils techniques : extraction de la chaleur, bombardement des neutrons sur les parois, activation des matériaux, dommages causés par le plasma au diverteur, etc.

D'autres ne partagent pas ce pessimisme, tel Robert Conn, de l'université de Californie, membre du groupe de conseillers du président des Etats-Unis pour la science et la technologie (PCAST). Dans le cadre d'un rapport sur l'énergie, Conn a passé au crible toutes les

recherches sur la fusion : « De nombreux travaux sont très prometteurs, écrit-il dans la revue *Nature*. Ceux qui affirment que la fusion est impossible ne doivent pas connaître ces données. »

Difficile de trancher dans ces querelles d'experts, d'autant que s'y mêlent inévitablement des conflits d'intérêts. Du côté des "optimistes" pro-ITER, on trouve bien sûr les physiciens qui travaillent auprès des tokamaks. S'appuyant sur les succès déjà remportés, ils font confiance aux cher-



## Le concurrent du tokamak

**Les tokamaks ont concentré l'essentiel des recherches sur la fusion, mais d'autres configurations sont envisagées. La plus avancée est le stellérateur (ci-dessus), à l'étude en Allemagne et au Japon.**

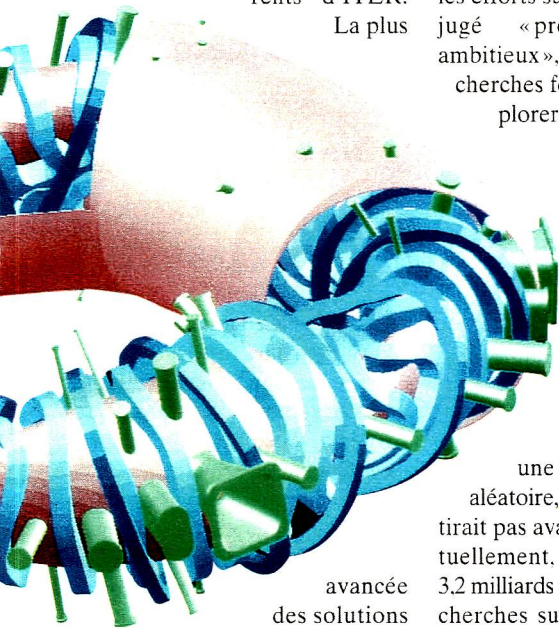
cheurs pour résoudre les problèmes actuels. « Un prix Nobel de physique affirmait récemment qu'il est impossible d'obtenir un plasma de 100 millions de degrés à quelques centimètres d'un circuit de refroidissement à -270 °C. C'est pourtant ce que nous faisons tous les jours à Tore-Supra », dit ironiquement Michel Chatelier. Au terme d'enquêtes poussées, plusieurs rapports



officiels – le “Programme d'évaluation de la fusion”, commandé par la Commission européenne, le rapport PCAST cité plus haut, celui du Comité consultatif sur la fusion (FESAC) du département américain de l'énergie – recommandent la poursuite du projet ITER.

Dans le camp des “pessimistes”, on trouve ceux qui doutent des possibilités de la fusion, mais aussi des scientifiques qui travaillent à des projets de fusion concurrents d'ITER.

La plus



avancée des solutions de rechange est le stellérateur (du latin *stella*, étoile). Grâce à une configuration magnétique beaucoup plus complexe que celle du tokamak (voir le dessin ci-contre), le stellérateur présente l'avantage de fonctionner naturellement en régime continu, contrairement au tokamak (en raison de son champ magnétique induit par un courant). Des expériences sont en cours au Japon et en Allemagne, où un stellérateur européen devrait démarrer en 2005. Mais les performances des stellérateurs sont loin d'atteindre celles des tokamaks, qui, bien davantage étudiés depuis trente ans, ont plusieurs longueurs d'avance.

Les critiques qui pleuvent sur ITER aux Etats-Unis sont, en partie, la conséquence des sévères restrictions qui frappent la fusion (son budget annuel moyen était de 360 millions de dollars jusqu'en 1995 ; il n'est plus que de 240 millions). Dans ce contexte, un projet de la taille d'ITER entraînerait inévitablement le sacrifice d'autres programmes de fusion. Plusieurs physiciens américains recommandent, plutôt que de concentrer les efforts sur un réacteur mondial jugé « prématuré et trop ambitieux », de poursuivre des recherches fondamentales et d'explorer d'autres voies.

Il faut avouer que la conjoncture économique ne joue pas en faveur d'ITER : les restrictions budgétaires, la primauté des investissements à court terme, le bas prix de l'énergie n'incitent pas à miser sur une recherche coûteuse et aléatoire, qui, au mieux, n'aboutirait pas avant cinquante ans. Actuellement, l'Europe consacre 3,2 milliards de francs par an aux recherches sur la fusion, le Japon, 2,8 milliards de francs, et les Etats-Unis, 1,4 milliard de francs.

Estimé à 50 milliards de francs, ITER serait l'expérience scientifique la plus chère de l'histoire. Mais les avocats de la fusion récusent cette appréciation : selon eux, il ne faut pas comparer ITER à une installation de recherche fondamentale (un accélérateur de particules, par exemple) ; il faut l'évaluer en fonction des investissements dans le domaine de l'énergie.

A cette aune, le tokamak mondial est une goutte d'eau dans la mer des budgets engagés dans la prospection pétrolière ou des dépenses de recherche et développement qui ont été nécessaires à l'équipement de la

France en centrales nucléaires. En fait, la fusion se situe à mi-chemin entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée : les bénéfices économiques et écologiques qu'on en retirerait sont énormes, mais la réussite n'est pas garantie...

1998, année charnière pour ITER. C'est en juillet prochain que prend fin l'accord de 1992, qui prévoyait une phase d'étude et d'ingénierie de six ans. En principe, les quatre partenaires d'ITER doivent se rencontrer pour décider de la suite du programme, en particulier la construction d'ITER. Les ministres de la Recherche européens ont déjà donné leur avis : ils préconisent de surseoir à la décision et de prolonger de trois ans l'accord précédent. Le 2 février dernier, les “explorateurs”, des personnalités scientifiques chargées de faire des propositions au Conseil d'ITER, ont exprimé exactement le même avis.

Ce délai de trois ans pourrait être mis à profit pour affiner des technologies essentielles (en particulier celles qui suscitent les critiques déjà mentionnées), pour préparer le statut administratif, juridique et économique de la coopération internationale et pour étudier en détail les sites possibles.

## RÉACTEUR CHERCHE SITE

Le pays hôte devant financer de 50 à 70 % du coût du futur tokamak, les candidats ne se bousculent pas. Les Etats-Unis ne veulent pas en entendre parler. L'Allemagne et la France, après avoir étudié des sites, ont fait savoir, en 1996, qu'elles n'accueilleraient pas ITER. Le Japon est donc l'hôte le plus probable, si ses difficultés économiques ne remettent pas sa candidature en question. L'Italie s'est également proposée.

Tout est encore possible, y compris la réduction de la taille et des objectifs d'ITER, et même l'arrêt pur et simple du projet. On saura bientôt si le monde parie sur la fusion. ■



EXCLUSIF

# Scandale dans la

■ Une redoutable affaire secoue le monde scientifique français. Le ministère de la Recherche et l'INSERM ont-ils couvert des travaux scientifiques manipulés? Initialement, la découverte devait déboucher sur le colossal marché du traitement de l'obésité...

*Science & Vie*  
a mené l'enquête.

PAR OLIVIER DE GANDT

**A**u début des années 90, la France avait du retard dans certains domaines de recherche, notamment celui des lipides. Les responsables scientifiques décidèrent alors de développer cette branche prometteuse. En effet, la compréhension des mécanismes biologiques qui président au métabolisme des graisses dans l'organisme peut engendrer de profitables brevets débouchant sur des traitements de l'obésité. Nombreux furent les jeunes et brillants chercheurs que l'on contacta aux Etats-Unis pour qu'ils viennent mettre leurs

## Nobélisable ou manipulateur?

Jeune "prodige" de la science, Bernard Bihain, soutenu par les autorités françaises, est considéré par certains scientifiques comme un futur prix Nobel de médecine. Mais il est accusé de fraude par plusieurs chercheurs...

F. TERNET/  
IMPACT  
MEDECIN





# recherche médicale française

compétences au service du Vieux Continent. Bernard Bihain était l'un d'eux.

Ce médecin belge de 34 ans, débarqué à Rennes en 1992 avec dans ses bagages ce qu'il présente comme une importante découverte scientifique, un récepteur mangeur de graisse, le Lipolysis Stimulated Receptor (LSR) (voir "L'insaisissable gène de l'obésité", p. 68). Séduit, Michel Cormier, doyen de la faculté de pharmacie de Rennes, lui confie la responsabilité du service de biochimie. Puis l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) le recrute en 1993 et lui offre une unité de recherche (U 391) pour qu'il perfectionne son LSR.

## UN BUDGET DE 60 MILLIONS DE FRANCS

Quelques mois après son arrivée, on commence à évoquer auprès du doyen le "comportement étrange" de Bernard Bihain. Il exercerait des pressions psychologiques sur ses collaborateurs, il les maltraiterait et se conduirait en despote. Pourtant, aucun écho ne filtre à l'extérieur de l'université. Solidarité de mandarins ? Incrédulité ? Il faudra plusieurs années pour que les premières enquêtes soient lancées.

Entre-temps, le 21 février 1997, Bernard Bihain triomphe. Ce jour-

là, l'INSERM, s'appuyant sur ses travaux, signe un partenariat avec Genset. Cette société de capital-risque, leader dans le domaine de la génomique, est dirigée par un jeune et audacieux polytechnicien, Pascal Brandys. C'est la première fois que l'INSERM conclut un accord aussi important avec cette firme cotée à Wall Street.

Genset et l'INSERM annoncent l'installation prochaine d'un laboratoire, avec le soutien des collectivités locales, la région Bretagne, le conseil général d'Ille-et-Vilaine et le district urbain de l'agglomération rennaise. Des dizaines d'emplois vont voir le jour, et le laboratoire, baptisé Institut de physiologie et de

pathologie moléculaire, sera construit avant la fin de 1997, sur 1 700 m<sup>2</sup>, à Ker-Lann, un campus universitaire privé qui a les faveurs de Pierre Méhaignerie, président du conseil général. Le budget s'élève à 60 millions de francs...

Peu après, l'INSERM est informé par Daniel Renou, son représentant à Rennes, des récriminations que suscite son chercheur. Quatre mois plus tard, son contrat ne sera pas renouvelé... Mise au courant de "problèmes de management", la commission scientifique

## French agency faces fresh controversy

[PARIS] An inquiry by France's ministry of national education, research and technology into the activities of a laboratory of INSERM, the national biomedical research agency (see *Nature* 391, 519; 1998), is likely to take a new turn following a request from two scientists that their names be removed from a key paper based on work at the laboratory that is being considered for publication.

to Jacqueline Godet, director of life sciences at the ministry and a participant in the inquiry, the authors say that they are unable to accept being co-authors of "incorrect" results. "Now that these falsified data may appear in an international publication, casting doubts on our scientific integrity, we have taken the liberty of asking you what we should do," they write, enclosing a series of annexes detailing the conduct of research within the laboratory.

Nick Cozzarelli, the chief editor of PNAS, the paper is at the first stage of its review



## L'affaire révélée

En février, la presse scientifique lance l'"affaire Bihain". La prestigieuse revue *Nature* révèle que des chercheurs français accusent Bihain d'avoir falsifié leurs résultats.



■ ■ ■ spécialisée s'apprête à ne pas reconduire l'unité 391. Mais Claude Griscelli, directeur général de l'INSERM, vient plaider lui-même la poursuite du partenariat industriel. Il emporte l'adhésion : par treize voix contre douze (vote inhabituel), la commission propose au conseil scientifique de l'INSERM de reconduire l'unité pour quatre ans.

Quelques mois plus tard, le 8 juillet 1997, coup de théâtre : deux chercheurs viennent trouver Jacques Lenfant, président de l'université Rennes I, pour lui demander de les protéger de Bernard Bihain, qui les oblige à « manipuler leurs données scientifiques ». La parole se libère enfin, d'autres récits édifiants vont suivre.

Jacques Lenfant raconte : « J'ai

## « J'ai compris qu'il allait être difficile de faire éclater la vérité »

eu un jour devant moi un collègue qui me lisait ce qu'il appelait la "liste Bihain", les noms des trente-huit personnes humiliées, exclues du laboratoire ou parties de leur propre chef. J'ai alors pris conscience de l'extrême gravité de la situation. Depuis un an, je savais que mon vice-président, le doyen Michel Cormier, avait reçu des plaintes. Comme je ne pouvais imaginer qu'il couvrirait l'affaire, j'ai d'abord pensé que ces chercheurs venaient régler des comptes avec un patron autoritaire. Un an plus tard, je me suis rendu compte de la catastrophe. J'ai eu rapidement les preuves des fraudes, et j'ai compris qu'il allait être difficile de faire éclater la vérité. »

Jacques Lenfant réunit une cellule de crise, qui recueillera plus de vingt témoignages écrits. Bernard Bihain contre-attaque et porte

plainte contre X pour dénonciation calomnieuse. Mais il laissera s'éteindre l'action judiciaire qu'il devait confirmer. Pour Bihain, l'affaire est grave, d'autant que, le 6 août, l'INSERM et Genset ont déposé un brevet qui porte sur le LSR, sans aucune concertation avec l'université, en dépit de la convention qui lie les deux établissements publics.

### AU MINISTÈRE, ON EST PLUTÔT GÊNÉ

A la demande conjointe de Bihain et de l'université, le ministère de la Recherche met en place, le 15 septembre dernier, une commission d'audit sur le fonctionnement scientifique de l'unité 391. Cette commission, présidée par Pierre Corvol, professeur au Collège de France, comprend le lipidologue John Chapman, Jacqueline Godet, directeur adjoint au CNRS, et Marc Peschanski, directeur de l'unité 421 de l'INSERM (Créteil). Ce dernier a été proposé par Claude Griscelli.

Le mandat de la commission Corvol est clair. Elle doit rendre dans les trois semaines à Bernard Bigot, directeur général de la recherche et de la technologie au ministère, « un bref rapport sur les

constatations [qu'elle aura pu] recueillir auprès des membres du laboratoire, et au premier rang d'entre eux de son directeur, [ainsi que] de toute autre personne qu'il [lui paraîtra] utile d'entendre ».

A l'audition des premiers témoins, le 18 septembre, l'un d'eux évoque des liens entre des membres de la commission et Bernard Bihain. Une lettre mettra même nommément en cause Marc Peschanski, accusé de rompre le huis clos des travaux de la commission. Pierre Corvol reçoit plus de vingt témoignages écrits qui dénon-

SIPA - GAMMA - REA



## La recherche et l'argent

**L'INSERM (ici, en haut, son directeur général, Claude Griscelli) et la société de génie génétique Genset (en bas, son PDG, Pascal Brandys) ont signé un contrat en vue de l'exploitation des découvertes de Bernard Bihain. Les actions de Genset (à droite, l'un de ses laboratoires) sont montées en flèche. La recherche du prestige a-t-elle poussé l'organisme public à prendre des libertés avec la rigueur scientifique ?**



cent les manipulations scientifiques du laboratoire et accusent Bihain de mauvais traitements.

Nouvelle surprise : Bernard Bigot écrit un mois plus tard à Jacques Lenfant : « La commission considère qu'elle n'avait pas mandat pour demander des réponses au directeur de l'unité [NDLR : la commission a pourtant entendu Bernard Bihain] et estime nécessaire qu'une analyse plus approfondie soit entreprise, pour laquelle elle ne s'estime pas compétente. » Bernard Bigot donne ainsi une

nouvelle interprétation au mandat de la commission Corvol. Il interrompt de fait son travail. Est-ce la gravité des charges recueillies qui guide ce revirement ? Ou d'autres raisons ? Toujours est-il que Bigot prend les choses en main et téléphone à tous ceux qu'il soupçonne d'avoir témoigné contre Bihain. Il écrit dans son rapport du 15 décembre : « Aucun élément formel ne

vient réfuter la recherche entreprise [...] par l'unité 391 et son directeur, le Dr Bernard Bihain. » L'"affaire Bihain" n'existe plus...

Pourtant, au cabinet du ministre de la Recherche, Claude Allègre, on est gêné. Le 17 décembre, Jean Rey, conseiller chargé du dossier, nous déclare que la commission Corvol « n'avait pas mandat d'interroger Bernard Bihain ». Cette contre-vérité, que rien ne laissait prévoir, sera souvent employée

pour justifier l'enquête de Bernard Bigot.

Jean Rey, dans  
suite page 70 ■ ■ ■





# L'INSAISSISSABLE GÈNE DE L'OBÉSITÉ

■ Bernard Bihain prétend avoir découvert le rôle d'un nouveau récepteur cellulaire des graisses et de son gène. Or, d'après deux de ses plus proches collaborateurs, il aurait manipulé les résultats expérimentaux.

Dès 1992, Bernard Bihain affirme avoir découvert un nouveau récepteur cellulaire, le LSR (Lipolysis Stimulated Receptor), impliqué dans le métabolisme des graisses. On connaissait déjà un récepteur lipidique dûment identifié depuis les années 70, mais le LSR doit ouvrir de nouvelles perspectives thérapeutiques. Selon Bihain, « deux pathologies, au moins, sont directement concernées par les ré-

qu'elles y soient dégradées. Cependant, on sait de source bien informée que plusieurs collaborateurs du laboratoire de Bernard Bihain ont vainement tenté de reproduire l'expérience qui prouverait cet effet.

Le 26 octobre 1995, dans une communication à la

lement élevé de certaines graisses dans le sang. Cette fois, c'est une équipe de l'Institut de Montréal, animée par Jean Davignon, spécialiste du métabolisme des graisses, qui infirme ses conclusions (*Atherosclerosis*, n° 132, 1997). Cependant, seul contre tous, Bernard Bihain persiste.

Malheureusement, sa quête du LSR est entachée d'affirmations contradictoires. En 1995, Bernard Bihain écrit dans la

Rennes, le 28 janvier 1998

Objet: article soumis à PNAS par Monsieur B. BIHAIN

Madame,

Nous ne pouvons accepter d'être co-auteurs de résultats incorrects. Nous n'avons d'ailleurs en aucune façon participé à la rédaction de ce manuscrit, ce qui est une habitude à l'U391.

## Le reniement

**Dans une lettre adressée au ministère de la Recherche, des chercheurs du laboratoire de Bernard Bihain dénoncent des falsifications. Le 3 mars, ils n'avaient toujours pas reçu de réponse.**

sultats de cette recherche : l'athérosclérose et l'obésité » (fiche scientifique de presse, INSERM, 1996). Annonce prématurée, car, aujourd'hui encore, l'identification du fameux LSR reste problématique.

Dans un article de la revue *Biochemistry* (n° 19, 1992), Bernard Bihain soutient que le LSR a une affinité pour un type de cholestérol nommé VLDL. Il aiderait certaines graisses à pénétrer dans les cellules hépatiques afin

Société de biologie de Montpellier, le chercheur affirme en substance que la fixation du VLDL au LSR est déficiente dans des tissus prélevés chez des patients atteints d'hyperlipidémie III, c'est-à-dire ayant un taux anorma-

Campus  
Rennes que le ré-  
cepteur LSR est isolé, purifié, et que son gène a pu être cloné, c'est-à-dire qu'on dispose de sa séquence ADN. Or, deux ans plus tard, ce n'est toujours pas vrai, comme le montre une thèse soutenue par un chercheur de son laboratoire. Thèse où l'auteur se donne précisément comme perspective de recherche la purification de la protéine...

Quand on prête attention aux publications de Bernard Bihain sur le LSR, on constate en effet que le récepteur est loin d'être identifié. Dans un article de *Biochemistry* (n° 33, 1994), le LSR présente deux éléments dont les poids moléculaires respectifs sont de 115 et 85 kilodaltons (kDa) (1). Dans le rapport quadriennal de l'unité 391 (1997), il ap-

1) Les valeurs ayant servi à construire cette figure ont été sélectionnées pour leur adéquation à l'hypothèse, mais ne sont pas représentatives des résultats obtenus dans leur intégralité.



2) Il s'agit d'une expérience qui n'a pas « marché » (pour différentes raisons que j'expose plus loin), et dont les éléments, obtenus dans les conditions de réalisation de l'essai, ne permettent pas de conclure - que le LSR réagit avec les chylomicrons, - ni que la leptine augmente la captation des chylomicrons, - ni qu'il existe une réaction d'inhibition par des anticorps spécifiques résultant d'une immunisation, - pas plus qu'avec la lactoferrine classiquement utilisée pour son pouvoir inhibiteur in vivo et in vitro des réactions lipoprotéines-récepteur.

paraît composé de cinq éléments ayant respectivement un poids moléculaire de 72, 64, 48, 46 et 32 kDa. Dans un texte soumis à la revue *Nature*, mais refusé par le comité de lecture, le LSR serait formé de deux molécules de 68 et 56 kDa. Bref, c'est la confusion la plus totale.

Comment de telles incohérences sont-elles possibles? Dans les diverses expériences destinées à isoler le LSR, Bernard Bihain utilise des anticorps dits polyclonaux qui devraient avoir la particularité de se fixer sur une molécule spécifique. Or, les préparations biologiques dont il se sert ne permettraient pas de reconnaître une molécule précise. C'est du moins ce que pensent des scientifiques qui suivent de près ses travaux.

Plus inquiétant : deux gènes

tion incorporant de cinq à dix fois plus de graisse que les cellules qui n'ont reçu qu'un gène neutre.

Bernard Bihain aurait-il enfin découvert le gène du LSR, inaccessible gène de l'obésité? Hélas, non. On apprend que la méthode de calcul du résultat n'est pas adaptée. Une autre méthode, plus fine, n'aurait montré aucune différence.

Mais il y a pire encore... Ces derniers mois, dans l'espoir de démontrer le rôle du LSR dans le métabolisme des triglycérides, Bernard Bihain mène des expériences sur des souris transgéniques obèses. Les résultats sont

et ci-dessus) :

ils sont cités comme co-auteurs du texte, alors que, affirmement-ils, ils n'ont pas participé à sa rédaction.

En outre, les chercheurs soutiennent que les données recueillies au cours de l'expérience ont été soigneusement sélectionnées pour aller dans le sens de l'hypothèse de Bernard Bihain, alors qu'elles interdisent une telle conclusion. Inquiets pour leur répu-

3) D'une façon tout à fait aherrante, certaines des valeurs obtenues ont été exprimées dans une unité qui a été falsifiée, induisant une conclusion inverse de celle obtenue au vu des chiffres réels, mais qui devient ainsi conforme à l'hypothèse.

présentés comme étant ceux du LSR sont des gènes déjà connus, publiés dans les banques de données accessibles à tous les chercheurs, et qui n'ont strictement rien à voir avec le métabolisme des graisses. Pourtant, lors d'une expérience sur l'absorption des graisses, l'un de ces gènes paraît être le bon. L'expérience relatée dans le rapport quadriennal de 1997 consiste à faire exprimer ce gène par des cellules en culture qu'on met ensuite en présence de matières grasses. Résultat : les cellules qui ont reçu le gène en ques-

présentés dans un article soumis à la prestigieuse revue américaine *PNAS* (*Proceedings of the National Academy of Science*). Ils sont clairement en faveur d'une implication du LSR dans l'obésité et de son interaction avec la leptine, une protéine du métabolisme des graisses récemment découverte.

Cet article est d'autant plus important pour Bernard Bihain que le gène supposé du LSR est l'objet d'un brevet industriel (voir article). Mais, coup de théâtre, deux chercheurs du laboratoire découvrent l'article avant sa publication et manifestent leur indignation (voir document ci-contre

tation, les chercheurs demandent aussitôt à l'Académie des sciences américaine de retirer leur nom de l'article, attitude rarissime dans la communauté scientifique.

Un grave soupçon de fraude pèse donc sur Bernard Bihain. Ses collaborateurs disent-ils vrai? Ou bien est-il victime d'une cabale? Saisi de cette accusation, le ministère n'a, à l'heure où nous mettons sous presse, toujours pas répondu à l'appel des deux chercheurs. Est-il décidé à faire toute la lumière? Il faudrait que l'enquête soit menée avec toute l'objectivité requise...

(1) Le dalton est une unité de mesure du poids moléculaire.



■ ■ ■ suite de la page 67

une note au ministre, écrira pourtant que des témoignages laissent entendre que Bihain a pu « privilégier et sélectionner des résultats aux fins de conforter une hypothèse *a priori* ». Cette phrase, en totale contradiction avec les termes du rapport de Bernard Bigot, est une très grave accusation. Jean Rey, qui détient le rapport Corvol, fera part dans un courrier privé de son « profond malaise dans cette affaire ». Le rapport Corvol pourrait-il être différent du rapport Bigot ? En tout cas, malgré les promesses de transparence de Claude Allègre, le ministre refuse de le rendre public, sous prétexte qu'il s'agit d'un document interne.

Claude Allègre change les directeurs de son administration, et Bernard Bigot quitte son poste fin décembre. Le 21 janvier, son successeur décide de rouvrir le dossier. Révélée par la revue scientifique britannique *Nature*, cette nouvelle fait l'effet d'une bombe. Il faudra même que le ministre la confirme dans une conférence de presse pour que Pascal Brandys, le patron

acte de l'identification de ce gène [le gène codant pour le LSR]. » En revanche, « il ne serait pas admissible qu'un laboratoire soutenu par un organisme de recherche poursuive son activité si les résultats de recherche étaient avec certitude entachés d'un défaut de sincérité ».

« Défaut de sincérité », bel euphémisme... Fin février, les scienti-

mais l'INSERM jusqu'aux échelons les plus élevés. Un journaliste américain confie, goguenard : « Si l'affaire Bihain éclatait chez nous, le ministre et tous les responsables devraient immédiatement démissionner, et on mettrait en place une commission d'enquête réellement indépendante. »

A l'heure où *Science & Vie* est imprimé, c'est Jacqueline Godet, devenue directrice de la biologie au ministère de la Recherche, qui gère l'affaire. Celle qui a eu à connaître du dossier depuis juillet dernier, qui fut ensuite membre de la commission Corvol et que Bernard Bihain se vante d'avoir « dans sa poche », doit maintenant réunir des experts internationaux. Pourtant, le sentiment de Jacqueline Godet est clair. Le 27 février, après la parution de *Nature*, elle nous dé-



## Le ministre fera-t-il enfin la lumière ?

**Claude Allègre, ministre de la Recherche, a annoncé qu'il rouvrirait le dossier Bihain. C'est en effet urgent. Il y va de la crédibilité internationale de la recherche française.**

fiques du monde entier apprennent avec stupeur que des membres du laboratoire de Bernard Bihain, co-signataires avec lui d'un article adressé à la revue de l'Académie des sciences des Etats-Unis, demandent que leurs noms en soient retirés : ils accusent Bihain d'avoir « mal interprété » leurs données.

Le « défaut de sincérité » semble également patent à l'INSERM, dont le conseil scientifique réuni le 16 février contredit la direction générale dans un texte où il précise que « son appréciation ne valait pas reconnaissance de l'identification d'un gène [celui codant pour le LSR] ». Le conseil scientifique désavoue également la direction quand il déplore le renouvellement pour quatre ans de l'unité 391, alors qu'il recommandait une durée de deux ans. La crise secoue désor-

clarait : « Il s'agit d'un coup des Anglo-Saxons contre la science française. » Commencée à Rennes, présentée comme le complot ourdi par un président d'université jaloux de la réussite d'un chercheur, puis comme une cabale de médiocres scientifiques, l'"affaire Bihain" serait désormais un coup de l'Oncle Sam et de la perfide Albion !

On peut s'étonner que Pierre Corvol n'ait pas utilisé son autorité scientifique pour apporter un dénouement rapide à cette sombre affaire. On peut s'étonner que le ministère multiplie les enquêtes sans parvenir à trancher. On peut s'étonner que l'INSERM soutienne sans réserve Bernard Bihain, alors que, dans le passé, d'autres scientifiques n'ont pas bénéficié de cette mansuétude. Les organismes de tutelle veulent-ils vraiment la vérité ? ■

## Un « coup des Anglo-Saxons contre la science française » ?

de Genset, se résigne à comprendre que l'"affaire Bihain" commence réellement.

La presse s'en empare, et l'INSERM est obligé de réagir par un communiqué. Le 11 février, l'Institut loue la qualité des travaux de son chercheur. Mieux : « Le conseil scientifique de l'INSERM a pris





# L'instinct du confort



**Le Système Plus :**  
L'inimitable  
exclusivité  
Stressless®

Les vrais amateurs de confort ne s'y trompent pas : seul STRESSLESS® procure une détente parfaite. Grâce au Système Plus®, exclusivité STRESSLESS®, une légère pression de la nuque ou du dos permet de trouver l'inclinaison idéale. Vous pivotez à 360°, l'angle de la tête varie selon l'inclinaison, le cale-reins épouse toutes les positions, sans réglage, ni manipulation. 25 coloris de cuirs et tissus, bois nobles, mécanisme garanti 10 ans. STRESSLESS® propose aussi une gamme complète de canapés qui bénéficient des mêmes caractéristiques que les fauteuils. Désormais, le confort absolu se partage ! Pour connaître l'adresse du revendeur agréé le plus proche de votre domicile, appelez au **0801 84 85 80** (N° Azur, prix d'une communication locale), ou écrivez à STRESSLESS® EKORNES® - B.P. 1142 - 64011 PAU CEDEX.



Les canapés Stressless®.

**Stressless®**  
EKORNES

Le confort absolu !



NUTRITION

# Le plaisir est la





■ Attention, pas de graisses, pas de sucre, pas de viande, pas d'alcool : les prescriptions sont draconiennes... L'ennui, c'est qu'elles varient considérablement d'un pays à l'autre et ne sont guère fondées scientifiquement. A condition d'éviter les excès, un petit plaisir vaut mieux qu'une grande frustration.

PAR PHILIPPE CHAMBON

**L**es autorités médicales ne cessent de nous le seriner : pour rester en bonne santé, nous devons surveiller notre mode de vie et notre alimentation. Mais qui croire ? Les médecins suédois, qui recommandent de limiter la consommation d'alcool à 5,4 grammes par jour, ou l'Académie de médecine française, qui préconise 60 grammes ? Peut-être est-il préférable de s'en tenir aux 27,2 grammes conseillés par les Canadiens ? Comment s'y retrouver ?

On peut aussi se poser la question à propos des œufs : de quatorze par semaine pour les Américains, la dose idéale descend à un pour les Britanniques. De même pour le sel, dont la consommation ne doit pas dépasser 2 grammes par jour en Suède mais peut atteindre 10 grammes en Allemagne. Heureusement, en France, pays réputé pour son laxisme, on peut manger autant d'œufs et de sel qu'on le désire sans s'attirer les foudres de l'Institut. Pour l'instant...

Car nous n'échapperons pas à la vague mondiale de normalisation, malgré la disparité des prescriptions nationales. C'est seulement à propos des matières grasses que la plupart des pays, dont la France, se sont alignés sur le taux suggéré par les Etats-Unis : 30 % au maximum du total des calories absorbées.

Arise (1) – prononcez “euraise” –, une association internationale de psychologues, de nutritionnistes et d'épidémiologistes, dénonce ces contradictions flagrantes. Fondée par le psychopharmacologue David Warburton, de l'université de Reading (Angleterre), forte de quatre-vingts membres, Arise s'est donné pour objectif de développer les recherches sur les effets positifs du plaisir. Elle tente de faire contre-poids aux travaux pléthoriques sur les méfaits des plaisirs de la vie. Aujourd'hui, Arise se bat sur le front des recommandations nutritionnelles, dont l'incohérence est patente. On est donc en droit de s'interroger sur leurs fondements scientifiques. Les commentaires d'Arise sont sans appel...

## S'ABSTENIR AVEC MODÉRATION

Les grands organismes de santé américains et britanniques estiment qu'une réduction de la consommation d'alcool ne peut être que bénéfique. Certains vont jusqu'à soutenir que, même à raison de quelques verres par semaine, l'alcool augmente le risque de cancer du sein. Cette idée est pourtant contredite ■ ■ ■

(1) Associates for Research Into the Science of Enjoyment (associés pour la recherche dans la science du plaisir). En anglais, *arise* signifie “se lever”.

D. DAYTON-STONE IMAGES



■ ■ ■ par une étude montrant, au contraire, qu'une consommation modérée d'alcool réduit ce risque.

En réalité, les études épidémiologiques et cliniques sont de plus en plus nombreuses à observer les effets positifs des doses modérées d'alcool. Notamment dans le do-

## A faibles doses, l'alcool et le tabac renforceraient l'immunité

maine des maladies coronariennes. Récemment, des chercheurs du Royal Group Hospital de Belfast (Irlande du Nord) ont découvert que de faibles quantités d'alcool et de fumée de tabac accroissent la concentration d'anticorps dans le sang, ce qui pourrait être le signe d'un renforcement du système immunitaire. N'y voyons pas une incitation à se saouler tous les soirs et à fumer comme un pompier : il n'est question ici que de faibles doses. Pour qui est incapable de modération, l'abstinence totale est sans doute préférable.

La recommandation de réduire la consommation de sel semble, elle

aussi, bien mal étayée. Si un régime hyposodé peut profiter à des patients âgés victimes d'hypertension artérielle, il ne se justifie pas pour l'ensemble de la population. Dans son dernier rapport, le Centre national d'études et de recommandations sur la nutrition et l'alimentation rappelle que, chez les individus normaux, il n'y a pas de lien connu entre la consommation de sodium et la tension artérielle. Il se pourrait même qu'elle ne joue qu'un rôle minime chez les hypertendus. De plus,

sous les climats chauds, le manque de sel peut être nuisible : il entraîne des maux de tête, des nausées, des vomissements.

Dans notre assiette, le mal absolu est incarné par le cholestérol. Les plus modérés l'exorcisent en mangeant allégé ; les plus radicaux bannissent les œufs et les graisses cuites, tandis que les intégristes n'acceptent, avec méfiance, que certaines graisses végétales crues. Mais, pour une fois, toutes

## LE SEXE, ÇA CONSERVE

■ Faire l'amour, c'est bon... pour la santé. C'est la conclusion d'une étude du département de médecine de l'université de Bristol (Grande-Bretagne). Le risque de mortalité des hommes sexuellement actifs est deux fois moindre que celui des abstinents. L'effet dépend de la dose : le risque de mortalité diminue proportionnellement à la fréquence des rapports sexuels.

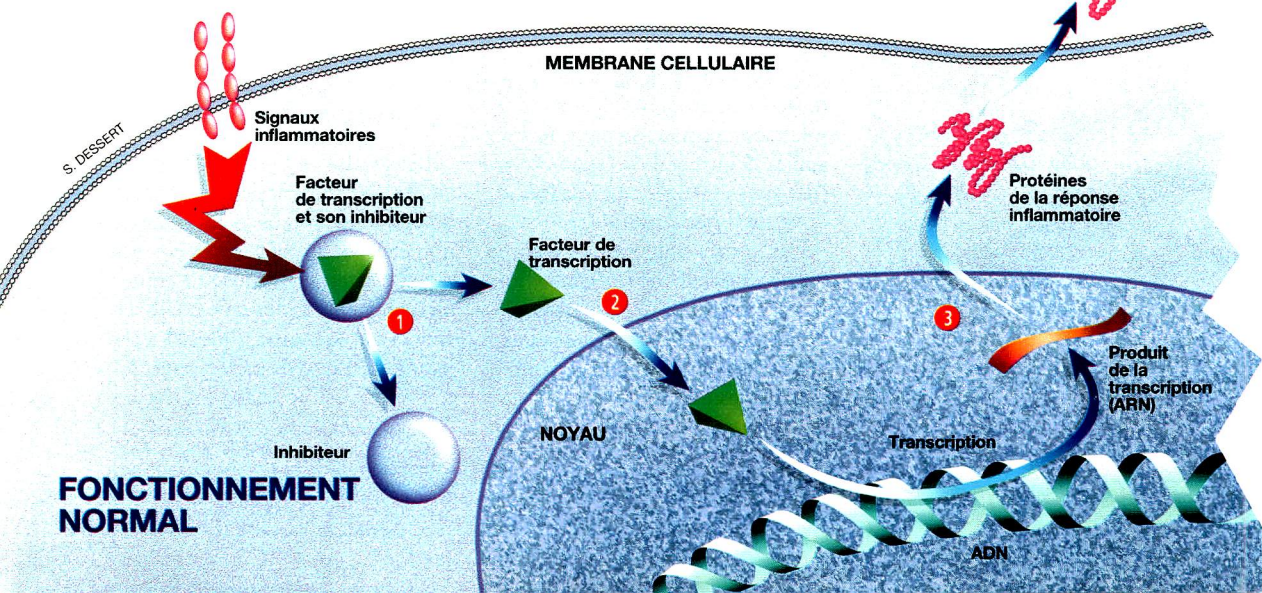
Cette étude ne dit rien des femmes, mais des recherches déjà anciennes ont mis en

lumière la plus grande longévité des femmes qui ont des rapports sexuels fréquents et satisfaisants. La relation de cause à effet reste cependant

à démontrer. Une enquête portant sur des nonnes révèle en effet un taux de mortalité plus faible. Seraient-ce les vertus de l'extase mystique ?



L. MONNERET/FOTOGRAF-STONE





les Académies de médecine du monde occidental s'accordent sur le maximum admissible : 0,3 g de cholestérol par jour, pas un milligramme de plus, sinon nous filons tout droit en enfer, artères bouchées et culpabilité au ventre. Sur quelle vérité scientifique repose cette norme ? On la cherche encore. Jusqu'à présent, les conclusions des études les plus poussées n'établissent pas de corrélation entre la consommation totale de graisses et les maladies coronariennes (voir *Science & Vie* n° 932, p. 68).

Le dernier rapport d'Arise rappelle qu'en Amérique du Nord et en Australie, depuis les années 70, la consommation de graisses a régulièrement augmenté, tandis que le nombre des décès par maladies

cardiaques a nettement régressé. Il n'empêche qu'un taux sanguin élevé de cholestérol est souvent associé à la maladie coronarienne. Cependant, pour l'abaisser d'à peine 10 %, il faut suivre un régime draconien. Cette réduction entraîne une diminution de 27 % des maladies coronariennes. A l'échelle d'une population, elle n'est pas négligeable, mais, rapportée à l'individu, elle se traduit par un gain d'espérance de vie de... 2,5 à 5 mois. Ces quelques mois d'hypothétique survie valent-ils qu'on sacrifie à jamais la convivialité des repas gastronomiques et qu'on se détourne du plaisir le plus élémentaire ?

Pour la quasi-totalité de la population, la réponse est non. Seuls une minorité d'infortunés, doublement

menacés par l'hypercholestérolémie et par une prédisposition héréditaire aux maladies cardio-vasculaires, doivent s'astreindre à un régime radicalement maigre. Encore que, dans certains cas, les médicaments semblent plus efficaces...

## INDISPENSABLES GRAISSES

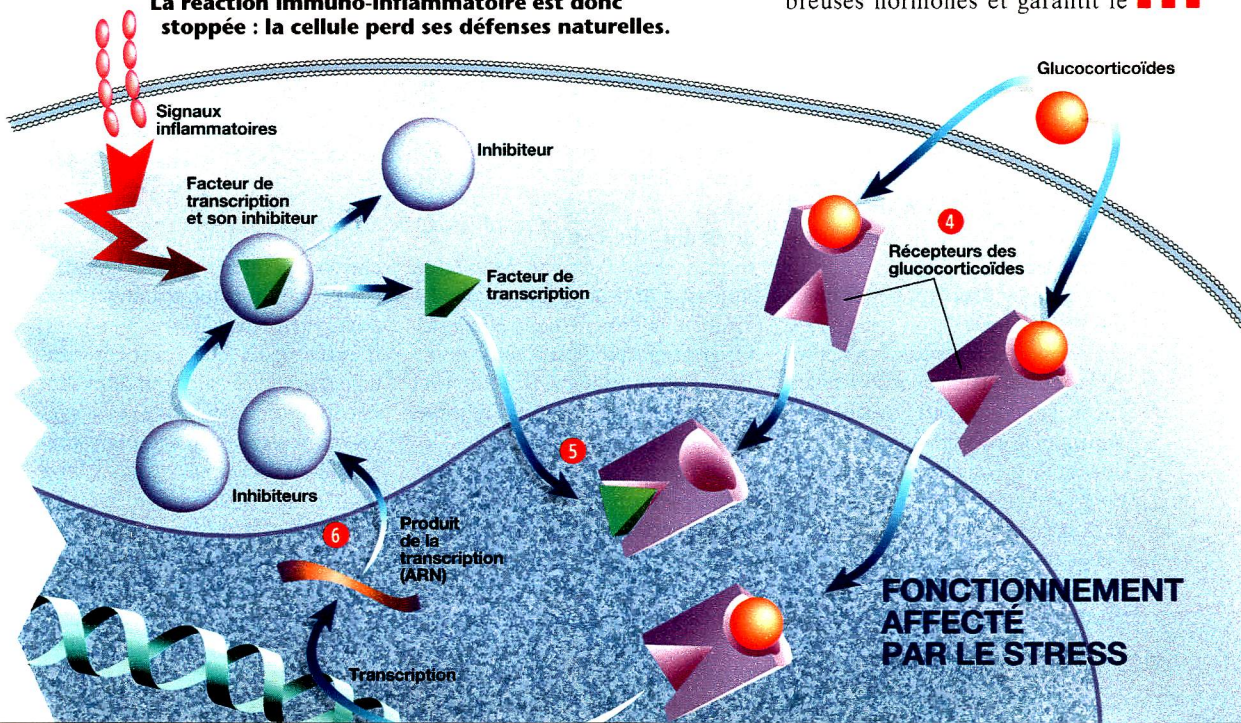
De nombreux chercheurs se demandent si le cholestérol mérite toujours l'infamie d'être désigné comme le seul responsable de la formation de l'athérome. Des facteurs héréditaires et infectieux interviennent aussi dans ce processus complexe et encore mal connu (voir *Science & Vie* n° 955, p. 52).

Même si toute la population ne tire pas de bénéfices des campagnes anti-cholestérol, les Académies de médecine estiment qu'elles ne peuvent faire de mal. Erreur, surtout quand on applique ces conseils aux enfants. Les graisses alimentaires sont indispensables à la croissance. Elles apportent des vitamines et favorisent leur assimilation par l'organisme. Elles protègent les organes. Le cholestérol, lui, est présent dans toutes les cellules, participe à la construction de nombreuses hormones et garantit le

## La frustration sape nos défenses

**En temps normal (à gauche), quand une cellule immunitaire reçoit des signaux inflammatoires, un système de défense se met en branle : un "facteur de transcription" (NF-kB) se détache ① de son inhibiteur. Il se dirige ② vers le noyau où il déclenche ③ la synthèse de protéines qui luttent contre le facteur de l'inflammation. Mais, en cas de stress psychique (ci-dessous), des hormones abondamment sécrétées, les glucocorticoïdes, pénètrent dans la cellule et se fixent ④ sur des récepteurs. Ceux-ci bloquent ⑤ alors l'action de NF-kB, tout en provoquant ⑥ la synthèse accélérée de ses inhibiteurs.**

**La réaction immuno-inflammatoire est donc stoppée : la cellule perd ses défenses naturelles.**





■ ■ ■ bon fonctionnement des cellules nerveuses. Bref, on ne peut s'en passer; si l'on vient à en manquer, on risque, notamment, de souffrir de dépression.

L'affaire est donc bien plus complexe qu'on voudrait nous le faire croire. Pourtant, les campagnes de recommandations alimentaires ont focalisé notre attention sur des facteurs uniques, simplification abusive qui nous maintient dans l'ignorance et interdit tout choix éclairé. Pourquoi une telle attitude du corps médical et de ses plus hautes instances? Nous prend-on pour des imbéciles ou cherche-t-on à nous manipuler? Dans quelle sombre intention? Est-ce le résultat des pressions de l'industrie de l'alimentation allégée? Cela paraît disproportionné.

On voit mal quel intérêt économique serait assez important pour mobiliser à ce point l'ensemble du corps médical. Certes, en termes de santé publique et d'économie de la

## On veut nous faire croire que ce qu'on trouve bon est mauvais

santé, il est plus rentable de prévenir que de soigner. « Mais fonder des conseils médicaux sur des hypothèses non vérifiées défie la raison », affirme David Warburton. Il reste donc à découvrir des motivations moins scientifiques.

Première observation : les interdits pèsent d'une façon presque exclusive sur les mets les plus appréciés : beurre, viande, graisses cuites, sucre, chocolat, café, alcool, etc. Pourquoi donc veut-on nous priver de tout ce qu'on aime? A quoi bon nous faire croire que ce qu'on trouve bon est mauvais?

Les travaux du sociologue Claude Fischler (Ecole des hautes études en sciences sociales) mon-

trent que l'idéal diététique défendu par la médecine américaine relève d'un moralisme nutritionnel quasi religieux, antérieur à l'essor de l'épidémiologie. Selon lui, le fameux régime méditerranéen prôné par les Américains depuis les travaux d'Ansel Keys, en 1952, est une "invention" du puritanisme anglo-saxon destinée à défendre ses principes d'ascèse, de frugalité, de simplicité. « Paradoxalement, soutient Claude Fischler, le succès croissant de cette

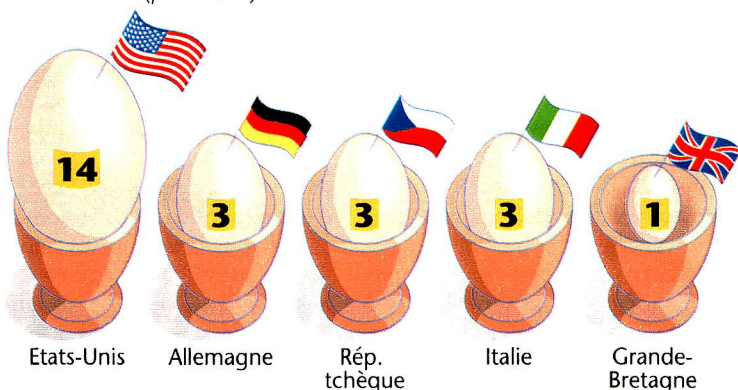
morale dans l'Ancien Monde se nourrit d'anti-américanisme. » La vindicte hédoniste contre le hamburger reprend ainsi à son compte les thèses puritaines. Bref, de tout côté, nos palais sont pris en otage, nos petits plaisirs, diabolisés.

Le risque, c'est qu'à trop vouloir notre bien on ne finisse par nous rendre vraiment malades. On a déjà évoqué les risques inhérents au manque de cholestérol ou de sel, mais il y a plus grave : la multipli-

cation des interdits est à l'origine d'un conflit psychique entre, d'une part, la recherche du plaisir et, d'autre part, le respect des consignes médicales qui imposent l'abstinence. L'individu se retrouve soit frustré, soit, ce qui ne vaut pas mieux, coupable de se faire plaisir. Le voilà victime du stress psychique. Or, le stress affaiblit les défenses immunitaires et ouvre la voie à de nombreuses maladies, auto-immunes ou infectieuses.

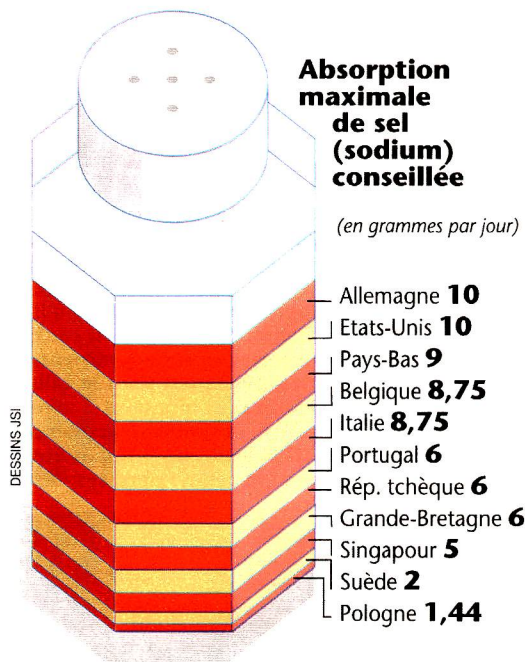
### Consommation maximale d'œufs conseillée

(par semaine)



### Absorption maximale de sel (sodium) conseillée

(en grammes par jour)

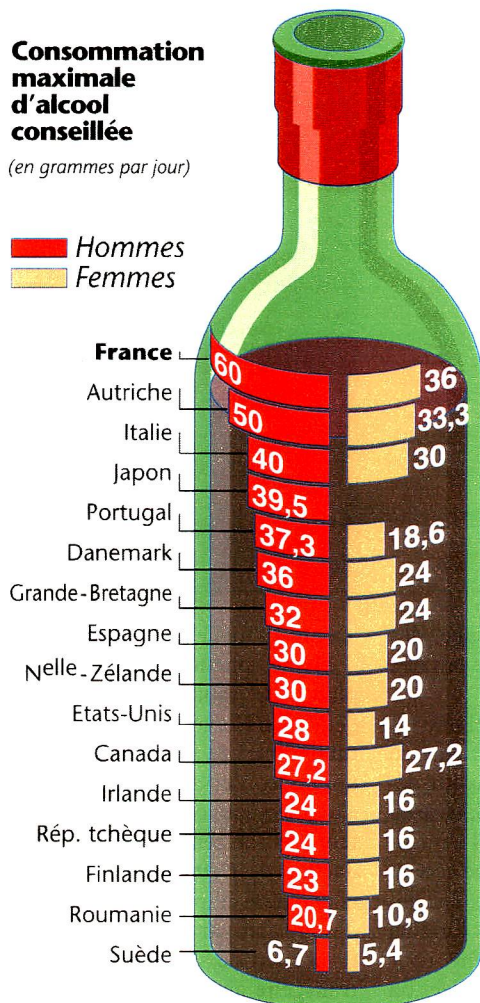




## Consommation maximale d'alcool conseillée

(en grammes par jour)

Hommes  
Femmes



## Contradictions officielles

**Les recommandations officielles en matière de nutrition sont pour le moins contradictoires d'un pays à l'autre! Une incohérence qui traduirait des motivations moins scientifiques qu'il n'y paraît...**

On commence à bien connaître le processus par lequel les glucocorticoïdes, hormones du stress, sapent les défenses de l'organisme. Sur ordre de l'hypothalamus, situé au centre du cerveau, elles sont sécrétées par les glandes surrénales, situées au-dessus du rein. Elles inondent alors l'organisme et parviennent, notamment, dans les cellules immunitaires. Là, elles inhibent la synthèse des éléments nécessaires à la réponse immunitaire et inflam-

c'est bien, se faire plaisir, c'est encore mieux. Les immunologistes savent depuis longtemps que la relaxation augmente l'activité des lymphocytes tueurs, cellules essentielles des défenses immunitaires. Le rire aussi est connu pour réduire le taux de glucocorticoïdes. Le tabac, l'alcool, le café, le thé, les sucreries – en particulier le chocolat – permettent de lutter contre le stress, de se détendre. Ces produits, tout comme les riches repas traditionnels

matoire (voir le dessin de la double page précédente). Cela pourrait expliquer pourquoi les personnes stressées par des conflits familiaux ou professionnels attrapent plus fréquemment des rhumes.

Ce maudit stress est également coupable de freiner la spermatogenèse, car un excès de glucocorticoïdes perturbe la sécrétion de testostérone. On le rend aussi responsable d'un excès de 20 % des maladies cardiaques chez les personnes qui y sont très sensibles.

En résumé : pour conserver la santé, gardons-nous du stress et de la frustration. Il se pourrait d'ailleurs que la réduction du stress ait des vertus thérapeutiques : le taux de survie de certains cancéreux est plus élevé quand ils reçoivent un soutien psychologique et social destiné à limiter leur niveau de stress.

Eviter le stress,

qu'ils accompagnent souvent, sont l'objet de partages conviviaux ou rituels. Autant de pratiques collectives qui favorisent l'intégration dans le groupe social, donc l'équilibre psychique.

Au-delà de leurs effets apaisants et de leur rôle social positif, ces substances ont une action physiologique bénéfique. David Warburton rappelle que le café, par exemple, renforce l'attention, tout comme la nicotine, dont il semble, en outre, qu'elle protège de la maladie d'Alzheimer. Le chocolat a des vertus calmantes et stimule la concentration. L'alcool et le thé réduisent le risque de maladie cardio-vasculaire.

## VARIER LES PLAISIRS POUR VIVRE VIEUX

Bref, nos petits plaisirs n'ont pas que des mauvais côtés. Mais gare aux abus ! Tous ces bienfaits ne se manifestent qu'à doses modérées. Pas question de nier la nocivité des excès répétés d'alcool, de tabac, de graisses ou de sucre. Apparemment, il n'y a que deux perspectives : vivre longtemps avec modération ou brièvement avec intensité. Même quand ils sont correctement informés des risques qu'ils courent, nombre d'entre nous préfèrent sacrifier une hypothétique longévité aux plaisirs du moment.

Cette attitude imprudente, mais si profondément humaine, survivra-t-elle au puritanisme nutritionnel triomphant ? A moins qu'une troisième voie ne finisse par s'imposer. L'un de ses partisans, Adam Drewnowski, directeur du programme de nutrition humaine à l'université du Michigan, estime que le fameux "paradoxe français" – nous mangeons gras et buvons trop, mais souffrons peu de maladies cardio-vasculaires – s'explique par la diversité de notre alimentation. Pour vivre mieux et plus longtemps, varions les plaisirs, et, si les excès nous tentent, réservons-les aux grandes occasions. ■



# Les extincteurs de gènes

■ Certaines plantes étouffent l'expression du gène que l'homme veut introduire dans leur génome. Voyage au cœur de la résistance des plantes transgéniques.

PAR MARIE-LAURE MOINET

**Q**uand on introduit un gène dans une plante, c'est pour donner à celle-ci un caractère nouveau, fort et stable. On place souvent en amont de ce "transgène" une séquence d'ADN, appelée "promoteur", dont le rôle est d'en renforcer l'expression.

Le plus apte à cet effet, le 35S, est un promoteur extrait du virus de la mosaïque du chou-fleur. Mais son utilisation réserve parfois des surprises : le transgène peut tout à coup cesser de s'exprimer. Cela survient de façon incontrôlable et imprévisible, ou à la faveur d'un

stress tel que le passage des plantes transgéniques de la serre au champ.

Richard Jorgensen, de l'université de Californie, à Davis, a mis en évidence sur des pétunias cette déconcertante instabilité (baptisée en anglais *gene silencing*). Il a introduit dans ces fleurs le gène codant pour la chalcone synthase, une enzyme indispensable à la coloration des pétales. Ce transgène sous contrôle du 35S renforce l'action du gène homologue naturellement présent dans la plante. Or, certains de ces pétunias transgéniques se sont retrouvés, paradoxalement, avec des fleurs partiel-

lement ou totalement blanches.

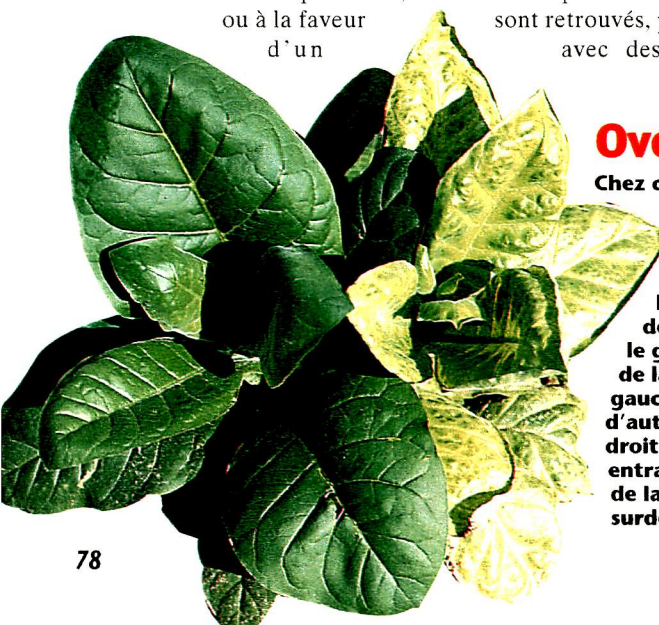
Même phénomène chez les plants de tabac dans lesquels l'équipe d'Hervé Vaucheret (Institut national de la recherche agronomique, Versailles) a introduit – toujours sous contrôle du promoteur 35S – le gène de la nitratre réductase (1). Cette enzyme effectue la première étape de l'assimilation des nitrates par la plante. Le renforcement de son activité par le transgène abaisse le taux de nitrates de la plante (des salades transgéniques sans nitrates sont prévues pour le XXI<sup>e</sup> siècle).

Mais, là aussi, surprise : certaines lignées réduisent au silence le transgène et éteignent même le gène homologue qui réside déjà dans la plante ! Privées de ce gène vital, les plantes jaunissent et meurent.

Dans plus d'un cas sur quatre, le transgène et le gène endogène sont donc ainsi bâillonnés. Dans le cytoplasme des cellules, leurs ARN messagers, soit trop abondants soit aberrants, deviennent la cible spécifique d'un mécanisme de dégradation mis en œuvre par la plante.

Certains chercheurs mettent à profit ce phénomène. Après avoir doté une plante d'un gène conte-

(1) *Embo*, août 1997.



## Overdose

Chez certains plants de tabac, l'introduction d'un transgène gouvernant l'assimilation des nitrates dope le gène homologue de la plante (à gauche). Mais, chez d'autres plants (à droite), elle l'éteint, entraînant la mort de la plante par surdose de nitrates.





PHOTOS: JORGENSEN

## Pétunia albinos

**Certains pétunias dans lesquels on a introduit un gène destiné à renforcer la coloration des pétales se retrouvent paradoxalement avec des fleurs blanches (à droite).**

menace en Afrique.

Mais quel est ce mécanisme d'inactivation ? Jusqu'en 1997, on pensait qu'il était interne à chaque cellule concernée. Or, deux découvertes viennent

de montrer que l'"ordre" de neutraliser le transgène est transmis d'une cellule à une autre. La première "preuve" a été fournie par l'équipe de Versailles. Après avoir greffé, sur un tabac transgénique dont le transgène était "éteint", un greffon dont le transgène s'exprimait toujours, les chercheurs ont observé que l'inactivation du gène

nant la séquence spécifique d'un virus, ils sélectionnent les plants qui inactivent le transgène. Ces derniers juguleront également le virus s'il vient les infecter. Au laboratoire Sainsbury (Norwich, Grande-Bretagne), on a ainsi mis au point des riz résistant au virus des marbrures jaunes (*Rice Yellow Mottle Virus*), une très grave



## Extinction à volonté

**Observés en lumière ultraviolette, ces tabacs transgéniques sont rendus vert fluorescents par le gène de la GFP (*Green Fluorescent Protein*). On a provoqué localement sur le plant de gauche, par infiltration supplémentaire de ce gène, une surdose de GFP. Un signal mystérieux a alors migré dans d'autres zones de la plante où il a "éteint" le transgène. Ces zones ont donc perdu leur couleur verte et retrouvé la couleur rouge qui est celle de la chlorophylle en lumière ultraviolette. (A droite, plant témoin.)**

du porte-greffe se transmet au gène homologue du greffon. Et ce, même à travers une tige de 30 cm de long intercalée entre le porte-greffe et le greffon.

La seconde preuve a été apportée par Olivier Voinnet, un chercheur français de l'équipe de David Baulcombe, au laboratoire Sainsbury (2). Il a visualisé la propagation du signal d'extinction dans des jeunes tabacs transgéniques contenant le gène de la GFP (*Green Fluorescent Protein*), une protéine de méduse fluorescente lorsqu'elle est éclairée en lumière ultraviolette.

Le chercheur a provoqué une légère surdose de GFP dans une feuille basse (3), qui est devenue hyperfluorescente, car le gène introduit localement s'est superposé à celui de la plante transgénique. Logique. Ce qui fut plus surprenant, c'est que la fluorescence des plantes transgéniques a cessé dans leurs parties hautes une quinzaine de jours après l'infiltration de la feuille. Un signal apparu lors de la surexpression du gène de la GFP dans la feuille infiltrée s'est donc propagé dans toute la plante et a éteint définitivement le transgène homologue.

Voinnet a démontré que les ARN messagers de la GFP, et eux seuls, sont dégradés par ce processus. Le signal spécifique, de nature encore inconnue, est donc probablement un acide nucléique (ARN...) qui s'hybride avec l'ARN messager cible. Découverte révolutionnaire, qui ouvre la voie à d'importantes applications. On va ainsi pouvoir caractériser la fonction d'un gène en l'éteignant à volonté chez une plante transgénique, selon le modèle proposé pour la GFP. ■

(2) *Nature*, 9 octobre 1997.

(3) Il a déposé sur une jeune feuille une suspension d'*Agrobacterium tumefaciens* – bactérie capable de transférer une portion précise de son ADN dans l'ADN végétal – après avoir placé dans cette portion le gène de la GFP.



# Hépatite B : les risques de la vaccination

■ Une affaire de l'ampleur de celle du sang contaminé risque-t-elle d'éclater bientôt ? La vaccination contre l'hépatite B entraîne des effets secondaires souvent redoutables, dont les cas se multiplient. Or, les patients n'en sont pas avisés...

PAR PIERRE ROSSION

**E**n 1994, le ministère de la Santé engageait l'ensemble de la population française à se faire vacciner contre l'hépatite B, l'objectif étant d'éradiquer le virus. Aujourd'hui encore, des publicités à l'usage des médecins incitent à la vaccination des bébés, celle par exemple des laboratoires Smith-Kline Beecham. Or, il ne se passe pas de jour sans que des patients vaccinés se plaignent d'effets secondaires, dont certains sont graves. Notamment, le syndrome de Guillain et Barré, une maladie neurologique qui se traduit par une paralysie progressive des membres ; elle évolue souvent de façon favorable, mais exige fréquemment une hospitalisation.

## UN VIRUS QUI SE TRANSMET COMME CELUI DU SIDA

Comme celui du sida, le virus de l'hépatite B se transmet par le sang et les relations sexuelles. Il entraîne une grave maladie qui, une fois sur mille, évolue en hépatite fulminante, laquelle nécessite d'urgence une transplantation du foie, faute de quoi l'évolution est fatale. Le vaccin protège efficacement

contre la maladie et sauve chaque année des milliers de vies dans le monde.

Mais la vaccination contre l'hépatite B ne semble pas sans risque : les vaccins sont des médicaments et aucun médicament n'est anodin... Le Dr Philippe Jakubowicz, président de l'association Réseau vaccin hépatite B (REVAHB) (1), insiste : « C'est la première fois qu'un vaccin a des effets secondaires si variés, si graves et si fréquents. Vingt millions de Français sont vaccinés, et on estime qu'environ un sur mille (20000) a été victime d'un accident. Ces accidents couvrent un éventail d'une soixantaine de pathologies, dont la redoutable sclérose en plaques. »

Pesant ses mots, le Dr Jakubowicz ajoute : « On ne peut plus douter de la réalité et de la diversité des effets secondaires du vaccin. Mais, faute d'études épidémiologiques récentes et exploitables, il est impossible de connaître la fréquence exacte des accidents. » Et le médecin conclut : ■ ■ ■

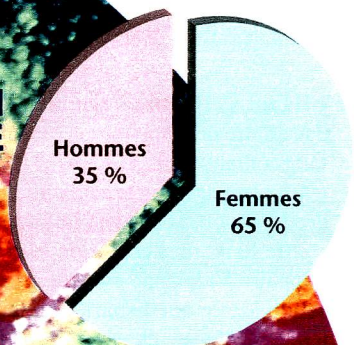
(1) Association de défense des victimes du vaccin de l'hépatite B, 18 rue du Beau-Bourgeon, 91170 Viry-Châtillon.

## Les 21-40 ans confrontés au risque maximal

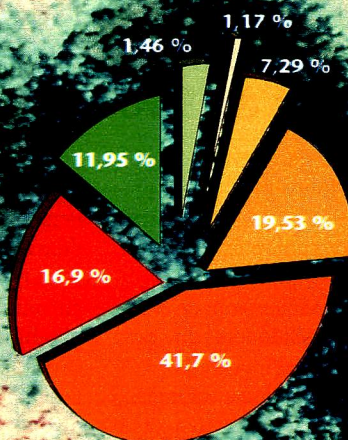
D'après le Dr Philippe Jakubowicz (ci-contre), si les femmes semblent plus touchées que les hommes par les accidents liés à la vaccination contre l'hépatite B (ci-dessus, boules et bâtonnets du virus), c'est parce qu'elles consultent plus souvent leur médecin. En outre, près d'une victime sur deux a entre 21 et 40 ans : le système immunitaire, alors très performant, réagit "trop bien" à l'agression vaccinale.



## RÉPARTITION PAR SEXE



## RÉPARTITION PAR TRANCHE D'ÂGE



■ 3 ans ■ 4-7 ans ■ 8-13 ans ■ 14-20 ans  
■ 21-40 ans ■ 41-50 ans ■ de 51 ans

INSTITUT  
 PASTEUR/CNRI  
 DESSINS D. GALLAND

F. DURAND/SIPA PRESS



■ ■ ■ « Il faut s'attendre à voir éclater une affaire de l'ampleur de celle du sang contaminé. »

En comparaison, le seul effet indésirable observé avec le vaccin contre le tétanos est, selon le dictionnaire Vidal, une éventuelle réaction locale qui disparaît rapidement. Même chose pour le Tétracoq, un vaccin à actions mul-

tiplaires (diphthérie, tétanos, coqueluche et poliomyélite), à ceci près que sa fraction coqueluche entraîne parfois des complications neurologiques. Cependant les accidents post-vaccinaux sont de cent à mille fois moins fréquents que ceux de la coqueluche elle-même.

C'est en 1996 qu'on a commencé à prendre conscience du danger de la vaccination contre l'hépatite B. Cette année-là, le Dr Pierre Grézard, aujourd'hui chef de clinique dans le service du Pr Henri Perrot à l'hôpital de l'Antiquaille, à Lyon, soutenait, à l'université Claude-Bernard-Lyon I, sa thèse de doctorat, intitulée "Accidents de la vaccination contre l'hépatite B : à propos de neuf cas observés de début 1994 à fin 1995". Les neuf patients étaient suivis dans le service du Pr Perrot.

Parmi eux, on dénombrait, notamment, une sclérodémie en plaques (maladie dermatologique donnant des plaques fibreuses disséminées sur le corps), un lupus érythémateux (affection cutanée caractérisée par l'apparition de plaques rouges sur le

visage), deux lichens plans (dermatose se traduisant par de petites papules sèches et dures sur n'importe quelle partie de la peau) et deux granulomes annulaires (dermatose se manifestant par des nodules disposés en anneaux sur le dos des mains).

dullaire), l'hépatologie (hépatite). Les premiers symptômes de ces accidents étaient apparus de deux à trois semaines après l'une des deux (ou trois selon le vaccin employé) injections ou après le rappel.

Afin d'avoir une idée précise de la situation en France, le Dr Philippe Jakubowicz créait, en février 1997, le REVAHB. Au bout d'un an d'existence, cette association a déjà recensé 692 accidents chez des personnes vaccinées. Accidents semblables à ceux qu'ont relevés les publications scientifiques internationales.

### « ON MINIMISE LE PROBLÈME »

Or, fait étrange, l'Agence du médicament (organisme chargé de la surveillance des accidents liés aux médicaments) n'a répertorié que 852 accidents depuis 1988, c'est-à-dire beaucoup moins statistiquement que le REVAHB. « Il est évident qu'on minimise le problème pour ne pas affoler la population », soutient le Dr Jakubowicz.

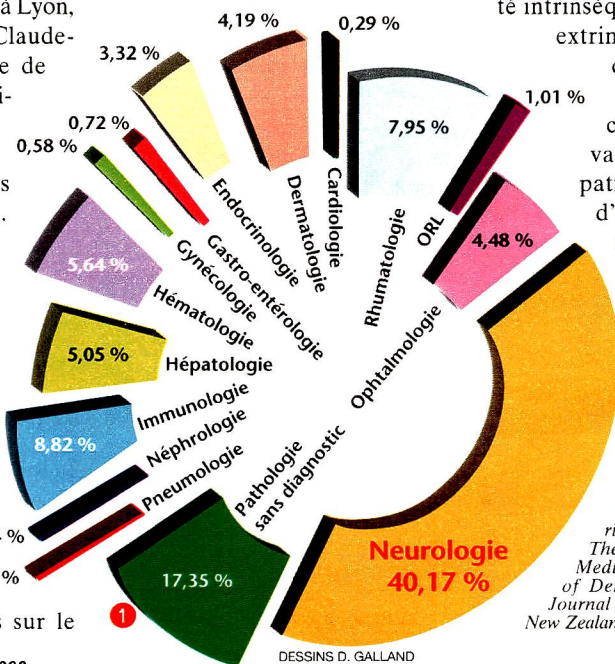
Pour imputer à un vaccin des effets secondaires inattendus, on fait appel à deux critères : l'imputabilité intrinsèque et l'imputabilité

extrinsèque. Le premier concerne la possibilité d'une relation de cause à effet entre le vaccin administré au patient et la survenue d'un événement clinique ou paraclinique déterminé. Le Dr Jakubowicz cite le cas récent d'une personne qui, après la vaccination, avait ressenti dans les membres de vives

(2) *The Lancet, The American Journal of Medicine, The New England Journal of Medicine, The British Journal of Dermatology, The Chinese Journal of Gastroenterology, The New Zealand Medical Journal...*

## La prise de conscience du danger remonte seulement à 1996

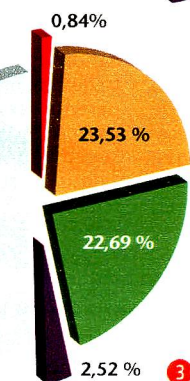
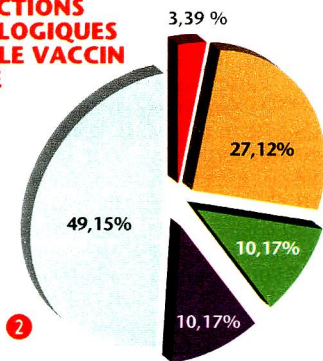
### RÉPARTITION DES ACCIDENTS PAR SPÉCIALITÉ



DESSINS D. GALLAND



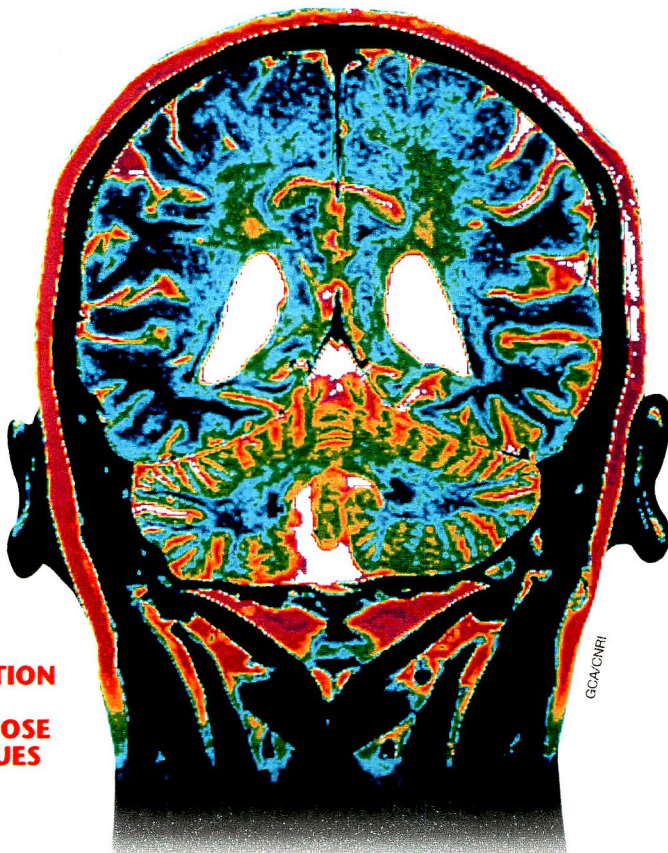
## RÉPARTITION DES CAS D'AFFECTIONS NEUROLOGIQUES SELON LE VACCIN UTILISÉ



## RÉPARTITION DES CAS DE SCLÉROSE EN PLAQUES

Inconnu

Engerix B10 Engerix B20  
Genhevac B Hevac B



## Le vaccin américain en accusation

Parmi les 692 victimes françaises du vaccin recensées à ce jour <sup>1</sup> (page ci-contre), 59 ont présenté des troubles neurologiques <sup>2</sup> et 119 une sclérose en plaques <sup>3</sup>, maladie qui se traduit, notamment, par la destruction de la substance blanche (en bleu) du cerveau. Le vaccin le plus souvent impliqué dans ces pathologies est l'américain Engerix B 20.

douleurs accompagnées de troubles oculaires et d'une incapacité à coordonner correctement les mouvements.

Au cours d'une hospitalisation de plusieurs mois à la Pitié-Salpêtrière (Paris), on diagnostiqua chez la patiente une périartérite noueuse, maladie qui se caractérise par une inflammation des vaisseaux et des artères, selon un processus immunologique mal connu. Le Pr François Bricaire, chef du service des maladies infectieuses et tropicales à la Pitié-Salpêtrière, explique : « On a supposé qu'il y avait une relation de cause à effet entre la vaccination et la périartérite noueuse quand on a découvert chez des malades ayant contracté naturellement cette affection la

présence de l'antigène HBs, qui est un fragment du virus de l'hépatite B. » Or, la patiente présentait des anticorps anti-HBs, ce qui prouvait qu'elle avait été en contact avec cet antigène. Sa périartérite noueuse fut donc reconnue, en novembre 1997, comme un accident dû à la vaccination.

## LA BIBLIOGRAPHIE APPELÉE À LA RESCOURSE

En revanche, quand le lien entre la vaccination et les symptômes observés ne peut être scientifiquement établi, on fait appel au critère d'imputabilité extrinsèque, fondé, lui, sur les connaissances bibliographiques. Ces données sont cotées selon trois niveaux standard (B1, B2, B3), auxquels s'ajoute un qua-

trième, facultatif, le niveau B0. Par exemple, on attribue le niveau B3 quand les effets secondaires du vaccin ont été décrits de nombreuses fois dans la littérature scientifique. Le niveau B2 est accordé lorsqu'ils ont été rapportés deux fois. Le niveau B0 est décerné quand toutes les recherches bibliographiques se sont révélées négatives (ce score est évidemment exceptionnel).

C'est en recourant à ces deux critères qu'on a constaté les effets indésirables des vaccins contre l'hépatite B. Or, première surprise, quand on consulte l'édition 1995 du Vidal, on constate que, pour le vaccin Genhevac B, de Pasteur-Mérieux-MSD, les effets indésirables sont tous déclarés bénins, alors ■ ■ ■



■ ■ ■ que, pour le vaccin américain Engerix B, de molécule voisine, le dictionnaire évoque des troubles neurologiques, heureusement rares, tels que la sclérose en plaques.

Il faudra attendre l'édition 1996 pour que la sclérose en plaques se trouve mentionnée pour le vaccin français. Mais, seconde surprise, il est précisé que la vaccination contre l'hépatite B n'est pas à l'origine de la maladie, qu'elle contribue seulement à la réveiller. Autrement dit, le lien de cause à effet mentionné pour l'Engerix B est nié.

### DEUX ÉTUDES EN COURS

Pour quelle raison ? Interrogé, le Pr Jean-Louis Imbs (3), chargé d'une étude visant à mettre en évidence les risques potentiels de la vaccination contre l'hépatite B, répond : « Si l'édition 1996 a été modifiée, c'est parce que nous avons observé chez des patients atteints de sclérose en plaques une poussée de la maladie après la vaccination. En revanche, nous n'avons pas pu lier la survenue de la maladie au vaccin. Cependant, la question reste posée, car il est impossible d'éli-

## UN MINISTÈRE TROP ZÉLÉ

■ Dernier accident en date causé par le vaccin anti-hépatite B, celui qu'a révélé *le Parisien* du 21 janvier dernier. Le quotidien faisait état d'un rapport confidentiel de l'Agence du médicament, daté du 5 mars 1997, qui dévoilait une affaire survenue deux ans plus tôt. Pour la deuxième année d'affilée, l'Education nationale lançait alors, à coups de spots télévisés et de dépliants publicitaires, une grande campagne de vaccination gratuite pour les élèves de sixième (quelque 375 000 col-

légiens). Ayant emporté le marché, les laboratoires Pasteur-Mérieux-MSD avaient mis à la disposition du ministère deux vaccins, le Genhevac B et l'Hb vax 10. C'est ainsi que 200 000 enfants reçurent le Genhevac B et les 175 000 autres l'Hb vax 10.

Or, selon le rapport, quelques jours après la première injection, un nombre anormalement élevé d'enfants immunisés par l'Hb vax 10 furent pris de malaises et de vomissements, accompagnés, chez certains, de perte de connaissance et,

chez d'autres, de maux de ventre. Le document ne précise pas le nombre des victimes.

D'après les experts, la dose du vaccin était trop forte pour des enfants de 11 ans. Actuellement, l'Hb vax 10 est interdit pour les adolescents de moins de 15 ans et remplacé par l'Hb vax 5, qui apparemment ne pose aucun problème. Mais pourquoi donc l'Education nationale n'a-t-elle pas informé les parents des enfants vaccinés ? Parce que la campagne de vaccination aurait été retardée.

miner tout risque. Mais, avant de remettre en question une vaccination qui sauve des milliers de vies humaines, nous aurons besoin d'informations objectives. »

L'INSERM pilote actuellement deux études pharmaco-épidémiologiques indépendantes, dans le but de mettre en évidence un éventuel lien de cause à effet entre la

sclérose en plaques et la vaccination, et de savoir si ce lien s'applique aux autres effets indésirables mentionnés dans la littérature. Les résultats ne seront connus qu'à la fin de cette année.

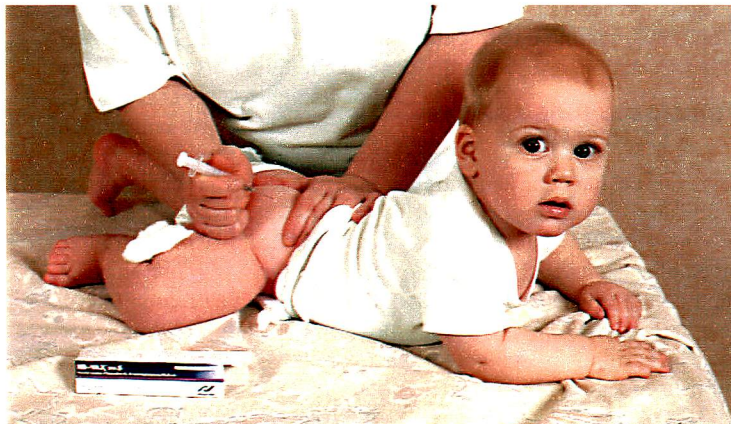
Tout se passe donc comme si l'on avait mis la charrue avant les bœufs. Avant d'être commercialisés, les vaccins auraient dû être testés sur des volontaires, suivis pendant de longues années. Il ne semble pas que cela ait été fait. Pour en avoir le cœur net, nous nous sommes adressés au Dr Benoît Soubeyrand, directeur médical aux laboratoires Pasteur-Mérieux-MSD, à Lyon, lequel a refusé de nous recevoir, sans nous donner de motif.

En attendant, on continue de vacciner à tour de bras. Alors qu'avant 1994 la vaccination était réservée aux personnels de santé et aux groupes à risques (polytransfusés, toxicomanes, voyageurs en zone d'endémie), elle a été étendue depuis aux enfants et, à partir de 1995, aux nourrissons. ■

(3) Directeur du centre régional de pharmacovigilance de Strasbourg.

## Une vaccination qui ne se justifie pas

**Pour inciter les mères à faire vacciner leur bébé, on a fait croire que le virus de l'hépatite B pouvait se transmettre par la salive. Or cela n'a jamais été prouvé.**

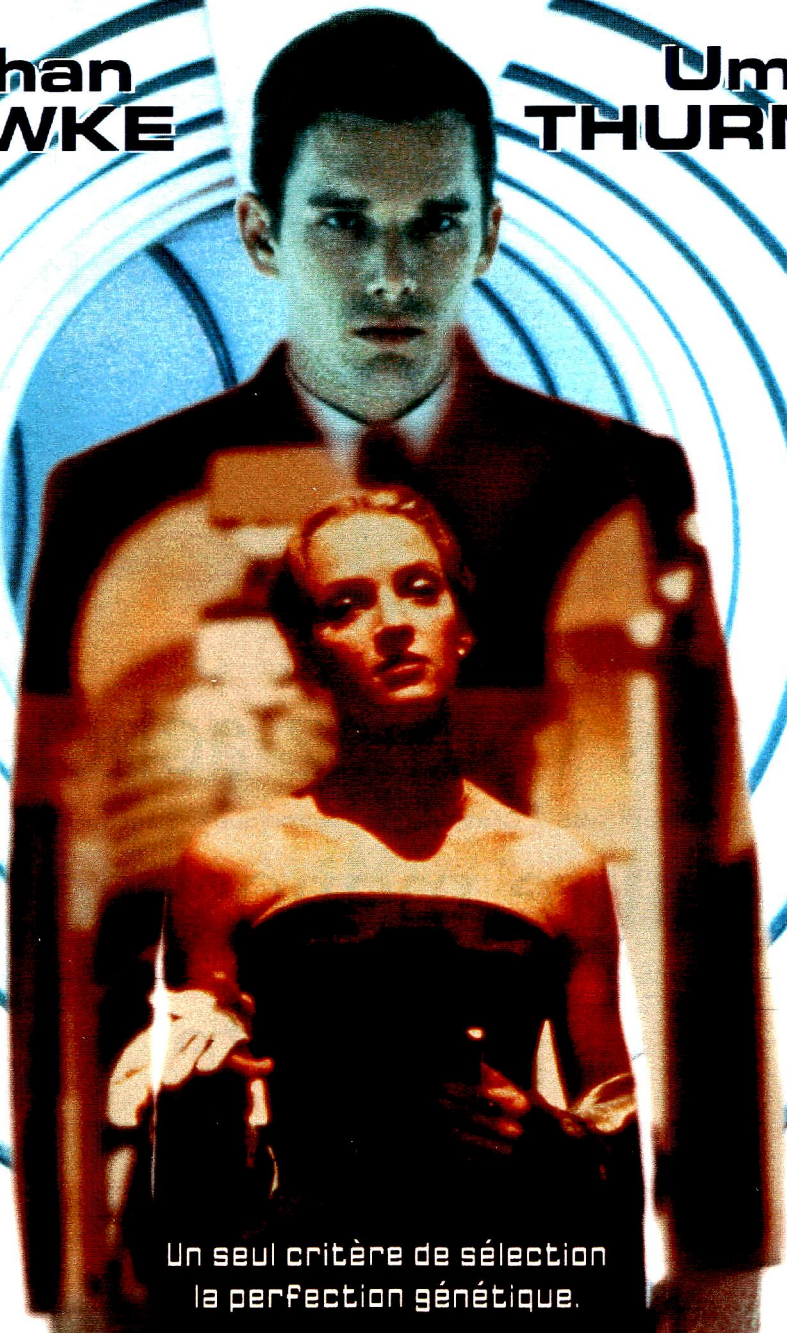


CHANDELLE/JERRICAN



Ethan  
**HAWKE**

Uma  
**THURMAN**



Un seul critère de sélection  
la perfection génétique.

Bienvenue à

# GATTACA

COLUMBIA FILMS présente une production JERSEY FILMS avec  
JUDE LAW LOREN DEAN ERNEST BORGNINE Musique composée par  
designer JAN ROELFS Directeur de la photographie SLAWOMIR IDZIOWSKI

VENUE A GATTACA" (GATTACA) ALAN ARKIN  
D Montage LISA ZENO CHURGIN Production  
HER Ecrit et Réalisé par ANDREW NICCOL

JERSEY  
FILMS

SDDS

COLORED DIGITAL

Bande Originale

PANTHEON FILMS FRANCE S.A.



Europe 2

10 ANS DU MEILLEUR DE LA MUSIQUE

Ciné Live  
LE MAGAZINE DU CINÉMA



LE 29 AVRIL





Seat Alhambra. A partir de 136 600 F<sup>(1)</sup>. Garantie 3 ans ou 120 000 km<sup>(2)</sup>

# Vous vouliez acheter un autre monospace ?

Double Airbag Seat®. ABS<sup>(3)</sup>. Climatisation électronique<sup>(3)</sup>. Sièges avant pivotants

Verrouillage centralisé à télécommande. Rétroviseurs électriques et dégivrants

## Faites vite marche arrière.

Direction assistée. Antidémarrage électronique agréé SRA 7 clés

**A PARTIR DE 136 600 F** <sup>(1)</sup>Tarif au 01/01/98 (AM 98) de l'Alhambra SE 2.0, aides Seat et de votre concessionnaire participant de 9000 F TTC déduites. Modèle présenté : Alhambra SXE TDi 110 ch : 184 400 F<sup>(1)</sup> (hors options). <sup>(3)</sup>Sur version SXE et SXT uniquement. <sup>(2)</sup>Au premier des deux termes échu. Seat sur internet : <http://www.seat-france.com>

**SEAT**

Vous êtes loin d'avoir tout vu.



Coupe du Monde des Constructeurs FIA 2 litres





Adam vu par  
Lucas Cranach  
l'Ancien  
(1533). Musée  
de Leipzig.

# On a retrouvé Adam!

■ Nous sommes tous des *Homo sapiens sapiens*. Mais où et quand notre espèce est-elle née ? Si la quête de nos origines implique de nombreuses disciplines scientifiques, la génétique fournit aujourd'hui de nouvelles réponses. Nous portons, enfouies dans nos chromosomes, les traces de notre passé. Suivant cette piste, des biologistes viennent de reconstituer l'histoire de l'humanité naissante, de son apparition à son expansion sur la planète entière. Après avoir conquis tous les continents, les hommes s'y sont organisés en sociétés fort diverses, dont la multiplicité n'a pas d'autres sources que la géographie et l'environnement.

PAR GÉRALDINE MAGNAN

- **Le père de l'humanité** p. 88
- **L'homme à la conquête du monde** p. 94
- **Comment naissent les civilisations** p. 96





# Le père de l'humanité

**D**eux équipes américaines viennent de découvrir le père de l'humanité, le premier *Homo sapiens sapiens*. Il y a environ 150 000 ans, il habitait en Afrique. Aujourd'hui, le Sud du continent est occupé par ses descendants directs : les Bushmen, petite tribu rendue célèbre par le film *Les dieux sont tombés sur la tête*.

Mais cet Adam est un aïeul "virtuel", ou, plus précisément, un "Adam génétique". Car ce n'est pas en fouillant le sol que les scientifiques – Peter Underhill, un biologiste moléculaire de l'université Stanford (Palo Alto, Californie), et Michael Hammer, un généticien de l'université d'Arizona – l'ont mis au jour. C'est en décryptant notre patrimoine génétique.

Le patrimoine génétique de chaque personne est un mélange de ceux de ses deux parents, de ses quatre grands-parents, de ses huit arrière-grands-parents, etc. En remontant cet arbre généalogique, on peut retrouver notre origine. Les chercheurs ont étudié une petite partie du patrimoine génétique d'hommes dispersés sur toute la planète (718 pour l'équipe d'Underhill, 1 544 pour celle de Hammer). Ils ont ainsi pu retracer l'histoire d'*Homo sapiens sapiens*.

## A L'ÉCOUTE DE L'HORLOGE MOLÉCULAIRE

C'est le chromosome sexuel Y qui a conduit Underhill et Hammer sur la piste de notre ancêtre. Chaque être humain possède (normalement) 46 chromosomes : 22 paires d'autosomes et une paire de chromosomes sexuels. Lors de la fécondation, le spermatozoïde apporte la moitié de ces chromosomes. C'est lui qui détermine le sexe du futur enfant : si, avec les 22 autosomes, il apporte un chromosome sexuel X, l'enfant sera une fille. S'il apporte un Y, ce sera un garçon. L'ovule, lui, fournit toujours 22 autosomes et un chromosome sexuel X (voir le dessin p. 90).

En choisissant d'étudier le chromosome Y, Underhill et Hammer étaient certains d'éviter le brassage génétique : les chromosomes de chaque paire formée lors de la fécondation échangent en effet de l'ADN entre eux, et, une fois les chromosomes mélangés, impossible de distinguer l'héritage génétique de la mère de celui du père. Une exception : le chromosome sexuel Y, trop

■ Tous les hommes ont un ancêtre commun, que viennent d'identifier des généticiens américains. Voilà 150 000 ans, Adam vivait en Afrique. Et il a aujourd'hui encore des descendants directs ! Les Bushmen, une petite tribu établie en Afrique du Sud...

différent du chromosome X pour se recombiner avec lui (1).

« Le chromosome Y est donc transmis "intact" du père au fils », explique Estella Poloni,

du laboratoire de génétique et de biométrie de l'université de Genève (Suisse). « S'il y a une différence entre le chromosome Y du père et celui du fils, cela signifie qu'il y a eu une mutation dans les cellules sexuelles du père. » Ce sont précisément ces rares mutations qui permettent de reconstruire l'arbre généalogique masculin, car ce sont les seules différences qui apparaissent d'un homme à l'autre. En analysant les variations du chromosome Y, on peut reconstituer la lignée masculine – donc retrouver Adam.

Pour dater l'apparition du premier *Homo sapiens sapiens* à partir de l'ADN d'hommes actuels, les scientifiques se servent de l'"horloge moléculaire" : au cours du temps, des mutations aléatoires apparaissent régulièrement, modifiant de 2 à 4 % du génome par million d'années. Cette hypothèse permet d'estimer l'âge de l'ancêtre commun de deux hommes. Il suffit de compter les différences (traces des mutations) entre leurs deux séquences génétiques (la comparaison de l'enchaînement des nucléotides, éléments de base de l'ADN, permet de repérer pré-

(1) X et Y peuvent cependant échanger un fragment d'ADN situé hors de la zone étudiée par Hammer et Underhill.

JOUANVILLE



A full-page photograph of a Bushman hunter in profile, facing left. He is holding a bow and arrow, aiming towards the left. He is wearing a simple garment made of animal skin draped over his shoulder. The background is a bright blue sky with scattered white clouds. The lighting is strong, casting shadows on his face and body.

## Fils d'Adam

Ce chasseur bushman serait un descendant direct de l'"Adam génétique", l'ancêtre de tous les hommes actuels. Il possède en effet dans ses gènes une "séquence ancestrale" inchangée depuis l'apparition d'*Homo sapiens sapiens*.



■ ■ ■ cisément ces différences). En multipliant ce nombre par le taux de mutations (le rythme de l'horloge moléculaire), on sait combien de temps sépare ces hommes de leur ancêtre commun.

Là où l'affaire se complique, c'est que toutes les mutations n'ont pas la même signification. La sélection naturelle élimine celles qui altèrent le fonctionnement cellulaire et conserve celles qui l'améliorent. Ainsi, l'évolution amplifie ou efface irrémédiablement certaines traces de

## Les fossiles de l'homme moderne ont le même âge que notre ancêtre virtuel

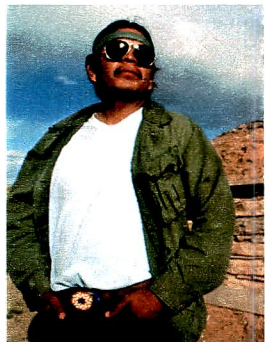
notre passé. Il faut donc s'attacher aux mutations qui ne confèrent ni avantage ni handicap.

Par ailleurs, d'après Estella Poloni, « l'hypothèse d'un taux de mutations constant est trop simpliste pour être vraie ». De plus, l'horloge moléculaire ne battrait pas au même rythme pour toutes les espèces. « Elle est beaucoup plus rapide chez les rongeurs que chez les primates. Et, chez l'homme, elle est encore plus lente », renchérit Véronique Barriel, du laboratoire de préhistoire et de systématique moléculaire du Muséum national d'histoire naturelle. « Elle varie également au sein d'une même espèce : d'un gène à l'autre, d'une fraction de gène à l'autre, d'un nucléotide à l'autre... »

Pourtant, selon Michael Hammer (dont l'étude est publiée ce mois-ci dans la revue *Molecular Biology and Evolution*), Adam aurait bien vécu voilà 147 000 ans. Mais la méthode de calcul du chercheur ne semble guère précise : ce chiffre est la moyenne d'une estimation qui va de 68 000 à 258 000 ans ! Quant à Peter Underhill, il avance qu'Adam a 162 000 ans (moyenne

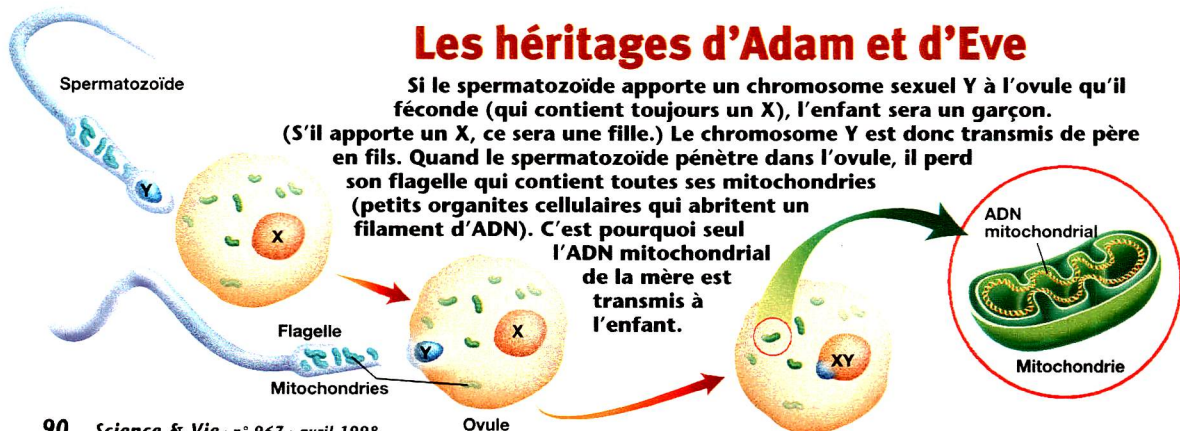
entre 69 000 et 316 000 ans). Cependant, comme ces fourchettes de datation ont été obtenues par deux équipes distinctes, on serait enclin à croire au sérieux de leur découverte. De plus, les datations des fossiles les plus anciens situent l'apparition de l'homme moderne entre 100 000 et 120 000 ans. Ce qui n'est pas très éloigné des 150 000 ans de l'"Adam génétique".

Quant à "Eve", notre ancêtre maternelle, elle aurait le même âge. Cette femme a été identifiée en 1987 par l'équipe d'Alan Wilson, de l'université de Berkeley (Californie). Pour la trouver, les chercheurs ont étudié, chez 147 personnes, une partie très spécifique du patrimoine génétique : le filament d'ADN issu des mitochondries, petits organites cellulaires qui fournissent l'énergie nécessaire à la cellule. Cet ADN mitochondrial, qui est transmis uniquement par la mère, échappe lui aussi au brassage génétique (voir le dessin ci-dessous). La découverte d'un Adam contemporain de l'"Eve mitochondriale" semble confirmer cette étude, vivement critiquée à l'époque. Plusieurs scientifiques reprochaient à Wilson de n'avoir pas pris en compte un nombre suffisant d'individus ; ils jugeaient sa méthode de construction de l'arbre généalogique inadaptée et son interprétation des résultats trop hâtive.



### EN QUÊTE DE L'EDEN

Pour déterminer l'origine géographique de notre ancêtre – le "jardin d'Eden" –, il fallait d'abord repérer la séquence génétique la plus ancienne (dite "séquence ancestrale"). Les chercheurs ont donc analysé les diverses séquences et





## Tous parents

Pour retrouver l'ancêtre commun à tous les hommes vivant aujourd'hui, les chercheurs ont étudié les infimes variations du patrimoine génétique qui existent entre les groupes humains. Ils ont sillonné la planète afin de récolter le matériel nécessaire à l'analyse génétique : un peu de sang ou quelques cheveux. Les points jaunes sur la carte ci-dessous correspondent aux diverses populations étudiées par le généticien Michael Hammer, de l'université d'Arizona.

Indien navajo  
(Arizona)



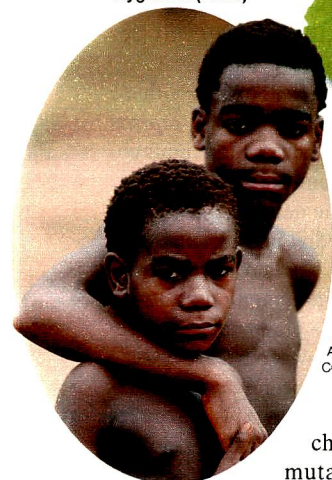
S. NICOLKATZ/COSMOS



Britannique

A. MEYER

Pygmées (Zaire)



J. AZEL  
AURORA  
COSMOS



R. MITCHELL/ASPECT/COSMOS

Papous (Nouvelle-Guinée)

W. ALFRED/HOAGLI

Japonaise



S. SIBERT/COSMOS



Mongols

cherché les mutations qui permettent de passer de l'une à l'autre. Ils ont appliqué le "principe de parcimonie" : l'arbre le plus vraisemblable est celui qui relie les séquences de la façon la plus simple. Le meilleur chemin – celui qu'a certainement emprunté l'évolution – est le plus court...

Mais, une fois reconstitué l'ordre des séquences, comment distinguer la plus ancienne de la plus récente ? Il fallait déterminer dans quel sens se font les mutations d'un nucléotide à l'autre. Pour y parvenir, Hammer et Underhill ont comparé les séquences étudiées au chromosome Y du chimpanzé. Ce primate, extérieur au groupe des ■ ■ ■



■ ■ ■ hommes, possède un ancêtre commun avec eux – bien plus ancien qu'Adam. Aussi, de tous les chromosomes Y humains étudiés, celui qui a la séquence la plus proche de celle du chimpanzé est forcément le plus ancien. Voilà la séquence ancestrale définitivement identifiée.

Les différents types de séquences étudiées (à quelques rares exceptions près) sont représentés dans toutes les populations du monde. Selon Luca Cavalli-Sforza, professeur à l'université Stanford, « les différences entre les groupes humains sont très faibles, et elles sont plus

quantitatives que qualitatives ». On a donc examiné la fréquence de chaque séquence dans un groupe d'hommes donné. Par exemple, 68 % des Sri Lankais ont telle combinaison génétique, alors que seulement 11 % des Britanniques la possèdent.

Michael Hammer a observé que, sur la planète, une majorité d'hommes possèdent la séquence génétique située juste après la séquence ancestrale sur l'arbre généalogique (elle est dite séquence « dérivée »). En revanche, on ne trouve la séquence ancestrale que dans certaines populations africaines. En étudiant d'autres mutations, Peter Underhill a obtenu, de son côté, des résultats identiques. Les deux Américains

pendants directs d'Adam, ceux qui en sont le plus proches génétiquement : les Khoisans, plus connus sous le nom de Bushmen. En effet, « si à peine 3 % des Ethiopiens et 5 % des Soudanais ont la séquence ancestrale, 20 % des hommes khoisans la portent ! » s'exclame Michael Hammer. C'est pourquoi il estime que les Bushmen sont « les fils d'Adam ». Comme lui, leur peuple serait né en Afrique de l'Est ; puis il se serait déplacé vers l'Afrique du Sud, qu'il occupe aujourd'hui.

Là encore, Peter Underhill, en étudiant d'autres marqueurs génétiques, a obtenu les mêmes résultats : 15 % des Khoisans présentent la séquence ancestrale, contre de 5 à 10 % seulement des

Ethiopiens et des Soudanais.

Ces deux études appuient donc l'hypothèse « Out of Africa », selon laquelle *Homo sapiens* est né en Afrique, puis a migré pour coloniser les autres continents, où il a supplanté l'*Homo sapiens* archaïque déjà sur place. Mais l'étude de Hammer introduit une variante dans ce modèle trop simple : « Nos travaux montrent clairement que la première vague migratoire hors d'Afrique a été suivie d'une deuxième migration, plus récente, qui est retournée de l'Asie vers l'Afrique. Quand les premiers *Homo sapiens* sont arrivés en Asie, ils se sont reproduits avec des femmes qui y étaient déjà établies. Et leurs descendants ont entrepris le voyage de retour vers l'Afrique. La grande diversité génétique qu'on observe aujourd'hui sur ce continent est due, en partie, à ces mouvements de population bidirectionnels. »

En comparant les études du chromosome Y avec celles de l'ADN mitochondrial et d'autres régions du génome, Hammer espère bientôt prouver que les hommes et les femmes se sont déplacés différemment. Le chercheur soupçonne que les hommes migraient seuls sur de longues distances, alors que les femmes effectuaient des trajets plus courts, pour rejoindre d'autres groupes. ■



A. MEYER

## Une solide lignée

**L'arbre rouge montre que les hommes actuels ont tous le même ancêtre. Adam n'était pas l'unique homme de son époque. Mais, au hasard des générations, les lignées de ses congénères (en jaune) se sont progressivement éteintes.**

## Les deux études renforcent l'hypothèse "Out of Africa"

en concluent qu'*Homo sapiens sapiens* est né en Afrique. Une mutation aléatoire a modifié le patrimoine des spermatozoïdes de cet Adam génétique, qui a donné naissance à un fils porteur de la séquence dérivée. Des descendants de cet homme auraient ensuite quitté le berceau de l'humanité pour peupler le reste de la planète.

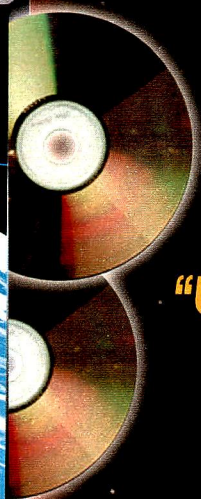
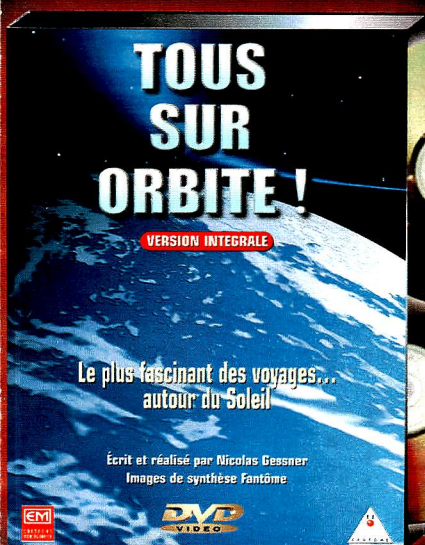
En mesurant plus précisément le pourcentage d'Africains qui présentent le chromosome Y ancestral, Michael Hammer a pu identifier les des-



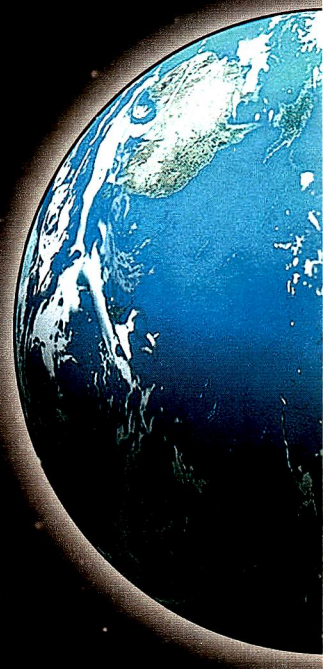
# TOUS SUR ORBITE !

Le plus fascinant des voyages... autour du Soleil

Montez à bord d'un vaisseau spatial appelé la Terre et découvrez votre système solaire en images de synthèse et en 3D

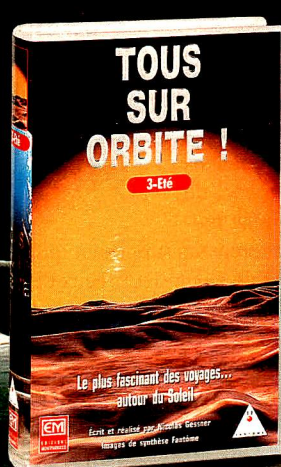
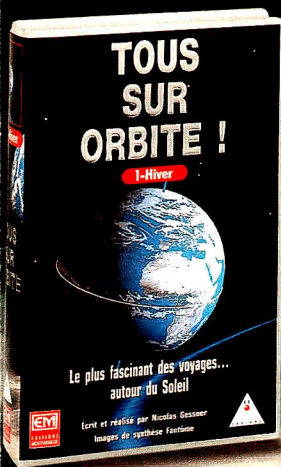


**"Un petit bijou"**  
**EURÉKA**



**2 DVD double face**  
plus de 6 heures de programmes

**4 vidéocassettes regroupant l'intégralité du programme diffusé sur France 3**



**ÉCRIT ET RÉALISÉ PAR NICOLAS GESSNER - IMAGES DE SYNTHÈSE FANTÔME**

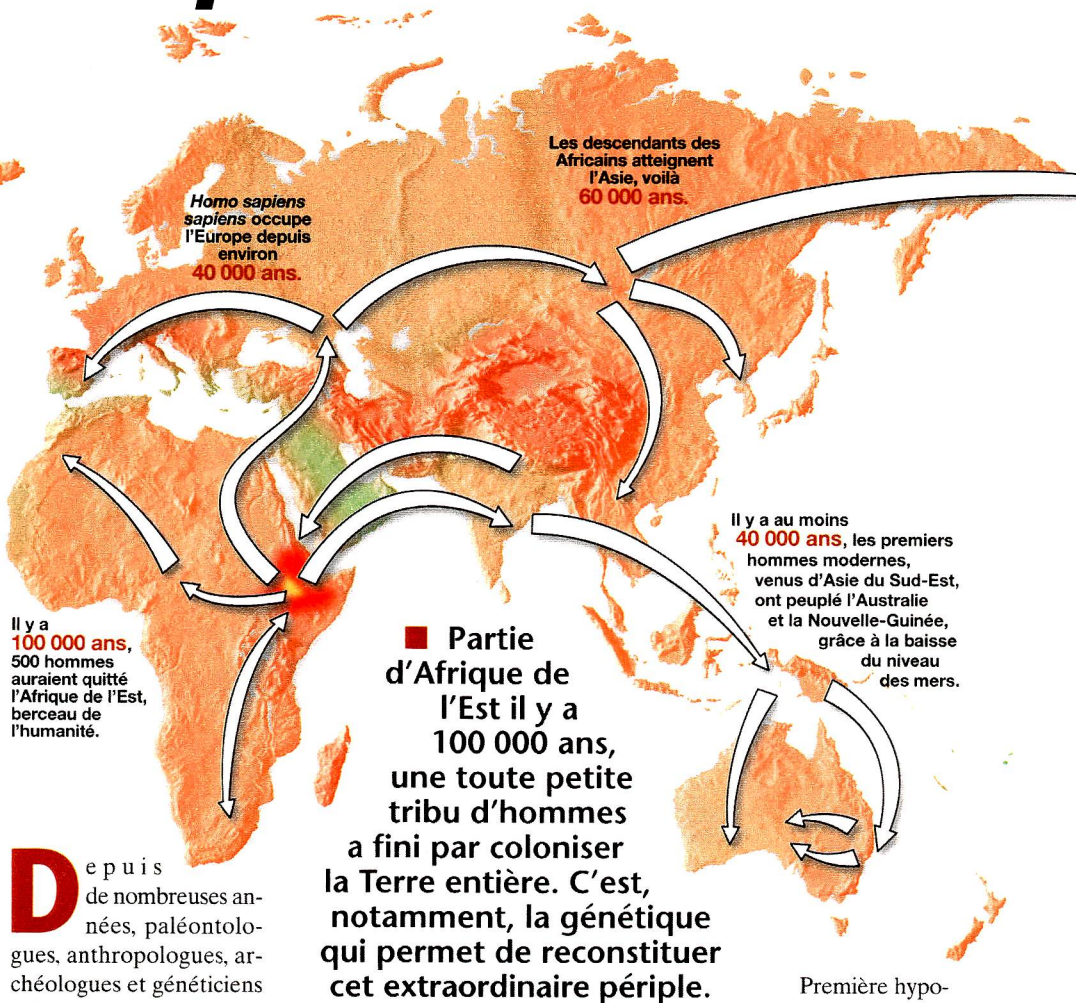
**EN VIDEOCASSETTE ET DVD VIDEO LE 24 MARS**



\* Pour les trois premières cassettes - jusqu'au 31 août 1999



# L'homme à la conquête du monde



**D**e puis de nombreuses années, paléontologues, anthropologues, archéologues et généticiens débattent âprement de l'origine de l'homme moderne. Certains chercheurs supposent qu'*Homo sapiens sapiens* est né en plusieurs lieux distincts, tandis que d'autres penchent pour une origine africaine unique – la découverte d'Adam (voir article précédent) allant dans ce sens.

Mais tous les scientifiques s'accordent sur un point : l'ancêtre d'*Homo sapiens sapiens*, *Homo erectus*, est bien né en Afrique, d'où il a ensuite migré vers d'autres contrées. Mais après, que s'est-il passé ? Comment ces *Homo* ont-ils évolué ? Comment la Terre entière s'est-elle peuplée ?

Première hypothèse, celle d'une "origine multirégionale" : toutes les populations actuelles seraient l'aboutissement de plusieurs évolutions locales. C'est-à-dire que nous serions tous issus de diverses populations archaïques, descendant des *Homo erectus* déjà dispersés sur la planète.

Les études les plus récentes, principalement en génétique, contredisent ce modèle. Elles vont dans le sens de l'hypothèse "Out of Africa", selon laquelle l'Afrique est le seul berceau de l'humanité moderne. A peine 500 chasseurs-cueilleurs l'auraient quittée pour aller vivre et se multiplier



sur d'autres continents. Ils y auraient, purement et simplement, remplacé les populations archaïques.

Cette longue marche s'est étalée sur plusieurs dizaines de milliers d'années. Partant d'Afrique de l'Est voilà 100 000 ans, une première tribu a franchi l'isthme de Suez pour rejoindre l'Asie occidentale. Quittant la même région,

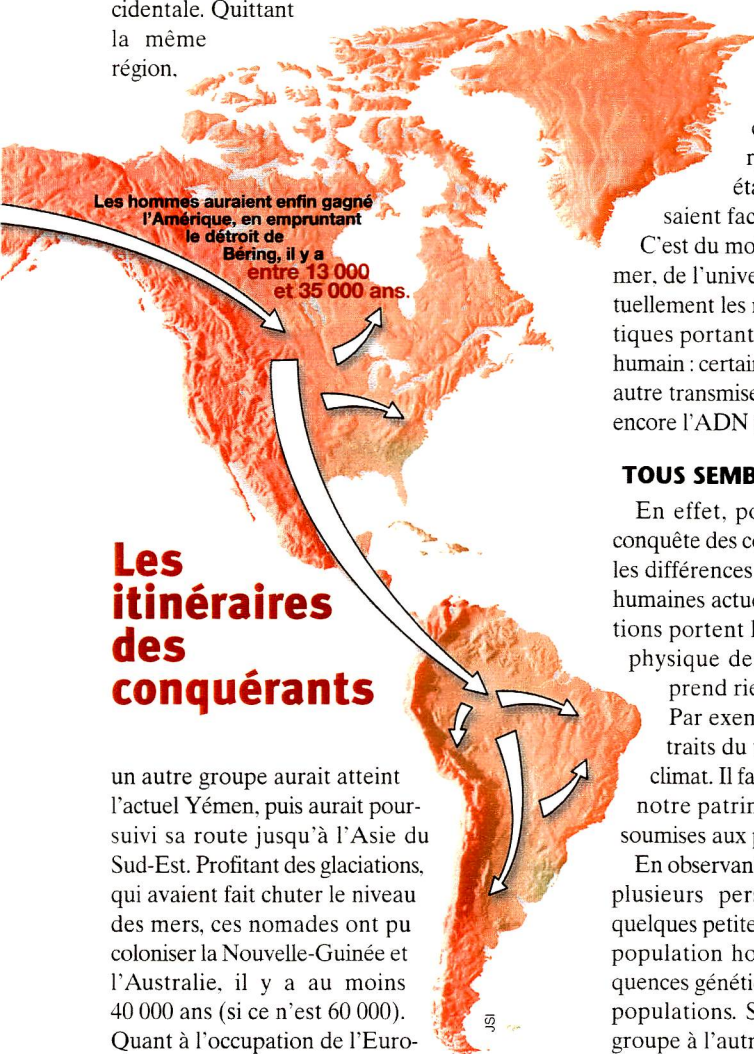
qu'ils arrivaient tout droit de Mongolie.

Impossible de trancher, car les deux hypothèses découlent de l'analyse d'une partie spécifique du patrimoine génétique humain : l'ADN mitochondrial (voir article précédent).

Comme ce brin du génome se transmet uniquement par la mère, il ne reflète que les migrations féminines.

Or, il semble bien que nos ancêtres se soient déplacés à des rythmes différents selon qu'ils étaient hommes ou femmes (ils passaient facilement d'un groupe à un autre).

C'est du moins ce que suggère Michael Hammer, de l'université d'Arizona, qui compare actuellement les résultats de plusieurs études génétiques portant sur diverses régions du génome humain : certaines issues de nos deux parents, une autre transmise exclusivement de père en fils, ou encore l'ADN mitochondrial.



Les hommes auraient enfin gagné l'Amérique, en empruntant le détroit de Bering, il y a entre 13 000 et 35 000 ans.

## Les itinéraires des conquérants

un autre groupe aurait atteint l'actuel Yémen, puis aurait poursuivi sa route jusqu'à l'Asie du Sud-Est. Profitant des glaciations, qui avaient fait chuter le niveau des mers, ces nomades ont pu coloniser la Nouvelle-Guinée et l'Australie, il y a au moins 40 000 ans (si ce n'est 60 000). Quant à l'occupation de l'Europe, à partir de l'Asie occidentale, elle date également de 40 000 ans environ.

Si ce scénario s'accorde avec les datations des fossiles et des vestiges archéologiques, l'origine des premiers Américains reste floue : on la situe entre 13 000 et 35 000 ans. Il est certain qu'ils sont arrivés par le détroit de Bering, mais d'où venaient-ils ? Du nord-est de la Sibérie, répondent l'Allemand Peter Foster, de l'université de Hambourg, et ses collaborateurs. Pourtant, l'étude d'Andrew Merriweather, de l'université de Pittsburgh (Etats-Unis), tend à montrer

### TOUS SEMBLABLES, TOUS DIFFÉRENTS

En effet, pour reconstituer l'histoire de la conquête des continents, les biologistes analysent les différences génétiques entre les populations humaines actuelles. Car seules ces infimes variations portent la trace de notre passé. L'aspect physique des groupes humains ne nous apprend rien. Il est même source d'erreurs. Par exemple, la couleur de la peau ou les traits du visage résultent de l'influence du climat. Il faut donc fouiller dans les parties de notre patrimoine génétique qui ne sont pas soumises aux pressions sélectives extérieures.

En observant une région précise du génome de plusieurs personnes, les biologistes notent quelques petites différences, même au sein d'une population homogène ! Tous les types de séquences génétiques sont présents dans toutes les populations. Seule leur fréquence varie d'un groupe à l'autre. Cette variation peut dépendre de la distance géographique qui sépare ces peuples. Elle est d'autant plus élevée que la divergence des peuples est plus ancienne.

C'est la population d'origine qui possède la plus grande variation génétique. Les "émigrants", qui étaient peu nombreux, n'ont emporté qu'une partie de ces différences génétiques. Et, à chaque séparation du groupe, leur diversité génétique s'est trouvée de plus en plus réduite. Ainsi, l'étude statistique du génome des hommes qui vivent aujourd'hui permet de reconstituer l'histoire du peuplement des régions de la planète. ■

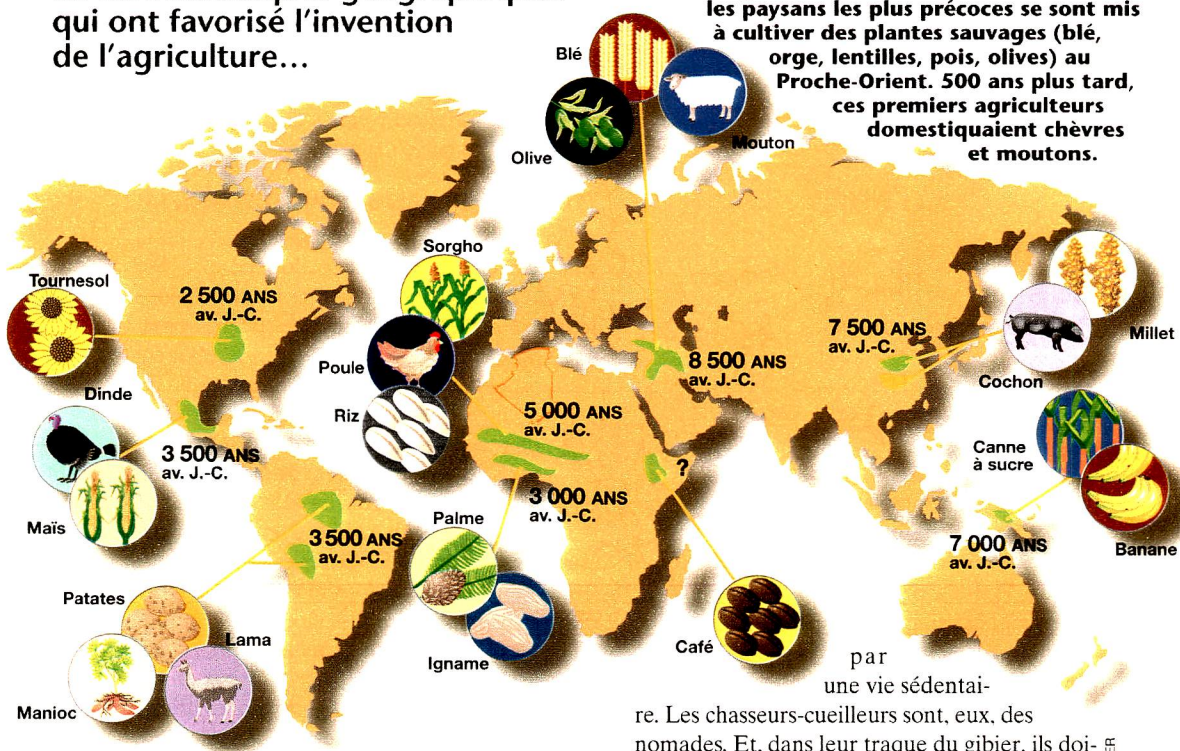


# Comment naissent les civilisations

■ Pourquoi la civilisation technologique est-elle née au Proche-Orient plutôt qu'en Amérique, en Chine plutôt qu'en Afrique ? En vertu d'une "supériorité" de leurs habitants ? Non : en raison de caractéristiques géographiques qui ont favorisé l'invention de l'agriculture...

## Les origines de l'agriculture...

L'agriculture a vu le jour en divers points du globe. 8 500 ans avant notre ère, les paysans les plus précoces se sont mis à cultiver des plantes sauvages (blé, orge, lentilles, pois, olives) au Proche-Orient. 500 ans plus tard, ces premiers agriculteurs domestiquaient chèvres et moutons.



Il y a 13 000 ans, *Homo sapiens sapiens* occupait quasiment la totalité de la planète. Tous les hommes vivaient de la chasse et de la cueillette. Pourquoi, dans cette apparente égalité, des civilisations fort différentes sont-elles nées ? Pourquoi le développement technologique n'a-t-il pas été le même partout ? Plus naïvement : pourquoi les Européens ont-ils envahi l'Amérique et décimé les Indiens, et non le contraire ?

Cette "supériorité" européenne vient de l'invention de l'agriculture, qui a coïncidé avec une formidable explosion démographique, entretenue

par une vie sédentaire. Les chasseurs-cueilleurs sont, eux, des nomades. Et, dans leur traque du gibier, ils doivent porter les jeunes enfants. Pour être moins embarrassés, ils sont donc contraints d'espacer les naissances. Ils attendent que leur petit atteigne 4 ans – âge auquel il peut marcher sans ralentir la tribu – pour mettre en route un autre enfant.

A l'inverse, les premiers agriculteurs, qui habitent des villages, ont des naissances rapprochées. Parce qu'ils deviennent nombreux, ils se spécialisent : les paysans nourrissent divers corps de métiers, qui perfectionnent les savoir-faire, inventent la technologie. Parmi eux, on trouve aussi des guerriers, des chefs... C'est donc bien l'agriculture qui a engendré les organisations politi-

A MEYER



ques et économiques complexes et hiérarchisées.

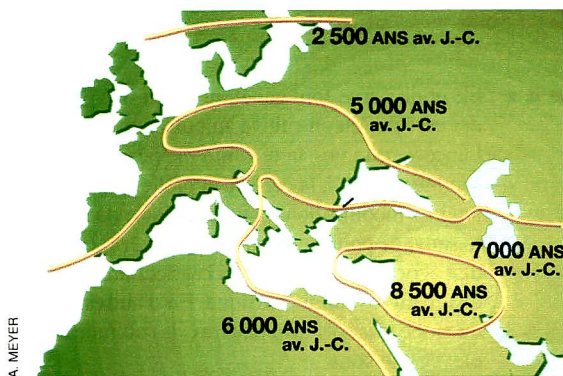
Les lieux d'origine de la culture végétale sont multiples, le plus précoce se situant au Proche-Orient et en Turquie. Dans ce "croissant fertile", il y a 10 500 ans, les premiers agriculteurs se sont mis à cultiver des plantes sauvages : blé, orge, lentilles et pois. Un millénaire plus tard, les Chinois, qui ignorent tout des expériences européennes, domestiquent le riz et le millet. L'agriculture naît aussi, à diverses époques, au Mexique, dans les Andes, dans l'est des Etats-Unis, au Sahel, en Afrique de l'Ouest, en Ethiopie, en Nouvelle-Guinée (voir carte page ci-contre).

Mais pourquoi la production de nourriture, qui offre un avantage immédiat à ses inventeurs, a-t-elle commencé uniquement dans ces zones ? Les hommes y étaient-ils supérieurs à ceux d'autres régions ? Non, répond Jared Diamond, professeur de physiologie à l'école de médecine de Los Angeles, qui développe une thèse originale dans son dernier ouvrage, *Guns, Germs and Steel* ("Armes à feu, microbes et acier"). Selon lui, « si l'histoire des populations a suivi des cours variés, c'est parce qu'il existait des différences dans leur environnement, et non parce qu'il y avait des différences entre les populations elles-mêmes ».

### UN CLIMAT PROPICE À LA DIVERSITÉ VÉGÉTALE

Il y a 13 000 ans, la fin des glaciations a bouleversé le climat, ce qui a suscité une explosion de la diversité biologique dans le Croissant fertile et l'apparition des céréales sauvages, à l'origine des futurs produits agricoles. Les hivers humides, suivis des longs étés chauds et secs, du climat tempéré, ont naturellement sélectionné des plantes annuelles.

Comme la vaste région du Croissant fertile



## ... et son expansion européenne

**Au rythme d'un kilomètre par an, les plantes cultivées dans le Croissant fertile ont progressivement "colonisé" l'Europe entière.**

présente des caractéristiques géographiques et des sols très différents sur de courtes distances, la multiplicité des environnements a favorisé l'apparition de végétaux variés, à la croissance échelonnée dans le temps. Le Proche-Orient s'est donc doté naturellement de nombreux candidats à la domestication. Ainsi, en occupant une seule région, les hommes pouvaient se nourrir en toute saison. Ils n'avaient plus besoin de migrer en quête de nourriture.

La plante cultivée diffère de son ancêtre sauvage par une croissance plus rapide et par des graines de dimensions supérieures. Ces nouveaux caractères résultent de mutations génétiques. Elles sont apparues par hasard, mais les chasseurs-cueilleurs les ont vite repérées.

Récemment, les biologistes moléculaires ont montré que les ancêtres sauvages du



F. SOLTAN/SGMA

## 10 500 ans de travaux des champs

Ce paysan des bords de l'Euphrate laboure un champ qui a vu la naissance de l'agriculture.





■ ■ ■ blé et de l'orge sont génétiquement très proches des céréales qu'on cultive aujourd'hui. Alors que l'ancêtre du maïs, la téosinte mexicaine, ne ressemble en rien à la céréale actuelle. Il a fallu de longues modifications dans la biologie de la plante sauvage pour qu'elle donne un véritable produit agricole. Voilà pourquoi l'agriculture a vu tardivement le jour au Mexique. En d'autres points du globe, des sols trop pauvres, des altitudes trop élevées se sont opposés au sur-  
gissement d'une grande diversité végétale.

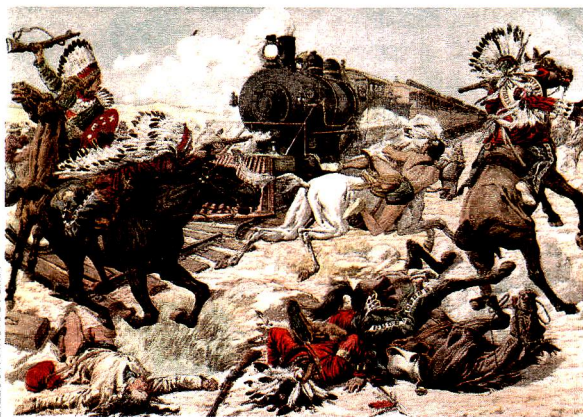
Les habitants de ces contrées déshéritées ont dû acquérir de leurs voisins les précieuses plantes cultivables. En Europe (à partir du Croissant fertile) et en Asie (à partir de la Chine), l'expansion est particulièrement rapide : environ 1 km par an. En revanche, les plantes mexicaines ont mis deux fois plus de temps à atteindre les Etats-Unis.

Pourquoi ces différences ? Les Amérindiens – et les Africains – seraient-ils moins réceptifs à l'innovation ? Encore une fois, Jared Diamond

les signaux dont la plante a besoin pour germer et se développer. Ainsi, dès le départ, les céréales du Croissant fertile étaient génétiquement adaptées aux nouvelles régions agraires eurasiennes.

En revanche, les paysans d'Amérique ou d'Afrique se sont heurtés aux barrières climatiques des déserts et des régions tropicales, dues à l'orientation nord-sud de ces continents. Pour les mêmes raisons, l'expansion de l'élevage fut lente.

Dans le monde, seules quatorze espèces animales ont jamais été domestiquées. Les plus utiles à l'homme – vache, mouton, chèvre, cochon, cheval – proviennent, toujours pour des raisons géographiques, du Croissant fertile. Ainsi, outre des céréales, les premiers paysans disposent, cinq cents ans plus tard, de viande, de laine,



L'ILLUSTRATION/SYGMA

## Première guerre biologique

**Si les Européens ont conquis l'Amérique, ce n'est pas seulement grâce à leur supériorité technologique. Pour décimer les Indiens, ils possédaient une arme redoutable : les microbes.**

de produits laitiers, de fumier pour les cultures, de moyens de transport et de combat... Richesses associées aux bactéries et aux virus.

En effet, les généticiens ont montré que les agents pathogènes les plus terribles (variole, grippe, tuberculose...) sont tous dérivés des germes qui infectent les animaux domestiques. En parquant le bétail, les premiers éleveurs ont favorisé la diffusion des microbes au sein des troupeaux. Puis, progressivement, bactéries et virus ont évolué pour ne plus infecter que l'espèce humaine.

### BIENFAISANTE IMMUNITÉ

Parce que les Eurasiens cohabitent depuis des millénaires avec leurs élevages, ils sont immunisés contre ces fléaux. Mais quelle arme redoutable pour décimer les populations des autres continents ! Ainsi, en 1492, quand Christophe Colomb "découvre" le Nouveau Monde, plus encore que les armes à feu, ce sont la variole, la grippe, la rougeole et le typhus qui anéantissent les populations précolombiennes. Une préfiguration des guerres biologiques du XXI<sup>e</sup> siècle ? ■

## Les animaux les plus utiles à l'homme viennent tous du Croissant fertile

répond non. Tout vient des orientations géographiques différentes des trois immenses continents : est-ouest pour l'Eurasie, nord-sud pour l'Afrique et l'Amérique.

C'est donc sur l'axe est-ouest que les agriculteurs du Croissant fertile ont cherché d'autres terres à cultiver. Ils ont rapidement migré le long de la même latitude, où ils ont rencontré des caractéristiques climatiques identiques à celles de leur lieu d'origine : durée du jour, pluviométrie et variations saisonnières. Or, ce sont justement



# LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

*Abonnez-vous aux  
CAHIERS DE  
SCIENCE & VIE  
et découvrez  
l'histoire des sciences  
pour 149 francs.*

PHOTOS : GRAUDON / CERN

ENCYCLOPÉDIE,  
OU  
DICTIONNAIRE RAISONNÉ  
DES SCIENCES  
DES ARTS ET DES MÉTIERS  
PAR UNE SOCIÉTÉ D'HOMMES DE LETTRES

Mécanisme de presse à papier par M. LEBLANC, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, en 1780. Ce mécanisme a été perfectionné par M. LEBLANC, en 1785. Il a été perfectionné par M. LEBLANC, en 1785. Il a été perfectionné par M. LEBLANC, en 1785.

CC. II.  
ET PRIVILEGE DU ROY.

## Bulletin d'Abonnement

à compléter et à retourner avec votre règlement à l'ordre des CAHIERS DE SCIENCE & VIE sous enveloppe affranchie à :  
Service Abonnement - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15.

**OUI**

Je m'abonne aux CAHIERS DE SCIENCE & VIE  
et je choisis la formule suivante :

Cochez les cases de votre choix

☐ 1 AN - 6 NUMEROS pour 149 francs au lieu de 192 francs\*  
soit 43 francs d'économie

☐ 2 ANS - 12 NUMEROS pour 298 francs au lieu de 384 francs\*  
soit 86 francs d'économie

● Je choisis de régler par :

☐ chèque bancaire ou postal à l'ordre des CAHIERS DE SCIENCE & VIE  
☐ carte bancaire

N°

expire à fin  mois  année

Date et signature obligatoires

Nom

Prénom

Adresse

Code postal  Ville

Offres valables jusqu'à fin 1998 et réservées à la France Métropolitaine  
Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17

(\*) Prix de vente normal chez votre marchand de journaux

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

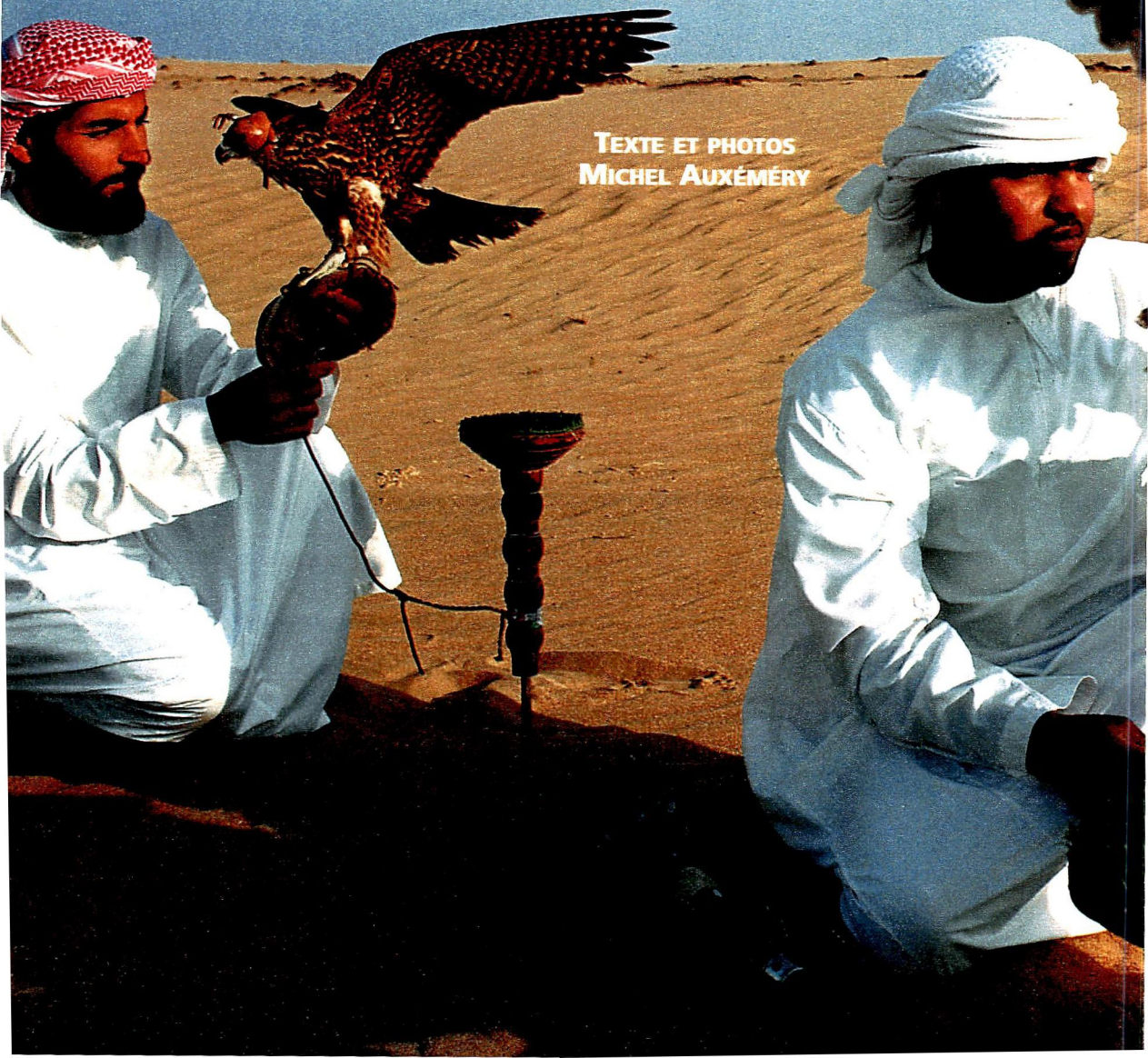
SV 967



# L'odyssée des faucons

■ Alliant la grande tradition à la technologie la plus avancée, cheikh Zahyeb, président de la Ligue arabe, étudie passionnément la migration des faucons sacrés. Ces infatigables voyageurs avalent des milliers de kilomètres.

TEXTE ET PHOTOS  
MICHEL AUXÉMÉRY





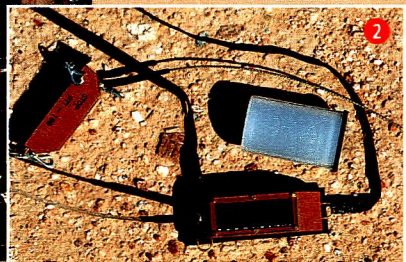
## Entraînés comme des athlètes

Chaque matin, les soixante-dix faucons sélectionnés par cheikh Zahiye s'entraînent dans le désert d'Abou Dhabi avant les fortes chaleurs de la journée. Durant cette phase de préparation, ils sont soumis à des examens de santé, reçoivent des traitements médicaux et une alimentation survitaminée. Dans la journée, de grandes volières ventilées abritent les rapaces. Chaque fauconnier est responsable de plusieurs faucons.





## L'ODYSSÉE DES FAUCONS

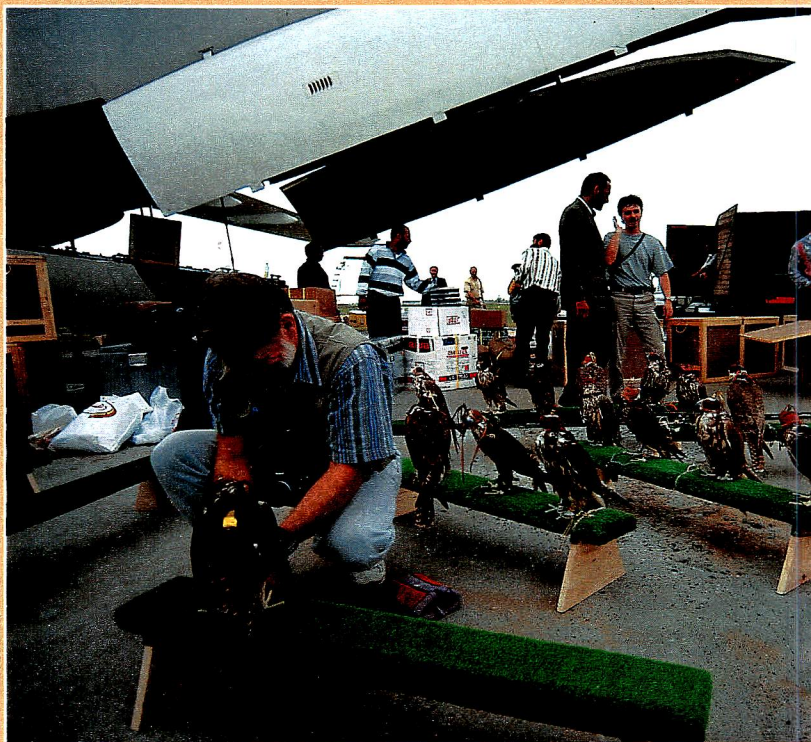


## Un émetteur de 5000 dollars

Dans ce laboratoire d'Abou Dhabi, on équipe les faucons, préalablement anesthésiés, d'un émetteur radio pesant 35 g ❶, afin de suivre leur itinéraire par satellite. Un ruban de Téflon collé à la super-glue leur sert de harnais ❷. Emis toutes les soixante secondes, les signaux seront captés par trois satellites NOAA, qui les transmettront au centre de Blagnac, près de Toulouse. L'information y sera traitée avant d'être envoyée à Abou Dhabi.

## Vous n'avez rien à déclarer?

Les faucons viennent d'atterrir à Bichkek, capitale du Kirghizstan, où va se dérouler l'expérience. Au terme d'un vol de huit heures à bord d'un Iliouchine TD 76, ils subissent, comme tout voyageur, les formalités douanières. Après avoir vérifié qu'ils ont bien supporté le voyage, on les nourrit et on les rafraîchit avec un brumisateur.



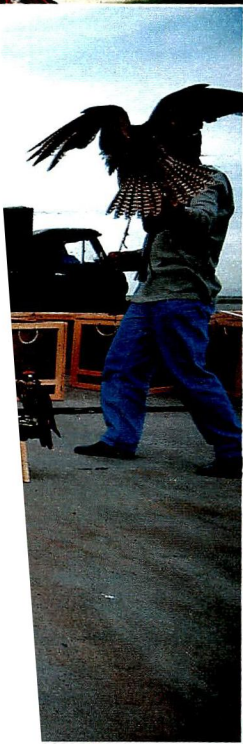




# Equipés pour **COMMUNIQUER** avec le **SATELLITE**

## Prêts pour la grande aventure

La tête recouverte d'un  
chaperon, les faucons,  
qui ont leur émetteur  
sur le dos et une puce  
d'identification électronique  
sous la peau, attendent  
d'être transportés  
en jeep sur les sites  
de largage du lac Issyk-Kul.





CAHIER PHOTOS

L'ODYSSÉE DES FAUCONS

# LIBERTÉ en plein CIEL

## Enfin, le rapace prend son envol

Assisté d'un représentant de l'office des chasses du Kirghizstan, Khalifa Saïd, fauconnier attitré de cheikh Zahyeb, lâche un faucon sacre. Le rapace s'envole

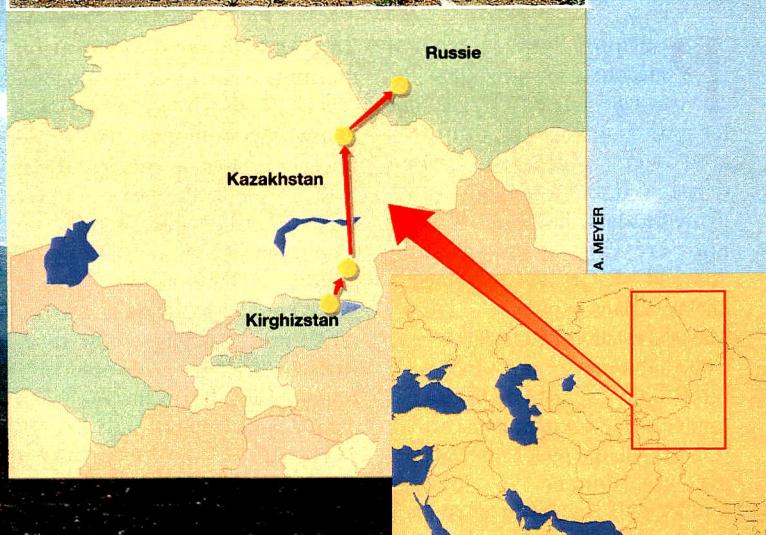
vers la chaîne du Khrebet Tersky-Ala, qui borde le lac Issyk-Kul. C'est là qu'il prendra ses repères pour poursuivre sa route.





## Voyages au long cours

Rares sont les faucons qui restent dans la région. La plupart de ceux qu'on lâche au Kirghizstan après la saison de la chasse remontent vers le nord, en suivant la piste des migrations. Les données fournies par les satellites montrent qu'ils franchissent plusieurs milliers de kilomètres. Distance record, en 1996 : 4 700 km ! ■





# Le voyage extraordi

■ Au IV<sup>e</sup> siècle avant notre ère, le Marseillais Pythéas sillonna l'Atlantique, atteignit l'Angleterre, puis l'Islande et le cercle polaire. Il mesura les distances et les latitudes avec une incroyable précision pour l'époque. Cet explorateur de génie a transformé la vision du monde habité...

PAR JOCELYNE SILVY



**P**ourquoi Pythéas est-il si méconnu, même à Marseille, sa ville natale ? Comme tous les grands novateurs, il fut très controversé et même tourné en dérision. Il naît à Massalia (nom ligure de Marseille), vers 380 avant notre ère, vingt-quatre ans avant Alexandre le Grand. Citée grecque enclavée dans le pays des Ligures, Massalia est alors peuplée d'environ 6 000 habitants, réunis sur 50 hectares. La prospérité de la cité est fondée sur le commerce maritime. (On a d'ailleurs pu localiser le port avec précision, en 1967, lors des fouilles de la Bourse de Marseille.)

Désireux de trouver de nouvelles voies commerciales, les hiérarques phocéens vont lancer Pythéas dans

un grand voyage d'exploration maritime. Issu d'une famille phocéenne, il a de vastes connaissances en mathématiques et en astronomie. Il respecte en cela une tradition, puisque Phocée, en Asie mineure, est proche de Milet, où naquit le mathématicien et philosophe grec Thalès au VI<sup>e</sup> siècle avant notre ère ; ainsi que de Samos, où vit le jour, un siècle plus tard, Pythagore. Celui-ci avait observé la rotondité de la Terre en voyant, lors d'une éclipse, l'ombre projetée de la Terre sur la Lune. Pythéas est contemporain d'Aristote : ils cherchent tous les deux à prouver que notre planète est une sphère, comme l'enseigne l'école de Platon, à Athènes.

Les savants de l'époque ont également compris que la Terre n'a pas la même inclinaison que le Soleil. Mais ils ne peuvent imaginer qu'elle tourne sur elle-même. Ils la placent au centre d'un système astronomique où le Soleil et les étoiles tournent à un rythme que l'observation permet de déterminer.

## LA PREMIÈRE VILLE SITUÉE GÉOGRAPHIQUEMENT

Enrichi des connaissances du IV<sup>e</sup> siècle, Pythéas profitera de son voyage pour vérifier toutes ces théories, ainsi que les siennes propres. Ce sera la première application à grande échelle de la cosmographie mathématique à la géographie. Par ailleurs, Pythéas avait déjà mesuré la latitude de Massalia selon un procé- 5



# naire de

# Pythéas

dé gnomique, c'est-à-dire en calculant avec un gnomon (1) la longueur des ombres projetées par le Soleil. Utilisé par les Chaldéens et les Egyptiens, il aurait été introduit en Grèce par Anaximandre (VI<sup>e</sup> siècle avant notre ère), à qui Pline attribue la découverte de l'obliquité de l'écliptique. En d'autres termes, c'est la mesure de l'inclinaison de l'axe de la Terre sur le plan de l'écliptique (plan dans lequel la Terre tourne autour du Soleil).

Pythéas mesure la hauteur du Soleil le jour de l'équinoxe (21 mars) à midi : il obtient un rapport de 120 sur 111 (hauteur de la tige du gnomon sur la longueur de l'ombre portée), qui correspond à la latitude de Massalia, soit  $43^{\circ} 16' 15''$  (en réalité  $43^{\circ} 17' 56''$ ). Puis, le jour du solstice d'été (21 juin), à midi, il renouvelle sa mesure : le Soleil étant plus haut, l'ombre est plus courte. La différence des mesures donne la valeur de l'obliquité de l'écliptique, soit  $23^{\circ} 46'$ .

Il détermine la latitude de Massalia avec une précision incroyable pour l'époque. Massalia devient ainsi la première ville du monde dont on connaît exactement la position géographique. Les latitudes de Rhodes, d'Alexandrie ou de Syène (aujourd'hui, Assouan) sont alors inconnues ; celle de Byzance, capitale d'un vaste empire, n'est connue qu'à deux degrés près. Marseille sert ainsi de point d'ancrage à la première cartographie

de la Méditerranée et de l'Europe.

Gassendi renouvellera à Marseille l'expérience de Pythéas, le 21 juin 1638, dans le collège de l'Oratoire. En utilisant un fil de plomb de 16,5 m, il obtient une mesure différente de celle de Pythéas d'environ  $17'$ . Laplace expliquera plus tard cette variation de l'obliquité de l'écliptique en prouvant qu'elle varie de près de  $3^{\circ}$  sur une période de 40 000 ans, en raison de l'influence des grosses planètes proches de la Terre.

Au IV<sup>e</sup> siècle avant notre ère, Massalia est gouvernée par une oligarchie marchande – les “six cents Timouques” – qui projette d'élargir son champ commercial vers l'Atlantique, pour trouver une nouvelle voie au convoiement de l'étain et de l'ambre, jusque-là transportés par les terres. Les commerçants désirent sans doute s'affranchir des lourds péages des routes continentales et de l'insécurité qu'y font régner les Celtes. Mais les colonnes d'Héraclès

(le détroit de Gibraltar) sont alors aux mains des Carthaginois, qui entendent préserver leur monopole du commerce extérieur à la Méditerranée.

## IL EMBARQUE À 50 ANS

Les archontes de Massalia demandent à Pythéas de gagner la mer Boréale (au-delà des colonnes d'Héraclès) et de revenir par la route de l'est, qui, croit-on, débouche sur la mer Noire par les fleuves russes ou sur la mer Caspienne, que certains croient ouverte sur la mer Hyperboréale (la Baltique). Le géographe grec

Strabon exprimera encore ■ ■ ■

## Navigateur et savant

Organisé par des marchands, le voyage de Pythéas avait pour but d'ouvrir de nouvelles voies commerciales (page de gauche, Pythéas requiert la protection des dieux au moment du départ). Il en profita pour vérifier ses théories scientifiques et celles de l'époque.

(1) Instrument composé d'une tige verticale faisant ombre sur une surface plane.





# Pythéas donne une description

■ ■ ■ cette croyance trois siècles plus tard.

Pour les Phocéens, l'ambre et l'étain sont précieux. Le premier provient de gisements des rives de la Baltique, en particulier du Jutland (Danemark). Cette résine fossile sert à façonner des bijoux et orne fréquemment les tombes. Quant à l'étain, les Grecs en ont besoin pour fabriquer le bronze, dont ils font grand usage (armes, statues, joints dans la construction...). L'étain leur parvient du sud de la Grande-Bretagne, mais ils ignorent le lieu et le mode d'exploitation des gisements. Un voyage de reconnaissance est donc d'un intérêt capital pour les Timouques.

C'est Pythéas qui entreprend ce périple, officiellement animé par des objectifs commerciaux. Comment financer autrement cette aventure ? Il n'est qu'un « simple particulier sans fortune », selon l'historien grec Polybe, cité par Strabon. Ses motifs profonds sont tout autres : il désire vérifier ses calculs de latitudes et ses théories sur la variation de la durée du jour en fonction de la latitude.

Vers 330 avant notre ère (il a une cinquantaine d'années), Pythéas quitte le lacydon (port antique) à bord d'un pentécontor, bateau rapide et solide qu'on appelle parfois l'Artémis à la flèche, car la déesse de la chasse est particulièrement vénérée à

Massalia. Pythéas longe la côte d'Ibérie (Espagne), jalonnée, au sud d'Emporion (Ampurias), de comptoirs phocéens, puis carthaginois. Au douzième jour de navigation, il atteint les colonnes d'Héracles, bloquées par les Carthaginois. Chose



DR

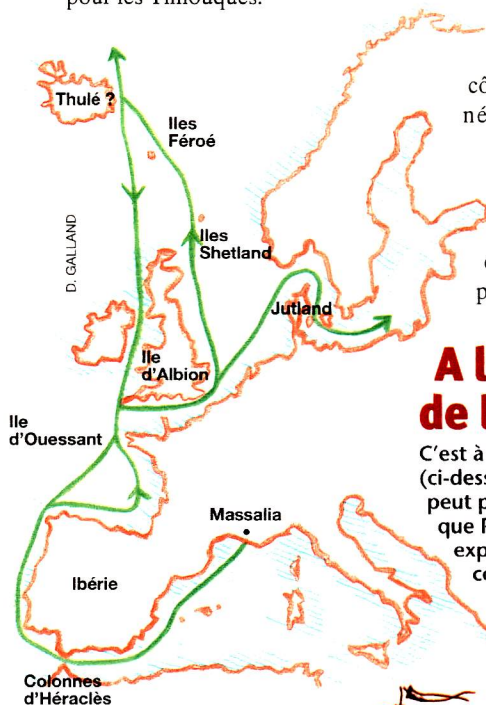
étonnante, il les franchit sans encombre, soit parce qu'il réussit à tromper de nuit la vigilance de l'ennemi, soit parce qu'il établit avec lui un accord d'investigation commerciale.

Après une halte dans la cité phocéenne de Gadès (Cadix, Espagne), il parvient en six jours au cap Sacré (cap Saint-Vincent). Suivant la route du Carthaginois Himilcon (environ un siècle auparavant), il remonte ensuite l'océan de cap en cap, jusqu'à la Bretagne. Dans la relation de son voyage, connu des Anciens sous deux titres, *Sur l'Océan* et *Description de la Terre* (2), il évoque les quantités d'îles qui se trouvent au large de la péninsule armoricaine.

De là, le Massaliote se dirige très certainement vers la Cornouaille et

## A la découverte de l'Europe

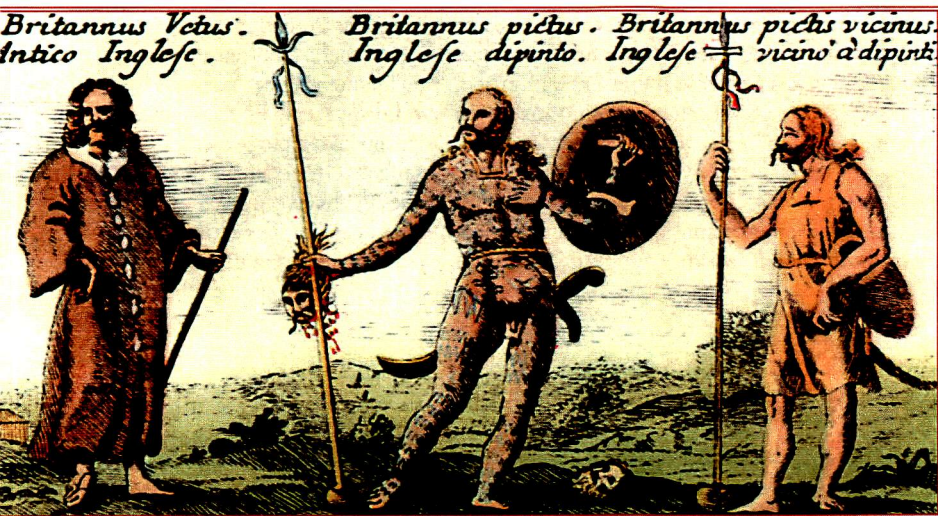
C'est à bord d'un pentécontor (ci-dessous), solide navire qui peut parcourir 150 km par jour, que Pythéas accomplit son exploit. Après le passage des colonnes d'Héracles, il longe les côtes – ou bien il rejoint l'île d'Ouessant –, contourne l'île d'Albion et atteint l'île de Thulé (Islande). Il ira ensuite jusqu'à la mer Baltique.



(2) Ce récit nous est connu par des citations de Strabon.



# précise de la Grande-Bretagne



## Les “sauvages” de l’île d’Albion

Premier navigateur à débarquer sur l’île d’Albion (Angleterre), Pythéas loua la simplicité de ses habitants et leur absence de méchanceté. (Gravure réalisée d’après les *Commentaires* de Jules César.)

les petites îles Sorlingues, régions alors très riches en étain. On les appelle les Kassitérides (du grec *kassiteros*, “étain”). Pythéas décrira en détail l’exploitation du minerai. Il touche l’île de Wight, qu’il nomme Ictis, et remonte le long des côtes de l’île d’Albion (Angleterre). Il en explore une grande partie à pied et évalue son périmètre à 6 400 km (en unités modernes). Il estime aussi la distance entre l’Angleterre et Massalia à 1 700 km (au lieu de 1 800 km).

Pythéas rencontre les peuples de ces “nouvelles” contrées. Il restera d’ailleurs longtemps le seul à les avoir approchés. Il dépeint leurs mœurs avec force détails : « Ce sont des gens très simples, bien éloignés de la ruse et de la méchanceté des gens d’aujourd’hui. [...] Ils boivent non pas du vin, mais une liqueur fermentée à base d’orge. »

La taille et la forme de la Grande-Bretagne sont alors incon-

nues. Pythéas en donne, pour la première fois, une description nourrie : « La Bretagne est triangulaire comme la Sicile, mais ses côtés ne sont pas égaux. Elle s’étire obligatoirement le long d’un continent ».

En six jours de navigation, il atteint l’île de Thulé. Est-ce la Norvège ? Sans doute pas : ce pays se situe trop à l’est. S’agit-il de l’une des îles Shetland ou de l’archipel des Féroé ? On ne saurait les confondre avec une grande île... C’est donc vraisemblablement l’Islande, dont Pythéas peint avec étonnement les habitants : « Les Barbares nous montraient où se couche le Soleil, c’est-à-dire l’endroit où il disparaît pendant six mois, mais où, l’été, les nuits sont éclairées. » Il évoque ainsi le cercle polaire...

Il poursuit sa montée vers le nord et dépasse sans doute le 65° parallèle. Il décrit le paysage, à un jour de navigation de Thulé : « Il n’existe plus de véritable terre, ni de mer, ni

d’air, mais une combinaison de ces éléments, [...] comme un poumon marin [nom grec de la méduse]. Tout ce qui existe se trouve en suspension, rendant la navigation et la marche impossibles. » Cette vision, où se mêlent icebergs, brouillard et mer, a sans doute terrorisé les marins. Puis Pythéas redescend vraisemblablement par la côte ouest de

l’Angleterre et découvre l’Irlande sans y faire escale.

Ce voyage ou un autre le conduit aux confins de la mer Baltique, pays de l’ambre jaune, jusqu’au fleuve Tanais, qui peut être la Vistule ou le Niémen. Il découvre une île immense, que les indigènes nomment Abalus et que Pythéas baptise “Royale”, en souvenir de l’Atlantide, où le palais de Poséidon est recouvert d’ambre. Le contour de l’Europe commence à sortir de la nuit.

## À SON RETOUR, IL PASSE POUR UN menteur

Durant son périple, Pythéas enregistre avec précision les déclinaisons du Soleil dans l’hémisphère nord. Il a l’idée de comparer une différence de latitudes (Marseille : 43° et cap Orcas : 58°) avec une distance parcourue en mer : 1° de latitude vaut environ 700 stades (110 km). Bien avant Hipparque (II<sup>e</sup> siècle avant notre ère) et Eratosthène (– 284, – 192), il attribue à la circonférence de la Terre la valeur – en unités modernes – de 39 500 km (elle est en réalité, à l’équateur, de 40 074 km).

Passé les colonnes d’Héraclès, ■ ■ ■



# *Il ne fut reconnu qu'au XVI<sup>e</sup> siècle*

■ ■ ■ Pythéas observe le flux et le reflux de la mer, et les corrèle avec l'attraction de la Lune. On sait à l'époque que la Lune se retrouve à la même position dans le ciel toutes les 24 h 50 min. Pythéas découvre que les marées, comme la Lune, prennent 50 minutes de retard par jour, soit environ un jour par mois. A son retour, il passera pour un menteur, et certains savants lui rétorqueront que, si la mer monte, d'ailleurs fort peu, cette hausse est due à l'afflux des rivières !

Enfin, Pythéas fut astronome. Il remarqua qu'il n'y avait pas d'étoile visible au pôle, alors qu'Eudoxe (-406, -355) en plaçait une. Le phénomène de précession des équinoxes (lié au lent déplacement de l'axe des pôles) confirme son observation. Au-delà du 65° parallèle, il découvre de nouvelles constellations qui

ne se couchent pas, dont la constellation circumpolaire du Bouvier. Il s'aperçoit que le point marquant le pôle forme un quadrilatère avec trois étoiles voisines ( $\beta$  de la Petite Ourse et  $\alpha$  et  $\kappa$  du Dragon). En ce temps-là, l'étoile polaire – qu'on l'appelait l'étoile du Gardien de l'ours ou la Phénicienne – était beaucoup plus éloignée du pôle qu'aujourd'hui.

De retour chez lui, Pythéas ne fut pas fêté comme il le méritait. Pour au moins deux raisons. En premier lieu, il semble avoir échoué dans son entreprise commerciale : la route qu'il avait découverte ne fut pas exploitée après lui. Pourquoi ? Parce que Carthage aurait sans doute empêché le trafic ; parce que les déplacements maritimes étaient plus

longs et plus aléatoires que les voyages terrestres ; enfin parce que, les Celtes se stabilisant en Europe, leurs attaques avaient sans doute diminué. L'autre raison de l'impopularité de Pythéas tient au fait que, au IV<sup>e</sup> siècle avant notre ère, si l'on avait compris que la Terre est ronde, on restait persuadé que la

être dans l'étendue que je ne peux que penser à d'autres terres au-delà de l'immensité de l'océan. »

Le voyage de Pythéas a incontestablement fait progresser les connaissances. Grâce à lui, l'Europe fut mieux connue géographiquement et ethniquement. Les cartes de l'archipel britannique et des côtes germaniques furent dessinées.

C'est seulement à partir du XVI<sup>e</sup> siècle qu'on commença à reconnaître l'apport de cet explorateur de génie. En 1753, le navigateur Louis-Antoine de Bougainville salue l'« habile astronome, ingénieux physicien, géographe exact, hardi navigateur, [dont les] voyages ont contribué à perfectionner la connaissance du globe ».

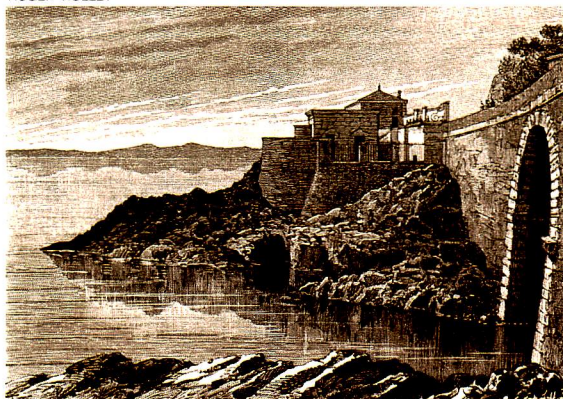
Pourtant, se peut-il que Pythéas n'ait pas effectué ses voyages ?

Son livre a vraisemblablement

disparu lors de l'incendie de la bibliothèque d'Alexandrie, en 47 (d'autres historiens situent le fameux incendie en 391, ou même en 640). Mais il en existait heureusement de nombreuses copies, dont purent servir les géographes et les astronomes des générations suivantes.

Autres questions : se serait-il rendu en Bretagne par voie terrestre, comme on a pu le soutenir ? Dans quel sens a-t-il contourné l'Angleterre ? Est-il vraiment allé aussi loin au nord ? A-t-il découvert l'Islande ? Les historiens n'ont toujours pas tranché. A l'instar de Marco Polo, dont le voyage en Chine continue d'être controversé, Pythéas n'a pas fini de susciter des interrogations...

ROGER-VIOLETTE



## Marseille veille sur la mer

Pythéas expliqua le phénomène des marées. Bien plus tard (à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle), Marseille, sa ville natale, s'est dotée d'un observatoire marégraphique.

Méditerranée était le centre du monde et qu'il était impossible de vivre au-delà du 45° parallèle. Or, Pythéas exposait qu'il y avait une vie au nord du 60° parallèle. Plutôt que de remettre en question la conception du monde, on préféra penser qu'il inventait de toutes pièces.

### SE PEUT-IL QU'IL N'AIT PAS EFFECTUÉ SES VOYAGES ?

Pourtant, Pythéas l'incompris était fort en avance sur son temps. Il imaginait qu'au-delà des terres connues il en existait d'autres : « Si je calcule la courbure de l'Europe et la courbure du monde, je suis obligé de concevoir une sphère au rayon si grand et à un monde habité si étroit par rapport à ce qui doit



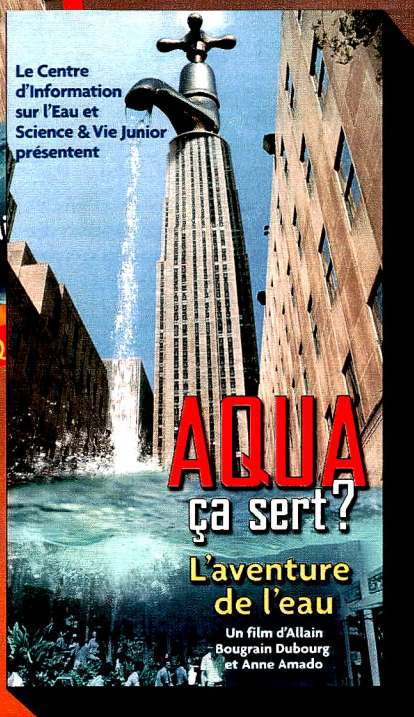
# CI eau

CENTRE D'INFORMATION SUR L'EAU

# SCIENCE & VIE JUNIOR



UN FILM  
D'ALLAIN BOUGRAIN-DUBOURG  
ET ANNE AMADO,  
PRODUIT PAR SCIENCE & VIE JUNIOR  
ET LE CENTRE D'INFORMATION  
SUR L'EAU.



L'eau, c'est la vie !  
Une histoire qui remonte  
loin. Entre les aqueducs  
romains et les  
600 000 kilomètres de  
canalisations qui alimen-  
tent aujourd'hui la  
France, l'eau a coulé sous  
les ponts.  
Salée, glacée, souterrai-  
ne ou tombée des nues,  
elle coule à flots sur  
notre planète...  
Pour ne pas rester sec  
sur la question,  
laissez-vous glisser dans  
une aventure...  
qui éclabousse !

## SCIENCE & VIE JUNIOR, PARCE QUE LA CURIOSITÉ EST UN TRÈS BEAU DÉFAUT

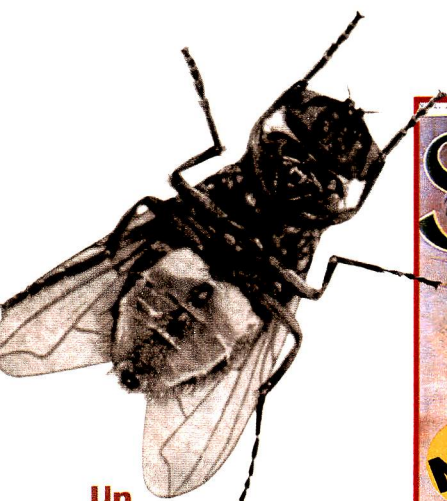
\* Opération réservée aux éditions vente au numéro France métropolitaine, Belgique et Luxembourg.



# RÉTRO

# Il y a 85 ans

par Véronique Rochewsky



## Un petit agent de la mort

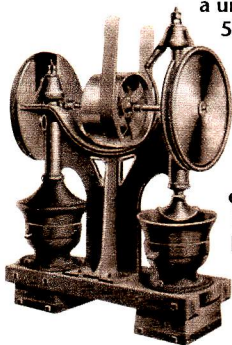
La mouche transporte des milliers de bactéries sur son corps et sur ses pattes. On peut y détecter les germes de la fièvre typhoïde, de la dysenterie, de la tuberculose et de bien d'autres maladies.

## La poudre de riz ne coûte pas cher à fabriquer

Préparée en quantités industrielles, la poudre de riz de nos élégantes revient

à un prix infime : 50 centimes

le kilogramme. Pour la fabriquer, on utilise notamment un concasseur à pilons qui réduit en poudre les racines d'iris, les fragments de carbonate de magnésie et tous les autres composants.



**Avril 1913**

Grâce aux qualités de résistance des aciers modernes, ce canon, qui forme la grosse artillerie des cuirassés de la marine française, ne pèsera que 55000 kg, dont 14000 seulement pour le tube.

PHOTOS X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

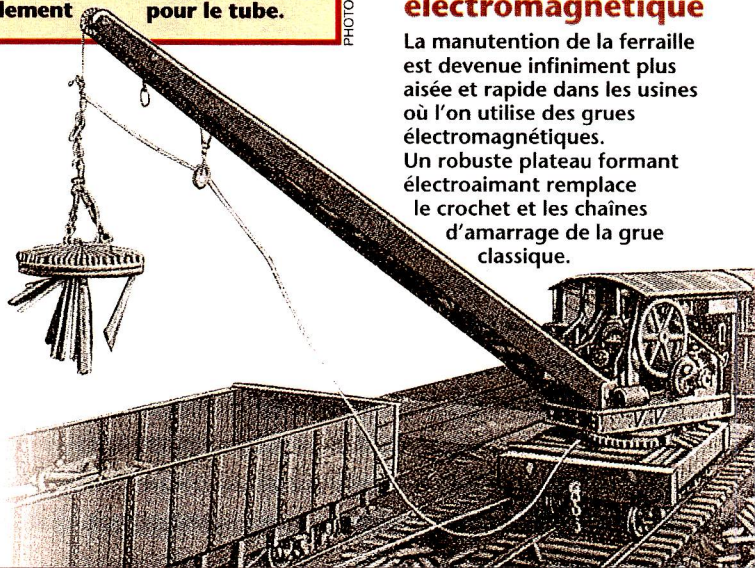


## Quand les enseignes s'animent

Pour attirer le regard des passants, cette enseigne tourne sur elle-même. Sa partie centrale est éclairée par des lampes à vapeur de mercure, tandis que des rayons lumineux partent de chaque sommet pour donner l'illusion de gerbes de flammes.

## La grue électromagnétique

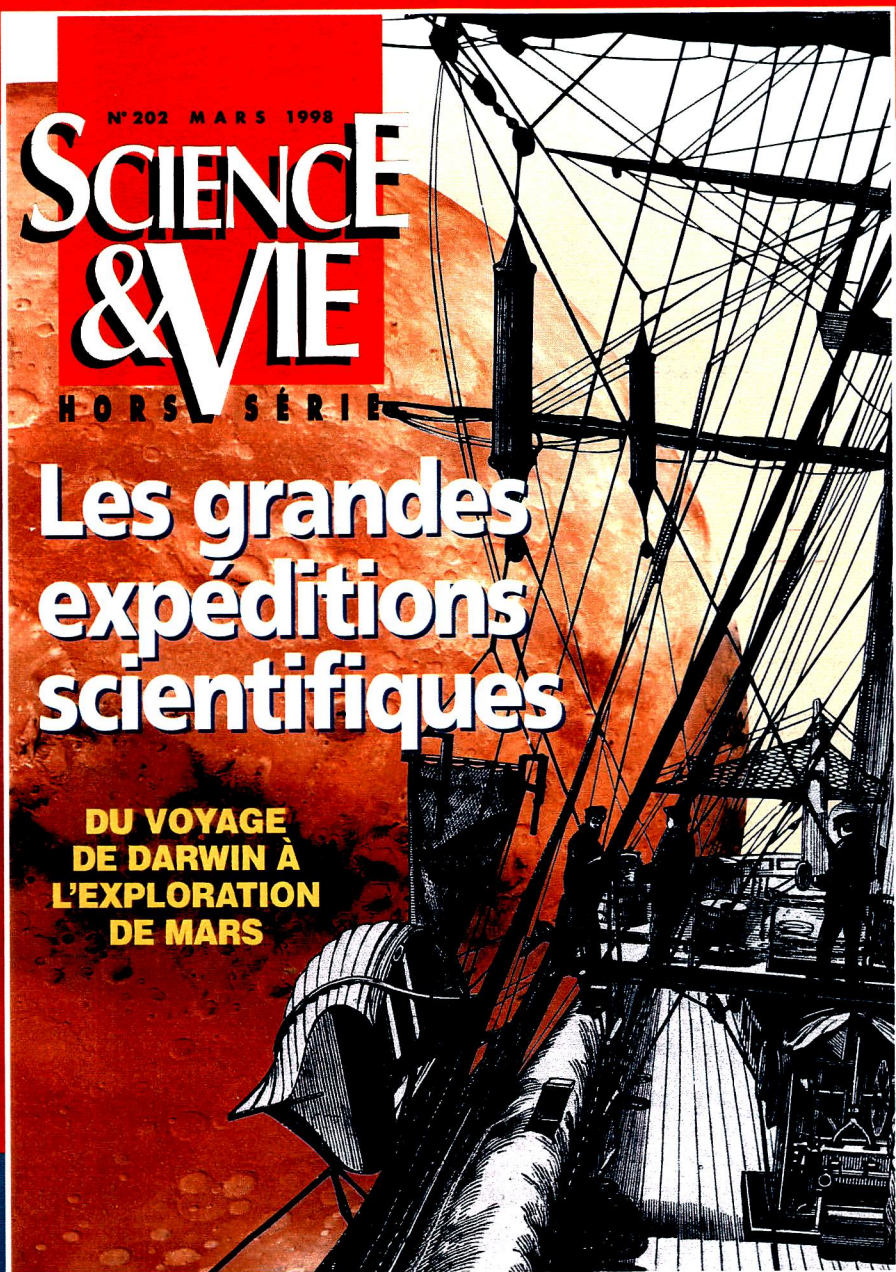
La manutention de la ferraille est devenue infiniment plus aisée et rapide dans les usines où l'on utilise des grues électromagnétiques. Un robuste plateau formant électroaimant remplace le crochet et les chaînes d'amarrage de la grue classique.





**SCIENCE  
& VIE**  
HORS SÉRIE

**SCIENCE & VIE HORS SÉRIE**  
évolue pour mieux répondre aux  
attentes de ses lecteurs avec  
plus de photos et d'explications,  
plus de diversité  
et de facilité de lecture.



**EN VENTE PARTOUT**



# SOLS POLLUÉS

## Enfin la vérité...

### Exemple à suivre

Même s'il a fallu attendre près de dix ans pour que l'Etat intervienne à Sermaise (Essonne), la réhabilitation du site où avaient été enterrés plusieurs centaines de fûts contenant des solvants marque une prise de conscience des problèmes de pollution des sols.



■ Pour la première fois, un inventaire exhaustif des sols pollués va être rendu public. La France a du mal à assumer le lourd héritage d'un siècle et demi d'industrialisation.

Et commence à peine à se soucier des effets toxiques des produits répandus dans les sols.





**U**ne sacrée boîte de Pandore s'ouvre ce printemps.

Le ministère de l'Environnement va publier l'inventaire des sols pollués de Rhône-Alpes, première région à avoir fini le travail. C'est, promet-on, un catalogue exhaustif. Rien à voir avec celui qu'a présenté, en novembre dernier, Dominique Voynet, ministre de l'Environnement – qui ne comptait que 896 sites reconnus. Cette fois-ci, c'est une opération vérité, dont la transparence sera jugée à l'ampleur des réactions qu'elle devrait susciter. Plus ce rapport provoquera de colères, de protestations et de rejets, plus il sera proche de la vérité. Au ministère, on croise les doigts...

Depuis que les pouvoirs publics ont mis l'accent sur le sujet, au début des années 90, on assiste à un festival de chiffres tronqués et de listes farfelues, qui alimentent un débat public malsain, traversé par l'idée solidement ancrée qu'"on nous cache quelque chose". Cela commence par un acte de contrition...

En 1991, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) profite de la dépollution du site de Sermaise (Essonne) – où l'on a enfoui plusieurs centaines de fûts de solvants usagés – pour affirmer qu'une nouvelle politique va voir le jour. A l'époque, il n'y a pas d'inventaire, et encore moins de

débat. La preuve : les premières pollutions de la nappe de la Craie, qui alimente les communes de Sermaise et de Saint-Chéron, remontent à 1983; l'Etat mettra pourtant près de dix ans à intervenir. Scandaleux, mais personne n'a réagi.

Le premier inventaire paraît en 1992 dans la panique la plus totale. Cette année-là, on trouve dans les locaux d'une usine désaffectée du centre de Metz un sol imprégné de pyralène. L'affaire fait grand bruit et contraint la ministre de l'Environnement, Ségolène Royal, à publier en catastrophe un premier inventaire, riche d'une centaine de sites. La liste est à la hauteur de la mécon-



■ ■ ■ naissance du moment. Certaines friches industrielles en cours de traitement n'y figurent pas, des adresses se révèlent fausses. Les services de l'Etat ne peuvent plus se réfugier derrière la loi de 1976 sur les installations classées, qui impose aux industriels une remise en état des terrains qu'ils abandonnent.

Un rapport est commandé au

posent la liste des 896 sites annoncés par Dominique Voynet. Celle-ci ne prétend pas à l'exhaustivité de son inventaire. Le jour de la présentation, elle prend soin de rappeler qu'un travail historique est en cours. La ministre n'a rien à cacher. Et pour cause : elle ne sait rien.

Les dons de l'EPE se sont vite révélés très insuffisants. Les techniques de dépollution coûtent cher. Et les sites sont trop nombreux. Dès 1988, une unité du CNRS engage dans la région Midi-Pyrénées une étude historique des sites industriels susceptibles d'avoir laissé des traces dans le sol. Travail fastidieux mais relativement simple. Depuis... 1810, une loi exige des industriels qu'ils déclarent leur activité aux autorités et impose une inspection de l'administration à chaque fermeture de site. Si, par manque de fonctionnaires, cette visite a rarement eu lieu, les formulaires d'ouverture, eux, sont toujours remplis. Dans la seule région Midi-Pyrénées, on compte près de 10 000 sites potentiellement pollués.

C'est par cette méthode qu'on se rend soudain compte de l'ampleur de la catastrophe. La France sort de cent cinquante ans d'histoire industrielle, pendant lesquels les patrons, l'Etat et l'opinion publique ne se sont jamais inquiétés des pollutions possibles. Au contraire, les industriels tenaient le sol pour un réceptacle pratique et sain de leurs déchets. On pensait alors que la terre avait une capacité d'absorption illimitée.

Plus tard, avec l'essor de la voitu-

re, on a enfoui des milliers de cuves d'essence ou de gazole sans jamais imaginer qu'un jour les parois se corroderaient. Enfin, jusqu'à une date très récente, les décharges de déchets industriels n'ont été qu'une façon de balayer la poussière sous le tapis.

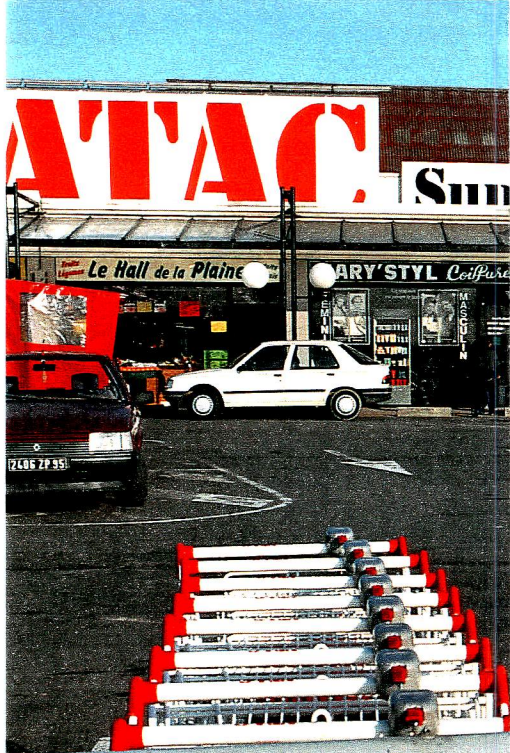
La prise de conscience est tardive. Quand on décide d'agir, il y a belle lurette que le tissu industriel a changé. Si les grands groupes occu-

## La terre, réceptacle pratique pour les déchets

président d'honneur de Rhône-Poulenc, Jean-René Fourtou. Dans l'état des connaissances d'alors, le travail de ce grand patron est honnête. Il reconnaît les problèmes que posent les sites dits "orphelins" (propriétaire absent ou insolvable). Pour faire montre de bonne volonté, Rhône-Poulenc et une dizaine de multinationales (Usinor, Lafarge, Saint-Gobain, Renault, Pechiney, Solvay, etc.) créent Entreprises pour l'environnement (EPE), une association chargée de gérer les fonds engagés par les industriels dans la dépollution des sols. Dans l'esprit du Conseil national du patronat français (CNPF), EPE est aussi un alibi pour éviter la création d'une nouvelle taxe.

### LA MINISTRE NE SAIT RIEN

De 1992 à 1996, les 40 millions de francs annuels fournis par EPE à l'ADEME, ajoutés à quelques subside de l'Etat, permettront de gérer des sites où l'urgence commande parce qu'il y a des risques pour la santé humaine ou pour la qualité de l'eau potable. Ce sont ces sites reconnus, étudiés et dont la dépollution est budgétisée – plus ceux où l'administration a ordonné à l'industriel de nettoyer son sol –, qui com-



F. PERRI





## Sous le béton coule le cyanure

**A Louvres (Val-d'Oise), les nappes phréatiques sont contaminées par du cyanure. Pour espérer retrouver les voies qu'il emprunte, il faut dégager les puits de l'ancienne usine susceptibles d'être à l'origine de la pollution. Et pour cela "casser" le béton du parking du supermarché sous lequel ils se trouvent.**

ventaire complet qui va être publié pour Rhône-Alpes, les listes des vingt autres régions métropolitaines devant se succéder dans les mois à venir. Ce bilan devrait nous en apprendre beaucoup sur les critères de travail des Directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE). Si l'on ne peut en effet nier que l'activité industrielle a eu partout un impact sur les sols, on peut en revanche discuter du danger des sites. C'est la recherche que mène le Groupe de travail national sur les sites pollués.

Ce groupe a été mis en place pour gérer la taxe sur les déchets industriels spéciaux, que le CNPF n'a finalement pas pu éviter. Le fruit de cette taxe, instituée par la loi Barnier du 2 février 1995, est destiné à financer les travaux de dépollution. On ne sait pas encore combien elle rapporte, car son décret d'application n'a été publié que le 11 mai 1996. Fâcheusement oublié, ce texte a été opportunément détérioré par l'ancien Premier ministre, Alain Juppé. Maire de Bordeaux, il est en effet obligé, au printemps 1996, de réagir à la découverte sur son territoire communal d'une friche industrielle polluée par du pyralène. Sans ce hasard, la taxe et le groupe de travail n'auraient peut-être jamais vu le jour.

Pour affecter les sommes aux sites à traiter en urgence, le Groupe doit élaborer une échelle de risque, qui permette de choisir "objectivement" d'agir ici plutôt que là. Vaste débat entre les plus alarmistes – comme les deux représentants des associations de défense de l'envi-

ronnement, Jackie Bonnemain, de Robin des Bois, et Georges Thouvenot, de France Nature Environnement (FNE), membres de droit du groupe de travail –, et

les plus sereins – comme les porteparole des industriels ou les experts issus de l'école des Mines. Au sein du Groupe, on parle beaucoup en ce moment de ce qui se passe à Louvres, une commune du Val-d'Oise proche des pistes de l'aéroport de Roissy. Une histoire qui relativise les querelles d'experts.

### LA FOUILLE DES ARCHIVES DÉPARTEMENTALES

En mai 1996, la Direction départementale de l'action sociale et sanitaire (DDASS) du Val-d'Oise a la surprise de noter un très fort taux de cyanure (1) dans l'eau pompée à Louvres dans les sables de l'ypresien et les calcaires du lutécien, deux nappes phréatiques situées à respectivement 40 m et 60 m de profondeur. Alertée, l'antenne francilienne de l'ADEME constate que la norme de potabilité de 50 microgrammes de cyanure par litre est largement dépassée. Le point de captage est fermé, l'enquête commence.

Les techniciens installent des piézomètres (2) à 1 km en aval de la zone industrielle de Louvres, où se trouve un suspect tout désigné : une entreprise de traitement de surfaces qui utilise le cyanure pour décaper les métaux. Fausse piste. Le piézomètre aval innocente l'usine, bien que son patron soit incapable de justifier la disparition ■ ■ ■

pent les mêmes emplacements qu'il y a des décennies (ou ont gardé la mémoire de leurs anciens sites), que faire des terrains abandonnés depuis longtemps et affectés à d'autres usages ?

Combien y en a-t-il en France ? 100 000 ? 200 000 ? 300 000 ? Impossible de le savoir. Il faut donc se plonger dans les archives départementales, cantonales, municipales. Le travail est en cours, et c'est cet in-

(1) Les cyanures sont des poisons très puissants utilisés dans le traitement des surfaces des métaux. La dose mortelle pour l'homme est de 50 milligrammes. Des doses plus faibles entraînent des vomissements, des troubles de la respiration et une perte de conscience.

(2) Instruments servant à mesurer la compressibilité des liquides.



■ ■ ■ de 1,5 tonne de cyanure.

On suppose ensuite qu'un industriel indécrottable s'est débarrassé nuisamment de produits dangereux dans l'une des nombreuses décharges de la région, ce qui, selon les techniciens de l'ADEME Ile-de-France, arrive de temps en temps.

## Impossible de traiter les 200 000 sites français pollués

Mais, de nouveau, chou blanc...

L'ADEME emploie donc la méthode du CNRS. Elle va fouiller dans les archives départementales. Et l'on découvre que, de 1905 à 1951, une usine a fabriqué à Louvres du cyanure de sodium, du sulfure de chrome et du cyanure de potassium. Après l'arrêt de la société, le terrain a servi à diverses industries non chimiques. En 1989, on y a construit un supermarché. Que du cyanure répandu il y a un demi-siècle réapparaisse aujourd'hui étonne plus d'un chimiste. Ce produit s'infiltre assez mal dans le sol. Pourtant, une analyse de la terre des remblais du supermarché révèle une concentration de 24 milligrammes de cyanure par kilogramme. Le coupable est trouvé.

### PREMIÈRE MESURE : LA FERMETURE DES CAPTAGES

Vient le temps des questions. Pourquoi le cyanure a-t-il mis tant de temps pour migrer ? Quelle quantité le sol en contient-il ? Quelle est la taille exacte de la nappe phréatique ? Jusqu'où va s'étendre la pollution ? Pendant combien de temps ?

Jean Lemale, ingénieur expert à l'ADEME, ne peut répondre. Il ne comprend pas d'où vient le cyanure, ignore combien il y en a, ne sait rien des accidents géologiques et

des circulations souterraines de l'eau qui pourrait contenir la pollution. Les deux nappes phréatiques polluées s'étendent sur toute l'Ile-de-France. Le cyanure finira bien par se diluer, mais quand, sur quel volume de la nappe, après avoir causé quels dégâts ?

Au cours de l'année dernière, le captage de Goussainville est lui aussi fermé. Le cyanure descend donc vers la zone aval. En décembre, c'est celui de Thiais qui est atteint et abandonné. Puis, à Gonesse, deux captages alimentant les usines du limonadier Schweppes et du charcutier industriel Paul Prédault sont eux aussi condamnés. En aval de ces forages et jusqu'à la Seine, il n'y a pas de captage d'eau. On ne sait donc pas ce qui se passe en dessous de la Seine-Saint-Denis. Pour le savoir, il faudrait installer de nouveaux piézomètres.

Il faut bien agir. « La seule solution, c'est de diluer la pollution en pompant une eau impropre à la consommation », dit à regret Jean Lemale. Depuis février dernier, à travers trois forages, on pompe 240 m<sup>3</sup> d'eau à l'heure. Problème : que faire de cette masse liquide ? En attendant mieux, l'eau cyanurée est déversée dans le Croult, rivière qui se jette dans un petit lac situé près de Goussainville. La préfecture du Val-d'Oise a délivré l'autorisation de rejet d'une eau contenant jusqu'à 150 microgrammes de cyanure par litre. Quant aux 20 000 habitants de Louvres et de Goussainville, ils boivent une eau qui vient d'Asnières, de l'autre côté de Paris. L'association Val-d'Oise Environnement a décidé de porter plainte. C'est une première juridique.

Cette mesure d'urgence n'est autorisée que pour dix-huit mois. L'ADEME cherche à mieux connaître le phénomène pour ap-



PHOTO F. PERRI

## Les revers du développement économique

**Au Petit-Quevilly, dans la banlieue de Rouen, les usines ont laissé la place à des zones d'habitation. La superposition de la carte des dépôts de produits chimiques et de celle de l'occupation des sols a permis de découvrir que des écoles et des terrains de jeux se trouvent sur des lieux contaminés. Notamment l'école maternelle Casanova (ci-dessus), construite à l'emplacement de la décharge de l'usine Malétra, qui fabriquait de l'acide sulfurique...**

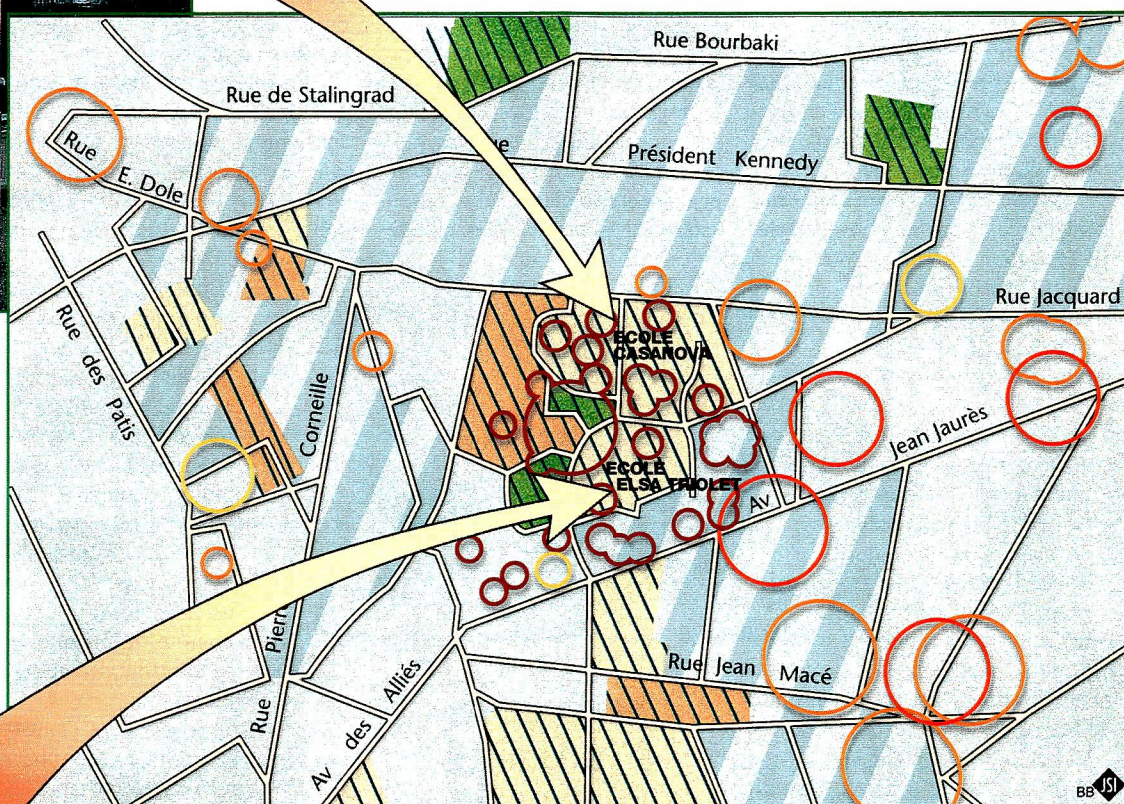
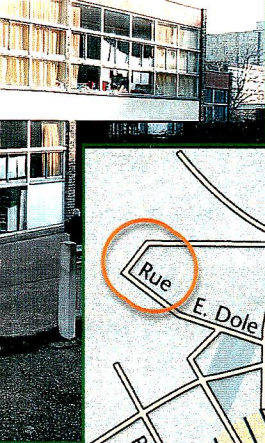
porter la bonne réponse. Il faudrait retrouver les puits sarda de l'ancienne usine, ce qui permettrait de découvrir les chemins possibles du cyanure. Les puits sarda sont noyés sous le bitume du parking du supermarché. Il faudrait creuser de grosses fosses juste devant l'entrée du magasin...










Le cas de Louvres est remonté jusqu'au ministère de l'Environnement, où se tiennent régulièrement des réunions fiévreuses. Au sein du groupe de travail, cette histoire conforte l'opinion des plus alarmistes, pour qui aucun site n'est sans danger. La zone d'activité de Louvres paraissait suffisamment saine et pourtant...

Les experts, principalement issus de l'école des Mines, tiennent cependant à établir des normes. Il sera impossible de traiter les







 Ecoles	<b>Cibles : occupation des sols</b>	<b>Sources : extensions des polluants</b>	
 Terrains de sport	 Vulnérabilité maximum	 Danger maximum : note 4	 Danger modéré : note 2
 Parcs	 Vulnérabilité forte	 Danger fort : note 3	 Danger faible : note 1



200 000 (ou 300 000) sites pollués français. Or, en de nombreux endroits, les polluants sont chimiquement stables, inertes et éloignés des courants d'eau qui peuvent les disperser. Dès lors, pourquoi dépolluer ? demandent les experts.

Ils s'emploient donc à établir des normes en deçà desquelles on pourrait s'abstenir d'intervenir. Ainsi, tout site éloigné d'au moins 50 m

d'un chemin habituel de l'eau serait déclaré inoffensif. EPE va plus loin : elle affirme, sans preuve, qu'à peine 10 000 des 200 000 sites devraient être traités. Dans cet aimable flou, la somme de 500 milliards de francs régulièrement citée comme nécessaire à la dépollution des sols industriels français est issue d'un calcul de gribouille.

« En réalité, avoue Bruno Sauvalle, ingénieur des Mines et chef du bureau de la pollution des sols au ministère de l'Environnement, la dépollution va durer au moins deux générations. C'est seulement à la fin qu'on en connaîtra le coût. »

Si, au sein du groupe de travail, les débats sont si âpres, c'est qu'on

ne sait pas très bien comment localiser précisément les sols pollués. Les archives ne suffisent pas, car les autorisations administratives ne fournissent pas l'emplacement exact des lieux de pollution.

## LE SECOURS DE L'UNIVERSITÉ

Pour le découvrir, il faut mener un travail de géographe. Cette voie a été explorée l'année dernière par le laboratoire Modélisation et traitement graphique en géographie (MTG) de l'université de Rouen.

Trois thésards, Pierrick Folligne, Jean-Pierre Vapaille et Renaud Zambaux, ont déterré les archives industrielles de la rive gauche de Rouen pour en dresser une cartographie exacte, qu'ils ont superposée à l'utilisation actuelle du terrain. L'exercice de cette thèse consiste à ■ ■ ■



■ ■ ■ relocaliser un cadastre ancien sur Géoroute, la base de données de l'Institut géographique national (IGN). Les résultats sont d'un intérêt bien supérieur à la simple performance cartographique.

La rive sud de Rouen était campagnarde jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle. C'est donc sur ces terrains libres que s'est installée, au XIX<sup>e</sup> siècle, une puissante activité chimique. Le grand industriel de l'époque s'appelle Malétra. De 1830 à 1965, il va faire vivre toutes les cités ouvrières du Petit-Quevilly, du Grand-Quevilly et de Sotteville-lès-Rouen, grâce à son usine de fabrication d'acide sulfurique. La destruction de ces quartiers lors de la Seconde Guerre mondiale a remodelé la ville. Les industries polluantes se sont établies plus en aval. En face de Rouen, le quartier de Saint-Sever a vu pousser les HLM. Malétra a cependant maintenu son activité dans le nord du Petit-Quevilly jusqu'en 1965. On a ensuite rasé l'usine, et l'agglomération a immédiatement colonisé l'espace libre.

### L'ÉTERNEL PROBLÈME DES FAIBLES DOSES

Les étudiants du MTG ont collecté les déclarations de production de l'usine Malétra. Pour chaque parcelle cadastrale, ils ont déterminé la quantité et le type de produits qui ont été répandus dans le sol pour construire une échelle de dangerosité. Grâce à des points repères qui n'ont pas bougé dans le temps, les géographes ont pu superposer les cartes. Le cas le plus spectaculaire concerne l'école et les terrains de jeux construits, dans les années 70, à l'emplacement exact de la décharge de l'usine Malétra (voir pages précédentes)!

Très embarrassant... Les élèves

et les sportifs courent-ils un danger? Question de santé publique d'autant plus complexe qu'on est en présence de faibles doses, dont on ignore l'effet à long terme. Cette mémoire retrouvée implique également la recherche des responsabilités. L'industriel est en premiè-

du développement économique et industriel français.

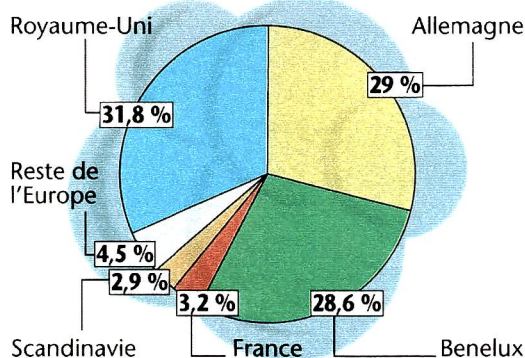
En publiant l'inventaire de Rhône-Alpes, le ministère de l'Environnement s'attend à une avalanche de revendications. On examinera la liste à la loupe pour voir si les critères de sélection de la

DRIRE et du BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) n'ont pas écarté des sites qui mériteraient d'y figurer, mais qui en sont absents soit en raison de leur "faible nocivité chimique", soit parce que leur surface a été déclarée trop petite pour qu'ils soient pris en compte. L'inventaire sera surtout décortiqué

par les populations concernées.

Après avoir consulté la Commission nationale informatique et liberté (CNIL), instance compétente en matière de publication d'un fichier informatique, le ministère de l'Environnement a décidé de ne pas révéler les noms des propriétaires actuels des terrains pollués. La liste ne comprend que les noms des communes et les raisons sociales des entreprises polluantes. Dans toutes les mairies, il faudra donc éplucher l'inventaire. Les maires se verront reprocher d'avoir donné certains permis de construire, tandis que des propriétaires hurleront qu'on cherche à dévaloriser un bien acquis grâce à toute une vie de travail.

La vérité a toujours eu un coût. Mais, quels que soient les pleurs et les grincements de dents, on ne peut plus reculer. Il s'agit ni plus ni moins d'éviter qu'à l'avenir, par ignorance, on construise des écoles sur des décharges industrielles et des supermarchés sur des réservoirs à poison... Voilà pourquoi la publication exhaustive de l'héritage industriel est tout simplement un acte de démocratie.



## La France à la traîne

**Le marché européen de la dépollution des sols devrait atteindre cette année 12 milliards de francs. Mais l'attitude de la France face à ce problème de santé publique est bien différente de celle du Royaume-Uni, de l'Allemagne et du Benelux, puisque les sommes qu'elle y consacre sont dix fois moins importantes.**

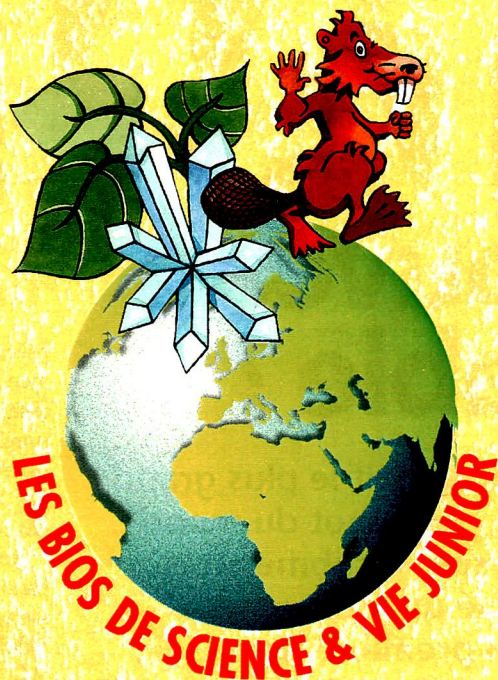
re ligne. Sa gestion des résidus de produits chimiques dangereux est défailante. Mais les maires successifs n'auraient jamais dû autoriser la moindre construction sur ces terrains, encore moins celle d'une école. Cependant, rappelle le patronat, il serait injuste de ne pas mettre dans la balance l'accord tacite des habitants du Petit-Quevilly, à qui l'usine chimique a fourni du travail pendant des générations.

D'où l'idée, couramment avancée, que les sols pollués relèvent de la responsabilité nationale, prix à payer pour un solde de tout compte



Avec **SCIENCE & VIE**  
**JUNIOR**

**PARTICIPEZ À LA  
2<sup>e</sup> ÉDITION DU GRAND CONCOURS  
DE BIOLOGIE GÉOLOGIE  
LES BIOS DE SCIENCE & VIE JUNIOR  
LE MARDI 12 MAI 1998**



**Clôture des inscriptions le 10 avril 1998**

- Tous les collégiens de France métropolitaine peuvent participer.
- C'est un jeu-concours QCM de biologie géologie.
- Les professeurs de biologie géologie inscrivent leurs élèves.
- Des milliers de cadeaux récompensent les gagnants et les participants.

Pour tout renseignement sur les inscriptions :  
"Les BIOS de SCIENCE & VIE JUNIOR"  
5, rue Jean-Grandel - 95109 ARGENTEUIL Cedex  
Tél. : 01 39 98 06 33 - Fax : 01 39 81 50 81

Pour tout autre renseignement : Sandra KLEIN  
"Les BIOS de SCIENCE & VIE JUNIOR"  
1, rue du Colonel-Pierre-Avia - 75503 PARIS Cedex 15  
Tél. : 01 46 48 48 30 - Fax : 01 46 48 49 39



**HACHETTE**  
Éducation

**Art. 27**

AVEC LE SOUTIEN  
DE L'INSPECTION GÉNÉRALE DU  
MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE





# TITANIC

## Un nouveau coupable ?

■ En 1912, le *Titanic* était le plus grand et le plus luxueux paquebot du monde. Et surtout le plus sûr : insubmersible. Or, pour avoir frôlé un iceberg, il a sombré dès sa première traversée. On cherche toujours les raisons précises du désastre. Dernière hypothèse : la fragilité des rivets.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

**L**e 1<sup>er</sup> septembre 1985, une équipe menée par le Français Jean-Louis Michel et l'Américain Robert Ballard (1) repérait enfin l'épave du *Titanic*, qui avait sombré dans l'Atlantique soixante-treize ans plus tôt, dans la nuit du 14 au 15 avril 1912.

(1) Respectivement de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) et de la Woods Hole Oceanographic Institution.

Conformément aux témoignages des rescapés – il y en eut 705 sur les 2227 passagers et membres d'équipage –, le paquebot était brisé en deux morceaux, qui gisaient à 700 m l'un de l'autre par 3850 m de fond. L'épave se trouvait à 650 km au sud-est de Terre-Neuve.

Grâce aux moyens de plongée profonde dont on dispose aujourd'hui, la recherche des raisons

précises du naufrage pouvait commencer. La cause première de l'accident est connue, et elle est aussi simple qu'un rapport de gendarmerie au lendemain d'un carambolage : "vitesse excessive compte tenu des conditions de circulation".

Remplaçons circulation par navigation. Quant aux conditions, elles sont simples : nuit noire, visibilité réduite à moins de 500 m, route semée d'obstacles, en l'occurrence des icebergs qui ont été signalés par le radio dès l'après-midi du 14 avril : à quelques milles au nord du *Titanic*, le *Californian* vient d'avertir qu'il est bloqué par les glaces.

La vitesse : 22 nœuds, environ 42 km/h, ce qui est considérable, car ce paquebot géant de 270 m et 46 000 tonnes ne peut virer en moins de 500 m et, à plus de 40 km/h, il lui faut 1,5 km pour s'arrêter. Quand, à 23 h 30, la vigie signale un iceberg droit devant à moins de 500 m, l'accident est inévitable : le bâtiment ne peut ni s'arrêter sur cette distance ni même virer franchement de bord.

Le *Titanic* finit par s'écarter sur



la gauche, mais il frôle quand même l'iceberg, qui racle le côté droit de la coque, sous la ligne de flottaison, sur une centaine de mètres. La secousse a été à peine perceptible. Pourtant, le plus grand paquebot du monde, conçu, dessiné et calculé pour résister au moins trois jours à la pire des catastrophes, sombre en moins de trois heures. Pourquoi ?

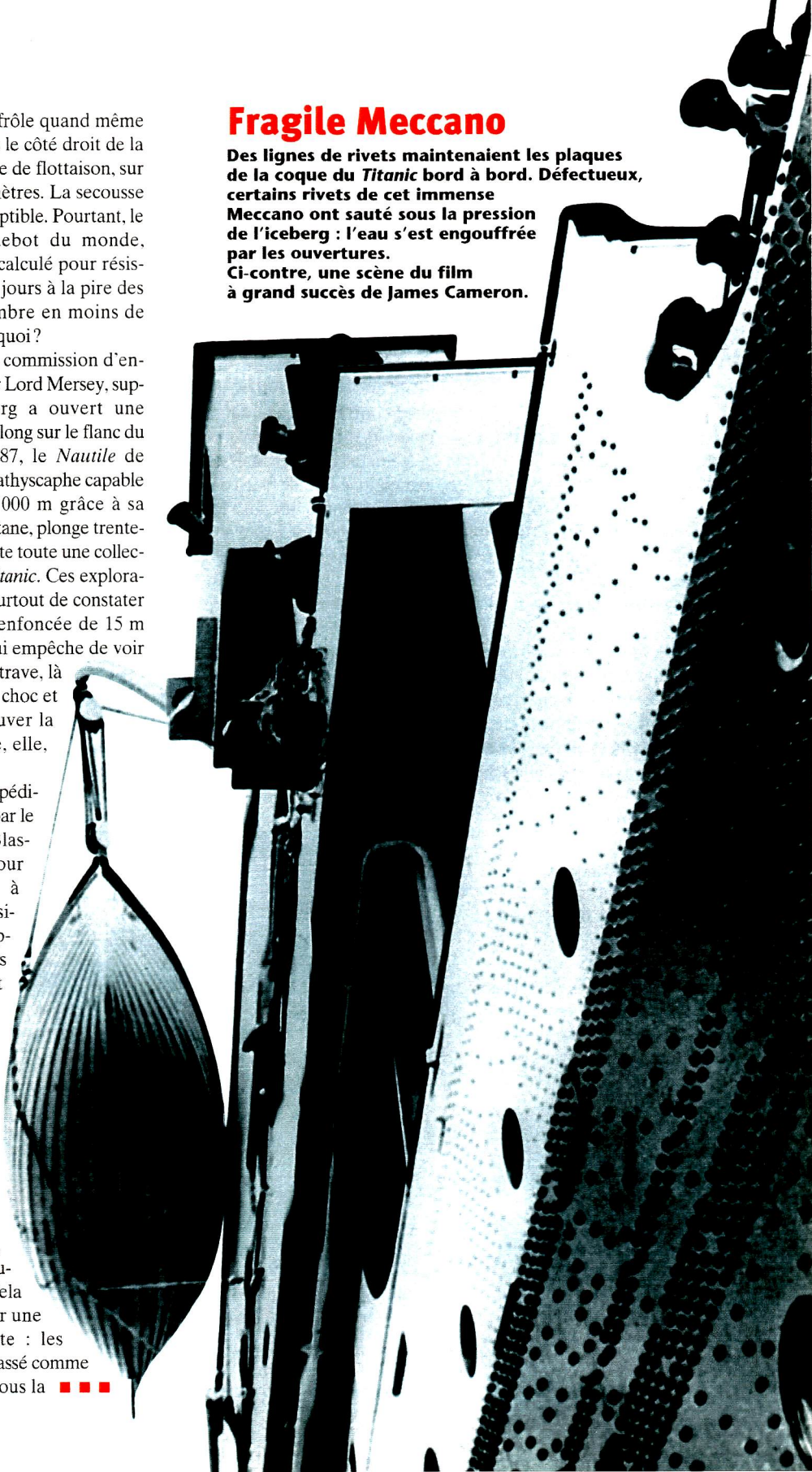
En juin 1912, la commission d'enquête, présidée par Lord Mersey, suppose que l'iceberg a ouvert une brèche de 90 m de long sur le flanc du paquebot. En 1987, le *Nautilus* de l'IFREMER, un bathyscaphe capable de descendre à 7 000 m grâce à sa double coque en titane, plonge trente-deux fois et rapporte toute une collection d'objets du *Titanic*. Ces explorations permettent surtout de constater que la proue est enfoncée de 15 m dans la vase, ce qui empêche de voir le côté droit de l'étrave, là où s'est produit le choc et où devrait se trouver la brèche. La poupe, elle, est moins enfouie.

En 1991, une expédition russe dirigée par le Canadien Steve Blasco plonge à son tour jusqu'à l'épave à bord de submersibles Mir. Elle rapporte des fragments de la coque, qui est faite de plaques de 3 m x 9 m, épaisses de 25 mm. Soumis à des tests de résilience (résistance à la rupture par choc), ces morceaux se révèlent composés d'un acier très cassant, car parsemé d'inclusions de soufre. Cela pourrait expliquer une brèche importante : les plaques auraient cassé comme de la porcelaine sous la

## Fragile Meccano

**Des lignes de rivets maintenaient les plaques de la coque du *Titanic* bord à bord. Défectueux, certains rivets de cet immense Meccano ont sauté sous la pression de l'iceberg : l'eau s'est engouffrée par les ouvertures.**

**Ci-contre, une scène du film à grand succès de James Cameron.**





■ ■ ■ pression latérale de l'iceberg (voir *Science & Vie* n° 933, p. 108).

En 1996, le *Nautilus* revient sur les lieux du naufrage, muni d'un sondeur acoustique analogue aux appareils à ultrasons dont on se sert dans les maternités pour procéder aux échographies. Grâce à ce sonar, on

## Le fer forgé des rivets contenait trop d'impuretés

peut reconstituer le profil d'une structure solide, même cachée derrière des mètres de boue, et en tirer une image assez nette. Mais, quand on tourne l'appareil vers la partie enfouie de l'étrave, on ne trouve nulle trace de l'ouverture béante que l'iceberg était censé y avoir creusée.

En revanche, on finit par découvrir, sur le côté droit de la coque, une série de six fines entailles, bien droites et fort courtes. Ces fissures semblent suivre l'alignement des plaques, ce qui entraîne une nouvelle hypothèse : lors du contact avec l'iceberg, la pression latérale de l'énorme bloc de glace aurait enfoncé les plaques en douceur, et fait sauter par endroits la ligne de rivets qui les raccordaient entre elles sur les bords. Il n'y aurait donc eu ni fracture ni déchirure, mais

il se serait produit un entrebâillement des joints entre les plaques (voir *Science & Vie* n° 957, p. 138).

Ce sont donc les raccords entre les plaques qui se seraient ouverts quand les rivets ont sauté. Le seul ennui, c'est que les rivets sont faits pour tenir : même sous la pression de l'iceberg, les plaques auraient dû rester solidaires et se déformer en bloc (n'oublions pas que le navire avait été conçu pour résister au choc contre un récif). Ou alors il faut admettre que les rivets étaient défectueux, ce que l'analyse métallographique semble bien confirmer.

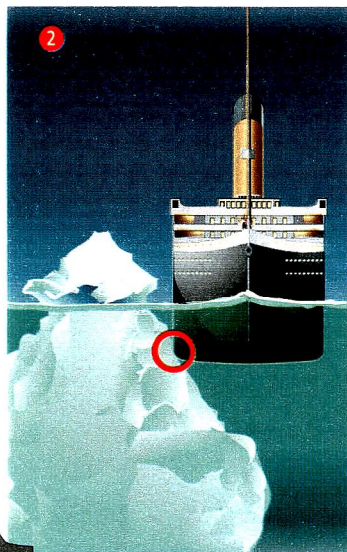
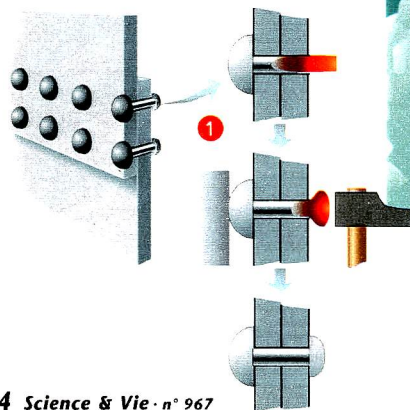
Depuis cinquante ans, la coque des cargos ou des pétroliers est constituée de tôles mises en forme et soudées bord à bord. En 1900, elle était faite de plaques rivetées qui ressemblaient un peu à des plaques de Meccano, avec une longue file de trous sur chaque bord. On alignait la rangée de trous d'une plaque au-dessus de la rangée correspondante d'une membrure ou d'une autre plaque, puis

on enfilait dans chaque trou une sorte de gros clou à tête ronde, le rivet, dont la tige cylindrique mesurait de 25 à 30 mm de diamètre.

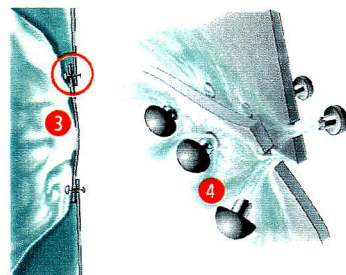
### ANALYSÉS PAR UN EXPERT SIDERURGIQUE AMÉRICAIN

Chaque rivet était chauffé au rouge, et son extrémité libre était aplatie par martelage après sa mise en place, puis finie au profil voulu à l'aide d'une bouterolle. En refroidissant, le rivet se contractait et enserrait les deux pièces avec une force considérable. Pour obtenir une bonne étanchéité avec ce type de fixation, il fallait que les rivets se suivent de très près tout le long des bords, ce qui assurait de surcroît une liaison fort solide entre les plaques. Or, cette liaison semblait bien avoir lâché sous la pression de l'iceberg, ce qui conduisit à soupçonner la tenue des rivets eux-mêmes.

Lors des plongées de 1996, on avait remonté de nombreux fragments du *Titanic*, dont une paire de rivets sans doute arrachés à la coque, car la partie aplatie avait disparu. On confia les rivets au Dr Timothy Foecke, un expert sidérurgique du National Institute of Standards and Technology (organisme gouvernemen-



INFOGRAPHIES D. GALLAND



## Un effet de pied-de-biche

Lors du rivetage de la coque du *Titanic*, chaque rivet, chauffé au rouge, était aplati par martelage ①. Si le coup de marteau était trop violent, le bout aplati devenait fragile. Lors du choc ②, l'iceberg a pesé sur une plaque, qui s'est pliée et qui a agi comme un pied-de-biche sur les rivets ③ : ceux dont le bout martelé était cassant ont sauté comme des clous qu'on arrache ④ et les plaques se sont écartées.



tal américain, installé à Gaithersburg, Maryland). Avec une scie diamantée, il coupa les rivets en deux dans le sens de la longueur, pour étudier leur structure et leur composition. Il mit en œuvre des moyens d'analyse très fins : métallographie microscopique, spectrographie, radiographie aux rayons gamma ou réactions chimiques en surface.

Le résultat des tests fut clair : ces rivets en fer forgé contenaient une proportion trop élevée de scories, ce qui les rendait fragiles et cassants. Ces scories – ou laitier dans le langage des sidérurgistes – sont des impuretés qui proviennent de la fonte du minerai. Elles renferment surtout des silicates, constituants majeurs des roches, du sable et du verre. Dans un fer forgé de haute qualité, ces scories sont uniformément réparties en longues fibres microscopiques.

Tant que leur proportion ne dépasse pas 2 ou 3 %, ces filaments siliceux donnent de la résistance au fer, qui, à l'état pur, est ductile et malléable. Mais, en trop grande quantité, ils rendent le métal cassant, comme le verre ou le silex.

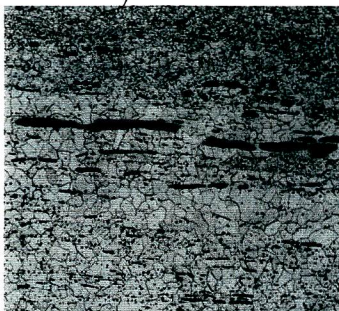
### LE TRIPLE DU MAXIMUM ADMISSIBLE

Or, l'analyse des deux rivets du *Titanic* révéla que les scories y atteignaient 9,3 %, soit le triple du maximum admissible. De plus, le Dr Foecke découvrit que ces inclusions étaient réparties de manière très inégale : elles formaient par endroits de gros filaments qui constituaient autant de lignes de fracture potentielles.

Et, pour ne rien arranger, la direction de ces fibres – ce qu'on ap-

## Le microscope révèle les failles

**Scié dans sa longueur, ce rivet révèle que le fil des inclusions court selon son axe (ci-dessous). Au bout du rivet (ci-contre), le fil tourne brutalement à angle droit ; cette pliure des fibres crée une zone de très grande fragilité.**



pelle le fil – changeait brutalement juste avant la zone où le bout martelé avait sauté, partant soudain à angle droit par rapport à l'axe de la tige. Des amas de filaments pliés à l'équerre constituaient indubitablement un point faible critique. Cette pliure se serait produite quand l'extrémité du rivet aurait été martelée trop violemment.

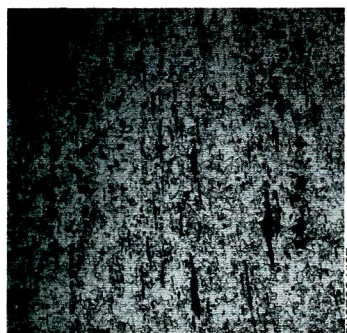
Les plaques de la coque étaient donc maintenues par des rivets dont certains étaient d'une extrême fragilité du côté martelé, et qui pouvaient lâcher sous une pression un peu forte. La nature exacte des avaries serait donc enfin connue.

En réalité, il faut être plus pru-

dent : il y avait quelque trois millions de rivets sur le *Titanic*, et la défectuosité de deux d'entre eux n'implique pas celle de tous les autres. Mais il y a tout de même de grandes chances pour que le cas n'ait pas été unique : il y a pu avoir des séries de rivets fragiles, et les assemblages de plaques tenus par ces mauvaises séries se seraient ouverts sous la pression de l'iceberg.

Cet été, une autre expédition doit partir à la recherche d'autres rivets pour confirmer les premières analyses. Mais, d'ores et déjà, il semble bien que la métallurgie ait joué le rôle essentiel dans la catastrophe : après avoir montré que certaines plaques au moins étaient faites d'un acier très cassant, on découvre maintenant que les rivets étaient tout aussi fragiles.

Cela peut surprendre, car, à première vue, il n'y a guère de différence entre un bout de fer de 1900 et un morceau sorti hier du laminier. En fait, il y a autant de dissemblance entre l'acier actuel et celui de 1910 qu'entre un Mirage IV et l'avion de Blériot... ■



PHOTOS NIST



# Du rififi à Smartville

■ Terrible contretemps pour la Smart : le lancement de cette minivoiture urbaine est repoussé à octobre, alors que des dizaines de milliers de personnes s'étaient déjà montrées intéressées. Fabriquée dans l'usine modèle de "Smartville", en Lorraine, elle accumulait pourtant les innovations...

PAR GÉRARD MORICE

## Un orgueilleux emblème

A Hambach (Moselle), la tour qui devait symboliser une nouvelle conception de la voiture et de sa fabrication semble bien orgueilleuse pour une usine qui a raté son démarrage.





**L**a Smart, cette micro-biplace “hyperurbaine” (2,6 m x 1,4 m, bridée à 130 km/h) qui devait coûter seulement 55 000 F, véhicule modulaire produit par une usine modulaire, n’a pu tenir les promesses de ses multiples innovations. La barre, il est vrai, avait été placée un peu haut.

Et de trop nombreux “grains de sable” (stabilité, “bruit de casserole” des portes à la fermeture, climatisation) sont venus enrayer la fabrication de la belle mécanique agencée sur ordinateur. Ils font aujourd’hui grincer bien des dents...

La campagne de marketing avait pourtant démarré sur les chapeaux de roue et avec une efficacité redoutable. “Smartville” – puisque c’est ainsi qu’on a rebaptisé la petite ville de Hambach (Moselle), sur l’eupôle industriel lorrain de Sarreguemines, à 30 km au sud de Sarrebruck (Allemagne) – avait été inaugurée, le 27 octobre dernier, par (excusez du peu !) trois chefs d’Etat.

### **L’EUROPE SE PENCHE SUR LE BERCEAU DE LA MINIVOITURE**

Le président de la République française, Jacques Chirac, le président de la Confédération helvétique, Flavio Cotti, et le chancelier allemand, Helmut Kohl, transformés en VRP de haut rang, avaient ainsi encensé et, si l’on peut dire, béni l’usine de la Smart, née de l’association de Daimler-Benz, premier constructeur automobile européen (1,7 million de voitures par an), et du premier designer européen, le Suisse Nicolas Hayek, créateur de la fameuse Swatch et P-DG de la Société de microélectronique et d’horlogerie (SMH), numéro un mondial de la montre.

Déjà, le pré-lancement de la Smart avait débuté, notamment sous la forme de films publicitaires à la télévision. Huit marchés européens avaient été retenus pour le lancement de la nouvelle citadine

D.R.



■ ■ ■ biplace. On annonçait 200 000 véhicules par an à partir de 2001, un investissement dans l'usine lorraine

## Le test de l'élan condamnerait les petites voitures

de 830 millions de marks (1), des normes rigoureuses en matière d'écologie et de protection de l'environnement.

Si bien que c'est un coup de tonnerre qui éclate deux mois

(1) 1 mark = environ 3,35 F.

plus tard, le 18 décembre, lorsque tout est arrêté. Le lancement de la Smart est repoussé de près d'un an...

« Nous tenons à jouer la carte de la sécurité totale. Aujourd'hui, la qualité du produit n'est pas au niveau exigé. Des tests plus sévères de tenue de route vont être effectués, qui pourront conduire à de nouveaux réglages du châssis », déclare Jürgen Hubbert, directeur de la division "voitures particulières" de Daimler-Benz, ainsi que de MCC (Micro Compact Car), la société, établie à Biel (Suisse), qui réunit Daimler-Benz et la SMH

pour la conception et la fabrication de la Smart.

On comprend tout de suite que la Smart n'a pas réussi à passer le diabolique test de la "baïonnette" (ou de l'"élan"). Pas plus que, quelques semaines auparavant, la nouvelle petite citadine 4-places, la Mercedes classe A...

Un violent coup de volant à droite immédiatement suivi d'un violent coup de volant à gauche : le test vise à tout faire pour déstabiliser une voiture. D'origine scandinave, il se justifie par le fait qu'il faut pouvoir éviter les élan qui surgissent parfois au milieu de la forêt

## LA MERCEDES CLASSE A, CATASTROPHE DE L'ANNÉE!

■ Le 21 octobre dernier, trois jours avant sa mise en vente, une classe A subit le test de l'élan, dit aussi de la baïonnette (ci-contre), sur une piste en bitume remarquablement glissante de l'aéroport de Stockholm. Elle effectue un tonneau et se retrouve sur le toit. Or, selon toute probabilité, la Mercedes classe A devait être élue "voiture de l'année" par un jury de cinquante-six journalistes spécialisés.

Cinq essayeurs de la presse automobile ont pris place à bord de la "Baby Bens", dont le coffre a été lesté de quelques bagages pour simuler le départ en vacances d'une famille. Au second virage du test, la voiture se retourne. Le pare-brise éclate et les deux personnes assises à l'avant sont blessées par les éclats. Un autre passager est légèrement blessé par un montant du toit.

Deux jours plus tard, Mercedes tente de reproduire les circonstances du crash suédois. Les ingénieurs découvrent alors que la classe A incriminée était équipée de pneus

Goodyear et qu'un pneu arrière est sorti de sa jante, a touché le sol et a fait capoter la voiture.

Le 29, Jürgen Schrempf, président du directoire du groupe allemand, annonce le rappel de toutes les classes A chaussées de Goodyear et met en cause le fabricant américain. Désormais, seuls les pneus Michelin, Continental et Pirelli seront montés sur les voitures à livrer. Et celles-ci seront équipées de l'ESP (Electronic

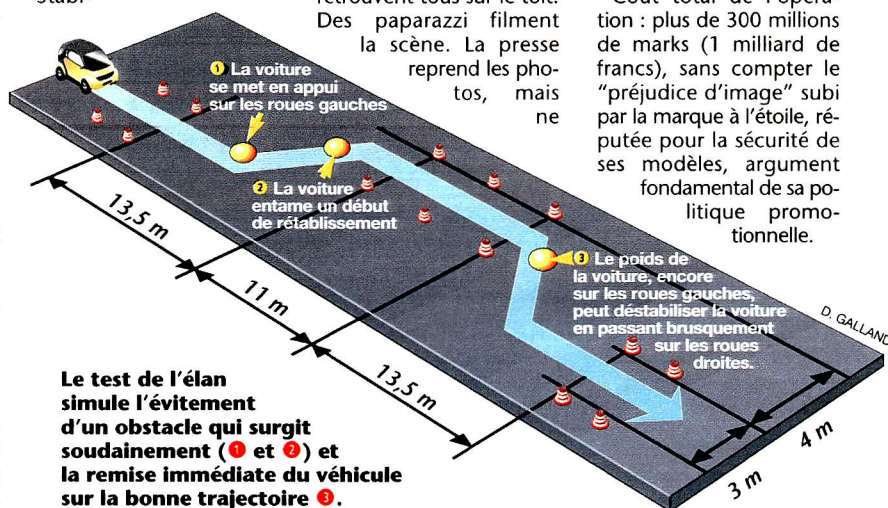
Stability Program), un système qui empêche le dérapage des voitures et les stabilise en quelques millièmes de seconde. Cet équipement est d'ordinaire disponible en option et coûte 7450 F.

Le 7 novembre, dans la banlieue de Stuttgart, Mercedes procède à un nouvel essai. Elle fait aussi passer le test de l'élan à une Volkswagen Golf et à une Opel Astra. Jusqu'à 70 km/h, tous les véhicules triomphent du redoutable exercice. A 80 km/h, ils se retrouvent tous sur le toit. Des paparazzi filment la scène. La presse reprend les photos, mais ne

publie que celles de la Mercedes.

Si bien que, le 11 novembre, incapable d'esquiver les boulets rouges qui pleuvent sur lui, Jürgen Schrempf décide d'arrêter les livraisons. La production de voitures continue, mais elles sont stockées afin qu'on puisse leur adjoindre le système ESP et procéder à un nouveau réglage des suspensions et des amortisseurs. C'est cette nouvelle classe A qui a été mise sur le marché le mois dernier.

Coût total de l'opération : plus de 300 millions de marks (1 milliard de francs), sans compter le "préjudice d'image" subi par la marque à l'étoile, réputée pour la sécurité de ses modèles, argument fondamental de sa politique promotionnelle.







la suite –, la Smart s'est renversée lors du test de l'élan qu'elle a subi en Espagne.

Les concurrents de Mercedes ne se réjouissent pas pour autant : ils craignent que le terrible test ne devienne une norme de sécurité supplémentaire. Ce qui, on le sait bien, condamnerait la quasi-totalité des petites voitures, fort à la mode, en forme d'œuf, ces autos plus hautes, donc au centre de gravité élevé, qu'on appelle aussi des "midgets" (demi-budget).

#### UN SURCÔÛT À FAIRE FUIR LES CLIENTS

Il est certes possible de les rendre parfaitement stables pour une utilisation normale. Mais, selon les ingénieurs chargés du châssis, « cela entraînerait un surcoût du véhicule d'au moins 30 % – les deux tiers du coût du développement d'un modèle de qualité moyenne. Or, avec les nouvelles suspensions ultra-légères et les antipatinages électroniques, la facture est déjà suffisamment dissua-

sive pour faire fuir les clients ».

Après le renversement de la Smart, on règle les comptes chez MCC. Rififi à l'état-major : deux têtes tombent, celle du directeur de la recherche et de la production, Johann Tomforde, principal artisan de la voiture, "appelé à d'autres fonctions"; et celle du directeur financier, Christophe Baubin, accusé d'avoir trop longtemps minimisé les problèmes. C'est un spécialiste du tout-terrain, Peter Zatler, concepteur de la classe M de Daimler-Benz, qui va désormais s'occuper du lancement de la Smart. On s'est même demandé un moment si l'onde de choc n'allait pas frapper plus haut : jus-

qu'à Jürgen Hubbert en personne.

Jürgen Schrempp, le grand patron de Daimler-Benz, prend les choses en main. Il a subi, paraît-il, un véritable électrochoc. Car, en compagnie de Nicolas Hayek, il aurait essayé la Smart à Paris. Tout se serait fort bien passé, mais – il le saura plus tard – les véhicules tests fournis par l'usine de Smartville auraient été soigneusement préparés à la main et ne seraient donc pas représentatifs de la production industrielle réelle.

Quant à Nicolas Hayek, le patron de la SMH, il rue dans les brancards et refuse de s'engager plus avant dans ce qu'il tient maintenant pour une "aventure".

## Trois demi-mesures

Alors que la classe A est désormais équipée de l'ESP (Electronic Stability Program), un système antidérapage intervenant sur les freins des quatre roues, la Smart ne recevra pas cet équipement en série. Les acquéreurs qui ne choisiront pas cette option à 7450 F devront donc se contenter des trois modifications ci-dessus : ils perdront en confort ce qu'ils gagneront en sécurité.



■ ■ ■ Les disponibilités des deux sociétés ne sont du reste pas comparables : 140 milliards de marks de chiffre d'affaires annuel pour Daimler-Benz, 4 milliards pour la

## Le moindre retard transforme la perfection en ratage intégral

SMH. « Notre chiffre, dit Hayek, représente à peine une semaine et demie d'activité de Mercedes. Et le tour que prennent les choses ne cadre plus avec la philosophie et la devise de SMH : très haute qualité, très bas prix. »

L'inévitable remise en question de la Smart est, pour l'instant, chiffrée à 300 millions de marks (1 milliard de francs). Coût identique à celui qu'ont engendré les défaillances de la classe A. A ceci près, dit-on à Smartville, qu'il se justifie également par un audit très minutieux, mené en novembre pour évaluer le niveau de qualité

et de maturité technique de tous les maillons de la chaîne de l'usine.

Principal point faible détecté par l'audit : les relations avec les équipementiers, installés autour du site pour qu'ils puissent intervenir précisément à l'endroit où l'on a besoin d'eux, seraient loin d'être rodées. Et l'on demande aujourd'hui des comptes à ces "partenaires-systèmes" à propos de la climatisation défectueuse ou de la mauvaise fermeture des portes...

L'usine de Smartville, qui doit permettre de limiter le montage final à quatre heures et demie (nettement moins que dans n'importe quelle usine automobile du monde), est en effet une usine modulaire destinée à un véhicule modulaire.

Elle a la forme d'une gigantesque croix. Sept équipementiers livrent directement, et juste à temps, leurs modules au point exact de la chaîne de production où ils sont installés. Ainsi, en 2001, 800 seulement des 2000 salariés de Smartville seront affectés à l'usine, les 1200 autres étant employés par les partenaires-systèmes. Ce n'est plus seulement l'usine qui travaille à la chaîne, ce sont aussi ses sous-traitants...

Ce concept idéal, une usine comme on n'en a jamais vue (2), doit réduire les coûts de fabrication, apporter un énorme gain de produc-

tivité et rendre les prix compétitifs. Mais cette organisation doit être parfaite : le moindre retard, le moindre raté d'un seul partenaire-système l'enraye. C'est la perfection absolue ou le ratage intégral.

Dès l'été dernier, il était apparu que les budgets ne seraient pas tenus, ce qui contraignit MCC à une augmentation de capital (presque à son doublement!). Au départ, MCC était détenu par Daimler-Benz (51 %) et par la SMH (49 %). En août, après l'augmentation, Daimler détient 81 % des parts, puisque Nicolas Hayek, échaudé par les surcoûts imprévus, ne suit pas. Ce dernier se retrouve donc avec seulement 19 % du capital.

### TOYOTA, UN CONCURRENT POUR 2001

Par voie de conséquence, les parts de MCC France, l'unité de montage et de production de la Smart, au capital de 100 millions de francs français seulement, passent de 38,25 % à 60,75 % pour Daimler-Benz et de 36,75 % à 14,25 % pour la SMH. Total : 75 %. Les 25 % restants sont apportés par la SOFIREM, une société parapublique française, filiale des Charbonnages de France, qui a pour mission de favoriser la reconversion industrielle des régions minières.

Mais il ne faut pas confondre capital social et investissement. L'usine représente un investissement de 2,4 milliards de francs. MCC France la loue, pour douze ans, sous forme de leasing, à un pool bancaire mené par la Deutschebank. Et les subventions publiques, locales, régionales et européennes, représentent 17 % de l'investissement total effectué sur l'ensemble du site de Smartville tant par MCC France que par ses partenaires-systèmes.

17 % de subventions pour 2,4 milliards de francs d'investisse-

(2) Dérivée, cependant, d'une usine Volkswagen au Brésil.

## Il pense déjà à l'après-Smart...

**Nicolas Hayek, créateur de la montre Swatch, est aussi le designer de la Smart. Daimler-Benz n'ayant pas respecté le cahier des charges, il a refusé d'augmenter sa mise. Du coup, sa participation est passée de 49 à 19 %. Pour lui, l'avenir, c'est la Swatch-mobile, un véhicule essence-électricité développé par sa société (SMH) et annoncé pour la fin du siècle.**



T. BAGGENSTOS





MCC

## A voiture modulaire, usine modulaire

L'usine Smart a la forme d'une croix. Autour, sont rassemblés les équipementiers. Chaque entreprise a été affectée au point précis où elle intervient dans la chaîne. Une voiture est ainsi montée en quatre heures et demie. Magna (Canada) ① opère en premier pour la cellule; puis Eisenmann (Allemagne) ②, pour les revêtements de surface et la peinture; VDO (Allemagne) ③, pour le tableau de bord et le système de navigation; Krupp Hoesch (Allemagne) ④, pour le module arrière (y compris la pose du moteur Mercedes); Bosch (Allemagne) ⑤, pour le module avant; Dynamit Nobel (Suède) ⑥, pour la carrosserie (photo ci-dessus); enfin, Ymos (Belgique) ⑦ pose les portières.

ment, soit 408 millions de francs, la somme est énorme... C'est le maximum que puisse autoriser la Commission européenne, qui n'est jamais allée si loin. Car quelles sont les garanties? Seulement les 100 millions de francs du capital de MCC France. Il faut s'appeler Daimler-Benz pour obtenir de telles conditions...

Mais on sait que la lutte contre le chômage coûte cher. Et – ce que semblait ignorer Nicolas Hayek – l'automobile est une industrie fort capitalistique, c'est-à-dire où les investissements par emploi créé sont parmi les plus coûteux.

Une preuve toute récente en a été apportée par la décision de Toyota de s'implanter à Valenciennes. L'usine, qui sera opérationnelle en 2001, fabriquera elle aussi des petites voitures spécialement conçues pour le marché européen. Elle emploiera elle aussi 2 000 personnes, pour une production de 150 000 véhicules par an. Mais l'investissement de Toyota dépassera largement celui que Daimler-Benz avait prévu pour la Smart : 4 milliards de francs, au lieu de 2,4 milliards.

Entièrement "revue et corrigée",

la Smart finira par sortir en octobre prochain. Elle a été présentée début mars au salon de Genève. Mais on se demande si le prix de 55 000 F pourra être tenu. De toute façon, elle ne sera plus un produit de "très haute qualité à très bas prix", selon la devise du père de la Swatch.

Reste à savoir si les dizaines de milliers de personnes qui se sont montrées intéressées par la Smart lors de son lancement avorté seront encore au rendez-vous. Car la Smart ne sera plus tout à fait elle-même...



# Un turboréacteur dans

■ Depuis un siècle, le modélisme a su réduire tous les engins : machine à vapeur, navire, locomotive, voiture, avion... Un seul moteur résistait à la miniaturisation : le turboréacteur. Aujourd'hui, invention d'un chercheur français, il tient dans la main.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

RCM





# la maquette

**L**e premier avion doté d'un moteur à pistons, celui des frères américains Wilbur et Orville Wright, date de 1903. Moins de trente ans plus tard, le moteur d'avion existait déjà en modèle réduit (le Brown Junior américain) pour faire voler des maquettes. En 1942, le Messerschmidt 262 allemand entamait ses premiers vols, muni de deux turboréacteurs Junkers Jumo 004. Mais les modélistes durent attendre cinquante ans pour posséder enfin des turboréacteurs modèle réduit capables de faire voler leurs maquettes

de Mirage ou d'Airbus.

Pourtant, depuis les années 1950, les passionnés avaient construit des milliers d'exemplaires de ces chasseurs à réaction qui étaient les avions de leur époque : Vampire, Vautour, Ouragan, puis toute la série des Mirage, et aussi les Phantom américains ou les Mig soviétiques. Le seul ennui, c'est qu'on ne disposait que de moteurs à pistons pour les faire voler. On pouvait faire du Spitfire une maquette très fidèle, avec son hélice quadripale, mais mettre une hélice sur le nez d'un Mirage aurait été vraiment déplacé.

On tourna la difficulté : le moteur fut installé au milieu du fuselage et l'hélice tripale remplacée par une roue à ailettes, elle aussi noyée dans le corps de l'appareil. On allait en rester là jusqu'en 1990. Pour une raison simple : la machine à vapeur, le moteur électrique, le moteur à essence sont réductibles, le turboréacteur ne l'est pas.



On peut, par exemple, faire une réplique fidèle au quart, ou au dixième, de la machine à vapeur classique, avec chaudière, cylindre, piston, tiroirs de distribution et autres. Quand on chauffe l'eau de ce modèle miniature, on obtient de la vapeur dont la pression agit aussi bien sur un très petit piston que sur un grand : la machine se met à tourner. Même chose pour un vérin hydraulique, une pompe à engrenages ou un moteur à essence.

## L'EFFET D'ÉCHELLE, ENNEMI DE LA MAQUETTE

En revanche, si l'on reproduit au quart ou au dixième le réacteur d'un Airbus, on aura une jolie maquette... qui ne marchera jamais. Pour une raison majeure, qui tient à ce qu'on pourrait appeler un effet d'échelle : quand on réduit la taille des composants, on ne réduit pas dans la même proportion les phénomènes thermiques qui font mouvoir le compresseur et la turbine. De plus, ces processus thermiques agissent ici sur un engin purement dynamique, alors que, dans la machine à vapeur ou le moteur à essence, il existe une force statique qui agit même à l'arrêt.

Quand on envoie la vapeur dans le cylindre, ou quand on allume le mélange air-essence dans la cham-

## Fidélité parfaite à l'original

**Cet Airbus est le seul modèle réduit télécommandé qui vole avec quatre vrais réacteurs en miniature, des JPX T260. Mais un seul de ces réacteurs suffit à entraîner le F16 (ci-dessus) à plus de 400 km/h.**





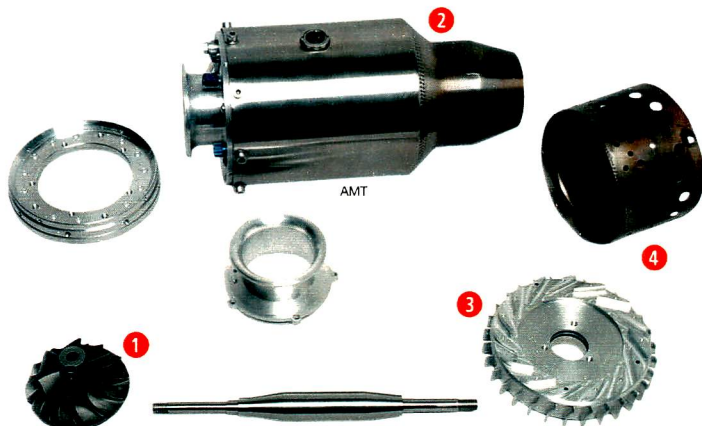
■ ■ ■ bre de compression, une force tend à repousser le piston, même si la bielle est à l'arrêt ou bloquée. Si l'on allume le carburant dans un réacteur, on obtient bien une flamme, mais aucune force ne se manifeste et la turbine reste immobile :

## Un technicien de génie va débloquent la situation

on a une sorte de poêle à pétrole, pas un moteur.

Le réacteur ne marche que si le compresseur tourne, car alors le flux d'air chaud dû à la combustion part du côté où la pression est la plus faible, donc vers la turbine liée au compresseur : le mouvement s'entretient, mais il faut impérativement avoir lancé le compresseur à grande vitesse avant d'enflammer le carburant. Et c'est justement au niveau de cette vitesse, et aussi des phénomènes de combustion, que se situe l'effet d'échelle. Quand on réduit un objet d'un facteur  $n$ , on réduit sa surface de  $n^2$  et son volume, donc sa masse, de  $n^3$ .

Le déplacement d'air engendré par une ailette de turbine, qui n'est autre qu'une petite pale d'hélice, dépend de sa vitesse, et de sa surface – une carte à jouer remuée d'une main molle ne crée pas le même souffle qu'une plaque de carton agitée d'un vif coup de poignet. Or, quand on réduit au dixième, par exemple, une roue à aubes de compresseur, on réduit d'autant sa vitesse périphérique. Simultanément, on a réduit sa surface de cent fois et, au total, le déplacement d'air n'est plus que le millième de ce qu'il était grandeur nature – en réalité moins encore, car s'ajoutent des phénomènes liés à l'énergie cinétique du fluide en mouvement, laquelle dépend de sa masse et de sa vitesse.



## Du turbocompresseur au turboréacteur

La minuscule turbine centrifuge (76 mm) **1** du réacteur AMT Pegasus **2** est issue d'un turbocompresseur Garrett pour voiture. Elle tourne dans un diffuseur en aluminium **3** qui dirige le flux d'air comprimé vers la chambre de combustion **4** en inox pourvue de multiples trous pour assurer le brassage air/kérosène.

Autrement dit, pour la même vitesse de rotation (de 10000 à 20000 tours par minute sur un réacteur), la roue à aubes réduite au dixième débite tout juste un petit courant d'air qui ne fournit aucune compression. Voilà une première raison pour qu'une maquette de turboréacteur ne marche pas. Ce n'est pas la seule : l'effet d'échelle joue aussi sur la combustion, sur les transferts thermiques et sur la température.

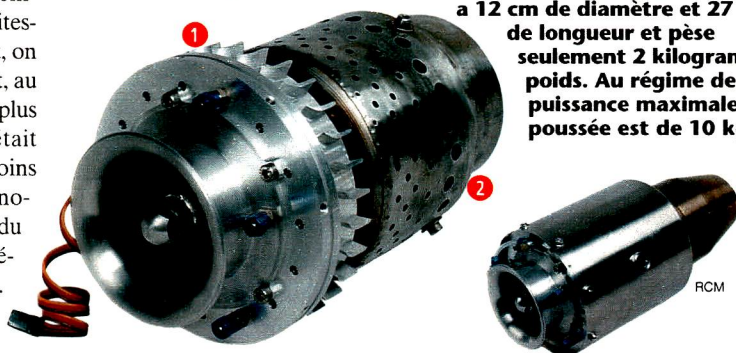
Ainsi, la combustion est un processus qui s'effectue au niveau mo-

léculaire. Or, on peut trouver un exemple courant de l'effet d'échelle pour des forces moléculaires : on pose un petit carré d'aluminium ménager sur l'eau, il flotte ; on agrandit ce carré vingt-cinq fois, non seulement en surface, comme une photo, mais aussi en épaisseur : la tôle d'aluminium tombe tout de suite au fond. Il s'agit pourtant du même métal et de la même eau.

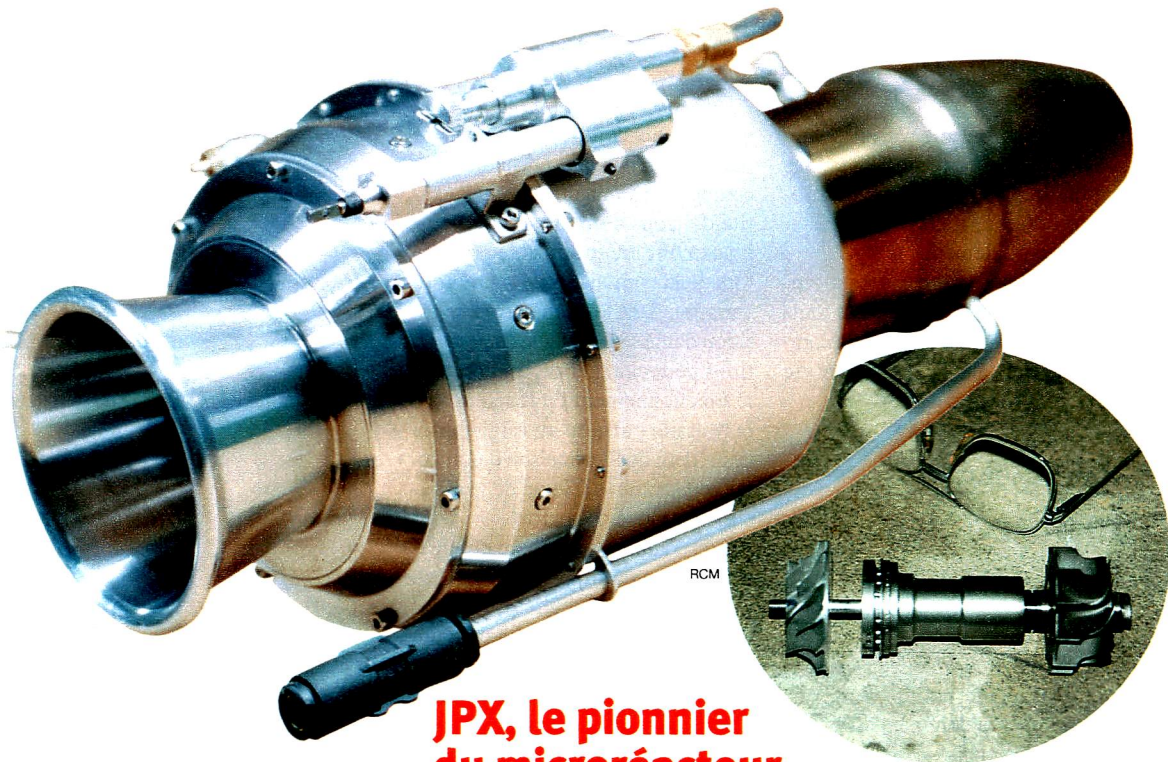
Restait un dernier obstacle technique à la miniaturisation du réacteur : pour fabriquer un moteur à

## De la taille d'une bouteille d'eau minérale

Une fois retirée l'enveloppe extérieure, on voit l'étage de compression avec son diffuseur à ailettes **1** et la chambre de combustion **2** qui débite sur une turbine axiale. Ce réacteur AMT a 12 cm de diamètre et 27 cm de longueur et pèse seulement 2 kilogrammes. Au régime de puissance maximale, sa poussée est de 10 kgp.







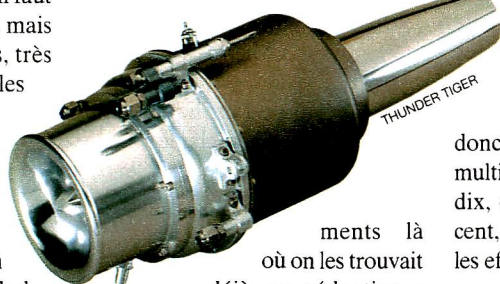
## JPX, le pionnier du microréacteur

piston qui tiendra dans la main, il suffit d'un tour, d'une perceuse, d'un jeu de limes et de quelques barres d'acier. Pour façonner les roues à ailettes d'une turbine, il faut non seulement une fraiseuse, mais aussi des alliages réfractaires, très durs, et les outils capables de les usiner. Ultime difficulté : avant de commencer ce travail, il faut calculer le profil des ailettes.

Du coup, le réacteur miniature resta un rêve jusqu'en 1990. C'est le Français Michel Serrier qui allait débloquent la situation. Technicien de génie, il avait une grande pratique de la chaudronnerie (utile pour façonner des chambres de combustion en tôle) et des chaudières, donc des brûleurs à gazole. Sachant que la turbine à gaz n'est pas réductible, il entreprit de réinventer le réacteur aux dimensions du modélisme. Tâche immense, dans la mesure où les connaissances acquises avec les gros réacteurs n'étaient pas transposables et ne pouvaient donc lui servir.

N'ayant ni les moyens de calculer des roues de turbine ni les alliages pour les usiner, il prit ces deux élé-

**Ultime développement de JPX, le T280 (ci-dessus, à gauche) donne 8 kgp de poussée. Comme le T240, dont on voit les deux turbines (compression à gauche, motrice à droite) sur leur axe commun, il fonctionne au propane. Ci-dessous, le concurrent asiatique : le P15 de Thunder Tiger (Taïwan), 5,3 kgp de poussée avec un mélange kérosène-essence.**



ments là où on les trouvait déjà en réduction : dans un turbocompresseur de voiture. Celui-ci comprend une roue de compresseur centrifuge et une roue de turbine qu'on pourrait dire centripète, puisque les gaz arrivent à la périphérie et sortent par le centre. Ces deux roues à ailettes sont petites, de 7 à 10 cm de diamètre, ce qui convient bien à un microréacteur.

En revanche, le flux d'air qu'elles débitent ne devient suffisant pour assurer la compression qu'à très haut régime : de 80 000 à 110 000 tr/min. En effet, une roue à aubes de si petit diamètre ne donne qu'un mince souffle à 10 000 tr/min. Mais son débit varie comme la force centrifuge,

donc avec le carré de la vitesse : en multipliant le régime de rotation par dix, on multiplie le flux d'air par cent, et on compense ainsi en partie les effets de la miniaturisation.

### UNE FLAMME DIFFICILE À MAÎTRISER

Une fois trouvés les roulements à billes de céramique qui supportent le régime et la température (300 °C), le premier problème posé par la construction d'un miniréacteur était résolu : réduire turbine de compression et turbine motrice (la seconde ne servant qu'à entraîner la première), tout en gardant un flux suffisant. Restait pourtant le plus difficile : construire une chambre de combustion encore efficace dans un très petit volume. Dans un réacteur, la combustion se fait en régime turbulent, donc chaotique. Cela re-



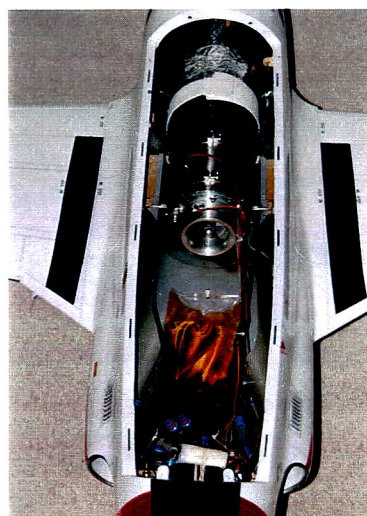
■ ■ ■ vient à dire qu'une variation de moins d'un millionième de l'un des paramètres mis en jeu dans le processus suffit à en modifier complètement le déroulement.

Or, ces paramètres sont nombreux et complexes : vitesse et tourbillons du flux d'air, dilution du combustible dans ce flux, gradient de

mélange air-combustible. Dans ce but, l'air arrive dans la chambre de combustion annulaire par une quantité de trous dont la taille et l'emplacement jouent un rôle critique lors de la combustion. La moindre variation dans le diamètre ou la position d'une seule rangée de perforations peut changer du tout au tout le fonctionnement du réacteur : de la réussite parfaite au ratage intégral. Idem de l'inclinaison des injecteurs de combustible ou de la capacité thermique des parois.

C'est d'ailleurs le propre des phénomènes chaotiques. On mesure l'étendue des difficultés qui attendaient Michel Serrier. Il lui fallut un tour de main peu courant et un flair assez extraordinaire pour parvenir à faire tourner son réacteur miniature : cela ne se fit pas en un jour et des centaines d'essais furent nécessaires. Il y eut en particulier de gros problèmes de stabilité de flamme,

de tenue à plein régime et de placement des injecteurs. En fait, Michel Serrier avait renoncé au carburant liquide, qui réclame une pompe d'injec-



RCM

## Le carburant liquide est remplacé par du propane

pression à l'intérieur de la chambre, conductibilité thermique des parois, température de combustion, etc. D'autre part, la flamme n'est pas ici celle, calme et lente, d'un fourneau : c'est une flamme soufflée par le flot d'air comprimé venu du compresseur, donc analogue à celle d'un chalumeau capable de fondre l'acier. Or, les ailettes de la turbine motrice, même usinées dans un alliage réfractaire, ne sont pas faites pour tourner dans le jet d'une lampe à souder.

La turbine doit être placée nettement derrière la flamme de combustion, ce qui suppose de raccourcir cette flamme sur un microréacteur. Et, pour avoir une flamme courte, il faut un brassage très bien dosé du

tion, et opté pour le gaz propane.

En 1990, les premiers prototypes donnaient une poussée de 3 à 4 kilogrammes-poids (1) : on put les monter sur des maquettes télécommandées. Pour la première fois, des modèles réduits d'avion volaient avec un vrai réacteur. C'était un éclatant succès pour ce technicien français qui, avec peu de moyens mais beaucoup de talent, avait réussi où tous les autres avaient échoué.

### CONSÉCRATION INTERNATIONALE

La production en petite série débuta en 1992, quand l'inventeur trouva un accord avec la société JPX, spécialisée dans les moteurs d'ULM et les pièces pour moteurs de Formule 1. Le ré-

acteur progressa assez vite, puisque, dans sa dernière version Turborec 260, il atteint 6 kgp de poussée. Monté sur des maquettes télécom-

(1) L'unité légale de force est le newton, mais les ingénieurs et les techniciens utilisent toujours le kilogramme-poids (kgp) qui vaut 9.81 newtons.



**A 50 ans, il vole de nouveau**

**Le Messerschmidt 262 fut le premier chasseur à réaction opérationnel en 1942. Mais il a fallu attendre 1995 pour que sa réplique vole avec de vrais réacteurs.**





## Demain le mur du son ?

**Le démarrage de la turbine à gaz (à gauche, installée dans une maquette) réclame un équipement perfectionné : bouteille d'air comprimé, bonbonne de gaz, réserve de carburant, manomètre de contrôle, compte-tours. L'avion atteint aujourd'hui 500 km/h. Il franchira peut-être le mur du son en l'an 2000.**

mandées, le JPX fit sensation dans les meetings internationaux en Europe, aux Etats-Unis ou en Asie : après cinquante ans d'attente, les modélistes avaient enfin des Mirage ou des Mig qui volaient avec un vrai réacteur, si bien conçu que même le bruit était celui de l'avion réel.

La voie ayant été ouverte, d'autres firmes entreprirent, en 1994-1995, de fabriquer des micro-réacteurs : Sophia Precision, au Japon, GWM, aux Etats-Unis, ou Advanced Micro Turbines (AMT), aux Pays-Bas, sans compter celles qui proposent des turbines en kit à assembler.

AMT est la seule à diffuser en série des microréacteurs vraiment performants et comparables aux JPX. Bennie Van de Goor et Han Jenniskens, ses fondateurs, ont même réussi à façonner un réacteur qui, comme les vrais, fonctionne au kérosène, ou au white-spirit, ces deux combustibles étant très proches l'un de l'autre. Nommé "Pegasus", ce moteur comprend une pompe à engrenage miniature, entraînée par un

moteur électrique, qui fournit la pression nécessaire à la pulvérisation du carburant à travers six tubes très fins. En outre, la turbine motrice est non plus une turbine radiale issue d'un turbocompresseur de voiture, mais une turbine axiale (une roue dotée à la périphérie d'une trentaine d'ailettes).

Le réacteur gagne ainsi en légèreté, en rendement et en temps de réponse à l'accélération : moins de quatre secondes, au lieu de huit à dix avec les turbines radiales. Les aubes de la roue étant plus éloignées de l'axe, la température du roulement arrière tombe à 150 °C, au lieu de 300 °C habituellement. Raffinement suprême, l'engin peut être équipé d'un boîtier électronique qui en contrôle la marche, du démarrage à l'arrêt, en passant par toutes les phases d'accélération ou de ralentissement.

Dans le fonctionnement du réacteur, l'étape la plus délicate est celle du démarrage. Il faut lancer la turbine à bonne vitesse avec de l'air comprimé venu d'une bouteille de plon-

gée, puis envoyer du propane pour préchauffer la chambre de combustion. L'inflammation du mélange air/propane est assurée par une bougie à filament incandescent qu'on éteint ensuite. (Dans un réacteur, le carburant est allumé une seule fois au départ. Après quoi, la flamme s'entretient d'elle-même.)

Quand le moteur est lancé, on arrête le gaz et on passe au kérosène. Toutes ces opérations sont complexes, mais, grâce à l'unité de contrôle électronique, il suffit d'appuyer sur un bouton "autos-tart" pour que la séquence se fasse automatiquement et en toute sécurité. Avantage indéniable par rapport aux autres turbines du marché.

Pas plus que le JPX, le réacteur AMT n'est réellement minuscule : de 10 à 12 cm de diamètre, de 25 à 30 cm de longueur, en gros la taille d'une bouteille d'eau minérale. Il tient dans la main, certes, mais pas dans le creux de la main comme certains moteurs à piston.

## LE SUCCÈS D'UN SEUL HOMME

Enfin, la réaction coûte cher : 20000 F pour le JPX 260, 30000 F pour le Pegasus AMT. Bien que plusieurs centaines de moteurs aient déjà été vendus, cette technique n'en est qu'à ses débuts. Mais l'invention du microréacteur constitue en elle-même un exploit d'autant plus sensationnel qu'elle a été l'œuvre d'un homme seul, à une époque où les inventions sont le fruit de bureaux d'étude regroupant chercheurs, ingénieurs et techniciens dans des ateliers très bien équipés... ■



# Les roches ont de l'énergie

■ Une centrale exploitant la chaleur des roches souterraines profondes pourrait fournir la moitié de l'énergie d'une centrale nucléaire. Une solution aux problèmes causés par les rejets de gaz carbonique ?

PAR SOPHIE DE SALETTES

**L**a géothermie RCS (roches chaudes sèches) peut produire de l'énergie électrique en abondance. C'est ce que vient de révéler une équipe de chercheurs européens (1). La technique consiste à récupérer la chaleur des roches profondes en faisant circuler de l'eau thermique froide dans des fissures souterraines.

Aujourd'hui, les pays qui se servent de la géothermie classique pour produire de l'énergie exploitent leurs eaux chaudes souterraines. Près de 3000 mégawatts (MW) électriques sont ainsi produits aux Etats-Unis. Mais comment faire lorsqu'un site profond qui renferme des roches chaudes ne contient que très peu d'eau ? La géothermie RCS permet de récupérer la chaleur même si le site est presque à sec.

De l'eau est injectée à raison de 25 litres par seconde dans un puits qui la conduit à 3500 m de profondeur. Le fluide circule alors dans un réseau de fractures naturelles, tout en se réchauffant au contact du granite. Quatre cent cinquante mètres plus loin, la pompe d'un second puits aspire l'eau chaude, qui rejaillit en surface à plus de 140 °C, au même débit qu'à l'entrée.

(1) Réunissant une quinzaine de laboratoires de recherche et d'industriels français, allemands, suisses, britanniques, italiens et suédois.

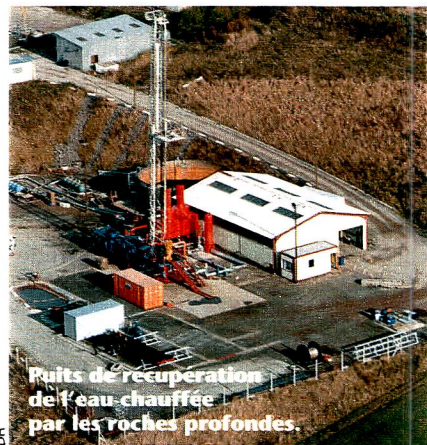
Une partie de l'eau froide se dissipe pourtant dans le réseau de fractures. Mais cette perte est compensée par les eaux chaudes naturelles environnantes. A la sortie du second puits, le fluide traverse un échangeur de chaleur, qui, à l'image d'un radiateur, disperse dans l'air la chaleur véhiculée par l'eau. On peut ainsi produire 10 MW thermiques (0,8 MW électrique), soit assez d'énergie pour chauffer en permanence près de 3000 logements.

Voilà l'expérience de quatre mois que viennent de mener les chercheurs à Soultz-sous-Forêts, à 50 km de Strasbourg. La plaine du Rhin présente en effet une anomalie thermique particulièrement intéressante. La température des roches granitiques souterraines y augmente de 5 à 6 °C tous les 100 m, au lieu de 2 à 3 °C normalement. Ainsi, à 3000 m de profondeur, le granite a déjà une température de plus de 150 °C. En outre, la région est sillonnée de nombreuses fractures, d'un mètre à quelques centaines de mètres de longueur, indispensables au fonctionnement de la géothermie RCS.

Ce concept est à l'étude depuis plus de dix ans. Un budget annuel de 30 millions de francs lui est consacré, essentiellement financé par l'Union européenne et par les ministères de la Recherche français et allemand. « Mais c'est la première

fois qu'on obtient de tels rendements », se félicite José Achache, directeur de la recherche et du développement au Bureau de recherches géologiques et minières. « Cependant, ce n'est pour l'instant qu'une expérimentation scientifique. L'exploitation industrielle ne sera envisageable que si l'on récupère en surface un fluide à 200 °C. »

C'est pourquoi la prochaine étape du programme consistera à forer jusqu'à 5000 m de profondeur, afin de récupérer de l'eau à cette température. Il sera alors temps de tester le système à plus grande échelle, en élaborant un prototype préindustriel. Cette minicentrale, qui ne



devrait pas voir le jour avant 2003, comprendra deux puits de sortie au lieu d'un, afin de récupérer au plus vite le fluide chauffé par le granite. Ce modèle ne pourrait produire que 8 MW électriques : 125 fois moins qu'une centrale nucléaire.

« Une centrale isolée n'aurait aucun intérêt industriel », estime le géophysicien André Gérard, coordinateur européen du projet. Dans la perspective d'une exploitation industrielle, les ingénieurs ont donc



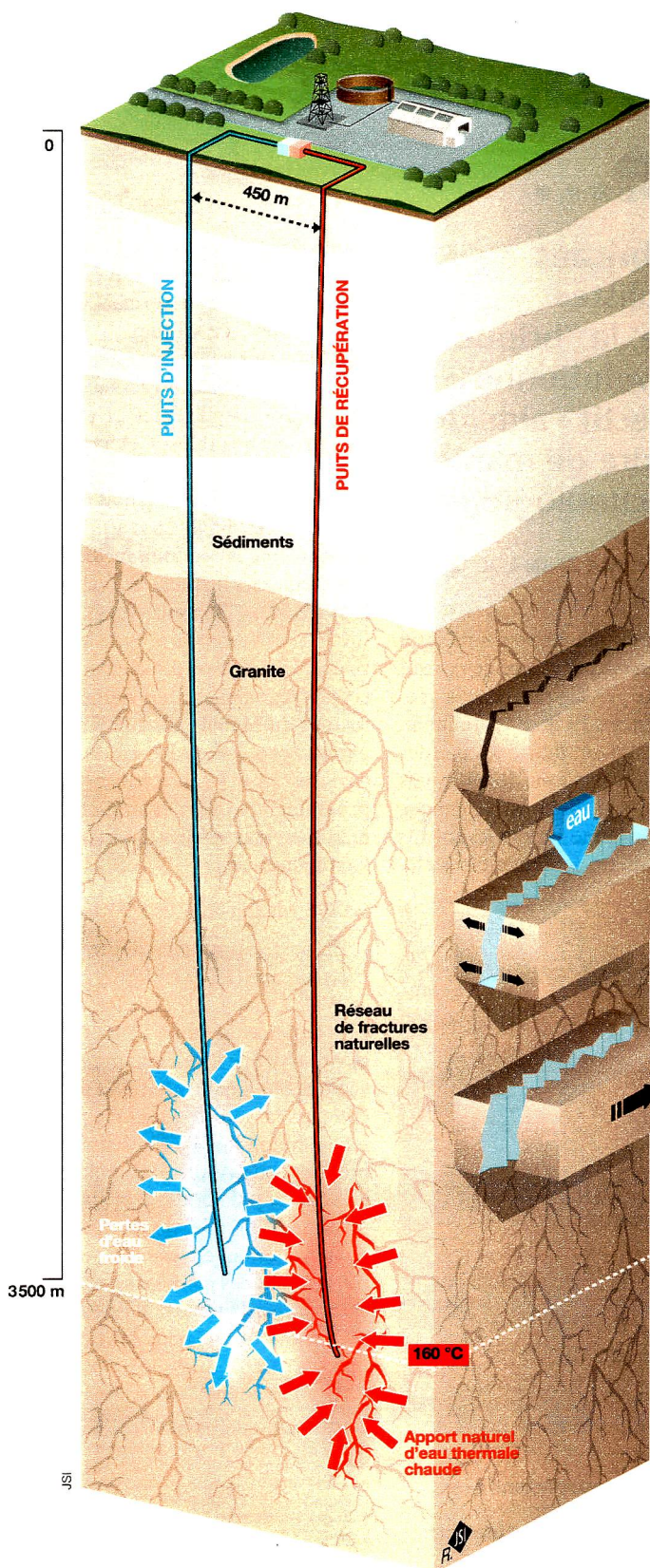
## Chauffage au granite

De l'eau froide est injectée dans un puits de 3 500 m de profondeur. Une partie de celle-ci se perd dans le sous-sol, mais ces pertes sont compensées par le pompage d'eau chaude qui s'y trouve. L'eau se réchauffe en circulant sur 450 m dans le réseau de fissures souterraines, au contact du granite. Elle est ensuite pompée dans un second puits, et sa chaleur est récupérée. Les géophysiciens agrandissent les fissures existantes ❶ en y injectant de l'eau à forte pression ❷ : les failles canalisent alors une quantité accrue de fluide ❸.

imaginé une série de neuf puits reliés entre eux, qui produiraient ensemble de 20 à 30 MW électriques. En mettant en réseau de telles unités, on pourrait aisément obtenir 500 MW électriques (la moitié de la production d'une centrale nucléaire) – voire plus une fois le système rodé.

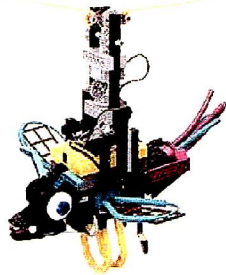
« Avant d'y parvenir, on devra vérifier qu'on obtient réellement 200 °C à 5 000 m de profondeur, explique André Gérard. Il faut également que les fractures réagissent à notre stimulation aussi bien à 5 000 m qu'à 3 500 m. » En effet, avant la mise en circulation de l'eau entre les puits, on injecte un fluide à très forte pression dans le réseau de fractures naturelles, afin de les ouvrir davantage. Elles constituent alors un "tunnel" entre le puits d'injection et le puits de récupération de l'eau.

Il faudra encore sept ans d'études pour connaître les véritables performances de la géothermie RCS à l'échelle industrielle. Cependant, elle suscite déjà l'intérêt de certains pays (Italie, Suisse, Japon...). Car le système de Soultz-sous-Forêts a aussi l'avantage de ne pas produire de déchets et de ne pas perturber l'écosystème, puisqu'il fonctionne en vase clos : c'est de l'eau thermique pompée dans le sous-sol qui est réinjectée dans le réseau de fractures. La composition chimique du sous-sol n'est donc jamais modifiée. Un respect de l'environnement très précieux, à l'heure où la plupart des pays du globe cherchent à réduire leurs émissions de gaz carbonique.





# Et la brique devient intelligente...



■ Mise au point par un fabricant de jouets et par des spécialistes de l'intelligence artificielle, la "brique programmable" révolutionne le jeu éducatif. Objectif : aider les enfants à comprendre de manière active le monde technologique.



PAR JEAN-LUC GLOCK

**Q**uand on pénètre indûment dans la chambre de John, un robot monté sur chenilles s'avance vers l'intrus et le bombarde de balles de ping-pong. Au plafond, sur toute la largeur de la pièce, John a tendu un fil sur lequel glisse un autre robot qui ressemble à un gros insecte aux yeux globuleux.

John pourrait être un Américain de 13 ans, farceur et ingénieux, mais il n'existe pas. En revanche, les robots existent. Et le plus étonnant, c'est qu'ils sont fabriqués par des pré-adolescents avec des éléments de Lego, le jeu de construction que connaissent presque tous les enfants de la planète. Seulement, ces élé-

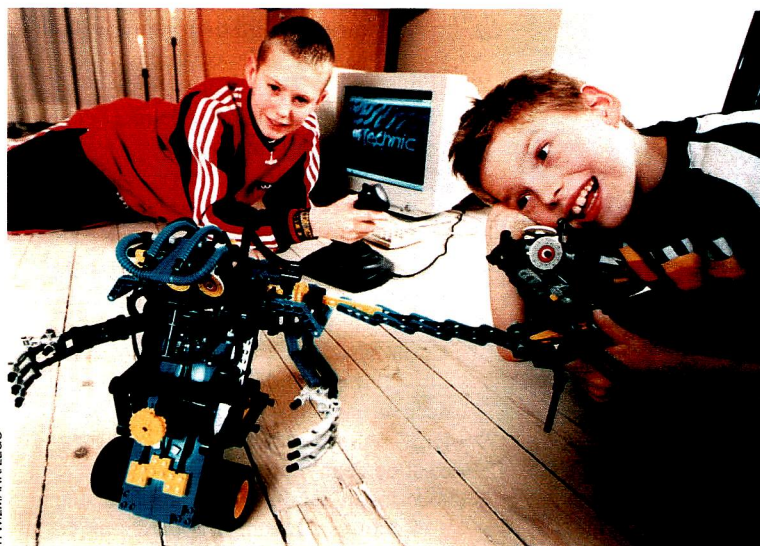
ments-là ont une particularité : ce ne sont plus de vulgaires "briques" en matière plastique ; désormais, elles ont une âme... en silicium.

C'est une sorte de prodige que vient d'accomplir Lego, en rendant ses briques "intelligentes", c'est-à-dire programmables. Cet exploit est le fruit longuement mûri de l'association du fabricant danois et de chercheurs en intelligence artificielle du célèbre laboratoire média du Massachusetts Institute of Technology (MIT), à Boston, avec qui la firme travaille depuis près de quinze ans. Une équipe dirigée par Nicholas Negroponte, fondateur et directeur du Media Lab du MIT, et par les Prs Seymour Papert et Mitchel Resnick (1) a élaboré la brique programmable avec l'ambition de mettre en œuvre leurs théories sur l'apprentissage.

## «UNE MÉGA-RÉVOLUTION!»

En partenariat avec des industriels tels que Hasbro, Mattel, Lego et Walt Disney, Mitchel Resnick est à l'origine du projet Toys of Tomorrow ("jouets de demain"), qui vise à débusquer de nouvelles voies éducatives pour le jouet électronique. Selon lui, « les enfants apprennent mieux lorsqu'ils fondent leurs propres théories sur la manière dont le monde fonctionne et qu'ils les testent en inventant et en construisant des modèles ».

Propos parfaitement illustrés par les robots qu'on peut fabriquer



T. WILMANN/LEGO

## Le robot et l'enfant

Le jeu CyberMaster consiste à construire un robot-gladiateur que l'enfant peut ensuite affronter. Le robot peut être manipulé par un autre enfant grâce à un joystick relié à un micro-ordinateur.

(1) Le mathématicien Seymour Papert est l'un des pionniers de l'intelligence artificielle. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages, dont *Mindstorms : Children, Computers and Powerful Ideas* (1980), *The Children's Machine : Rethinking School in the Age of the Computer* (1992). Mitchel Resnick est professeur en recherche sur l'éducation et professeur d'épistémologie.





## Une âme en silicium

L'âme de la brique programmable se niche dans ce boîtier. C'est un micro-ordinateur, baptisé RCX, capable de faire interagir le robot avec son environnement grâce à divers capteurs et moteurs.

avec le matériel Lego. « Si vous donnez aux enfants des outils et des matériaux adéquats, avec lesquels ils peuvent jouer, ils vont s'initier à des concepts auparavant réservés aux amphithéâtres d'université... », affirme Seymour Papert. Avec son allure de savant sorti d'une bande dessinée, Papert, lors de la présentation des nouveaux produits Lego, le 27 janvier dernier, à Londres, clamait à qui voulait l'entendre : « C'est une méga-révolution ! »

L'association de la robotique et du jouet a donc abouti à la création de deux jeux ambitieux. Le premier, MindStorms – qui doit être

lancé aux Etats-Unis à l'automne et qu'on ne trouvera pas en France avant l'année prochaine –, sera vendu aux alentours de 1200 F. Le second, CyberMaster, sera d'abord commercialisé en Europe au

mois d'octobre au prix de 1700 F.

L'âme, le cœur (ou le cerveau) de MindStorms est une brique de 12 cm x 7 cm, épaisse de 3 cm (voir photo ci-dessus) qui recèle un mini-ordinateur. Pour l'instant, la firme refuse de préciser les caractéristiques du microprocesseur. Baptisée RCX, cette brique-ordinateur permet au robot d'interagir avec son environnement : elle est dotée d'un capteur photosensible, de deux capteurs tactiles, de deux moteurs, de six piles et d'un transmetteur à infrarouge. C'est la base de toute construction du jeu MindStorms : des dizaines de robots peuvent



■ ■ ■ naître de ce parallépipède jaune.

Le kit de jeu MindStorms comprend 700 pièces (briques, boîtes de vitesses, roues, etc.). Le CD-Rom de programmation contient un gui-

## Des ateliers de technologie robotique ouverts au public

de de montage qui permet de construire des robots en moins d'une heure. On le voit, pour jouer à ces nouveaux jeux, un élément est indispensable : le micro-ordinateur.

prendre le monde réel en agissant sur lui ? On est loin de la passivité hypnotique qu'engendre le pouvoir d'attraction de certains jeux sur écran. Ici, l'enfant est maître du jeu, à la tête d'un système grâce auquel il peut aller toujours plus loin dans la compréhension de la technologie.

Élément clef, donc, le micro-ordinateur doit être relativement moderne, équipé de Windows 95, et disposer de 16 méga-octets de mémoire vive (Ram), d'une carte son



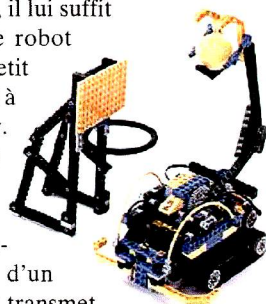
ge du robot est représentée en trois dimensions, l'enfant construit sa machine. Quand le robot

est achevé, com-

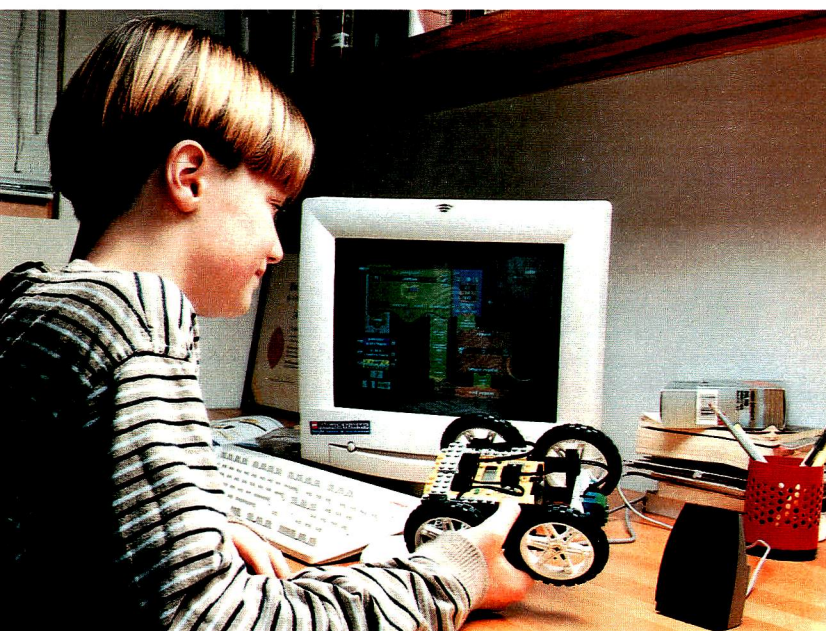
mence l'étape de la programmation. Un langage de programmation informatique simple, spécifiquement développé par les chercheurs du MIT, permet à l'enfant de donner vie à son robot.

Chaque mouvement, chaque réaction à l'environnement dont l'enfant décide de doter sa machine s'affiche sur l'écran. Peu à peu, il élabore les fonctionnalités du robot. Il apprend ainsi à maîtriser les notions de réaction et de contrôle. Avec l'expérience, il acquiert un savoir-faire logique qui lui permet de créer des machines de plus en plus complexes.

Quand il a écrit toutes les instructions, il lui suffit de placer le robot devant un petit boîtier relié à l'ordinateur. Grâce à une liaison infrarouge, plus de branchements : d'un clic, l'enfant transmet à la puce RCX les instructions de programmation.



Alors, le robot s'anime, il répond aux stimuli lumineux et tactiles que la puce RCX analyse, évite les obstacles, suit une piste préalablement tracée, émet des sons en se déplaçant, etc. Une infinité de combinaisons possibles, le robot pouvant faire un nombre illimité de gestes. Ainsi, un robot distribue des cartes de jeu, un autre a l'apparence et le comportement d'un dinosaure, un troisième nourrit les oiseaux et les photographie, etc. Grâce à trois modules complémentaires (ils seront vendus entre 300 et 500 F), l'enfant pourra spécialiser ses créations.



## La souris donne vie au robot

**Sur l'écran de son ordinateur, l'enfant "écrit" les instructions de programmation du robot grâce à un langage simple inventé par les chercheurs du MIT. A l'aide de la souris, il transmet ensuite les instructions au robot en le plaçant devant le transmetteur infrarouge.**

L'une des idées de Mitchel Resnick est que, généralement, les enfants utilisent l'ordinateur pour contrôler et manipuler des univers imaginaires. Pourquoi ne pas leur apprendre à s'en servir pour com-

patible, d'un port série pour le transmetteur à infrarouge, d'un lecteur de CD-Rom et de 40 méga-octets de mémoire sur le disque dur.

Guidé pas à pas sur l'écran de son PC, où chaque étape de l'assembla-



Le premier, "RoboSport", permet de construire un robot capable de lancer une balle, de taper dans un palet et de se lancer dans une course d'obstacles. Avec le deuxième, "Créatures de l'extrême", il fabriquera des modèles qui imitent les mouvements et les comportements de nombreux animaux. "Exploration de Mars", enfin, propose de construire un véhicule comparable au *Sojourner* de la mission Pathfinder, doté d'une caméra vidéo : l'enfant peut voir les images sur son écran.

## DES JOUETS EN BOIS À L'ÈRE CYBERNÉTIQUE

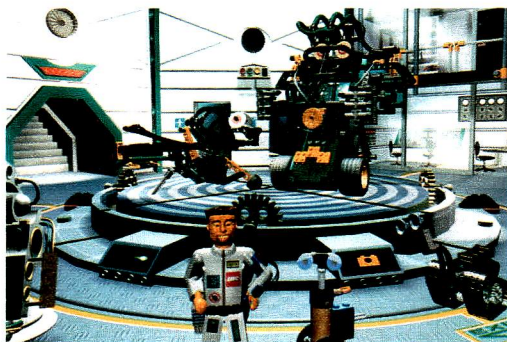
Même s'il emploie de nombreux éléments de MindStorms, le jeu CyberMaster se veut plus ludique. Le CD-Rom emporte l'enfant dans un monde futuriste où deux guides pittoresques, Joe la Mécanique et Taxi Jim, l'aident à construire une série de modèles de robots. Dans le taxi flottant de Jim, il va traverser quatre mondes virtuels où il pourra construire et jouer. Dans la cité "Coliséum", on construit le robot-gladiateur Crusher et une sorte d'arme de poing à ressort qui ressemble à un insecte. L'enfant af-

fronte ensuite Crusher dans un combat d'arène. Il doit le toucher avec l'arme en trois endroits pour remporter l'assaut. Les déplacements de Crusher sont programmables : l'enfant joue alors seul contre lui. Mais le robot peut être manipulé par un autre enfant à l'aide d'un joystick.

Dans la "Zone 15", l'enfant concevra un véhicule équipé d'un grappin pour attraper des objets, d'une fourche de chariot élévateur et d'une lame de bulldozer. L'engin peut être programmé pour effectuer une série de mouvements spécifiques, ou bien dirigé grâce à la manette de jeu ou au clavier de l'ordinateur. Au "Garage de Joe", l'enfant apprend à fabriquer des véhicules à trois roues, à quatre roues ou à chenilles.

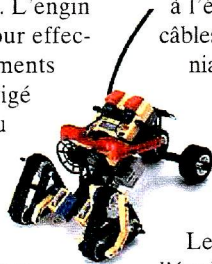
Ces jeux sont l'aboutissement de longues années de collaboration entre des scientifiques et des industriels du jouet. Les travaux du MIT et de Lego ont commencé en 1984, époque à laquelle Seymour Papert

a commencé à travailler au langage de programmation des futures briques. C'est en 1986 qu'une puce a pour la première



## Un guide virtuel

**Avec le CD-Rom du jeu CyberMaster, l'enfant fait connaissance avec Joe la Mécanique, l'un des guides virtuels qui vont l'aider à construire le robot-gladiateur Crusher.**



fois équipé des robots, reliés à l'époque à des PC par des câbles. Au fil des années, la miniaturisation et la baisse des prix des composants ont permis la création de la brique actuelle.

Plusieurs projets de centres d'enseignement Lego MindStorms sont à l'étude aux Etats-Unis, en Europe et en Asie. Le premier a été inauguré au centre éducatif du Musée de la science et de l'industrie de Chicago, en novembre dernier. Des groupes scolaires et des familles peuvent y participer à des ateliers de technologie robotique.

Prolongement naturel des jeux, un site Internet va accueillir les enfants qui souhaitent créer leur page d'accueil. Ils pourront communiquer entre eux, télécharger des logiciels, participer à des forums, questionner des spécialistes, etc.

Quand, en 1932, le charpentier danois Ole Kirk Kristiansen posa la première brique de la maison Lego en imaginant des jouets en bois qu'il vendait aux fermiers, il ne se doutait pas qu'un jour sa passion propulserait les enfants dans l'ère cybernétique. Et que cela les aiderait à comprendre le monde dans lequel ils vivent. ■

## Jeux de savant

**Mathématicien, le Pr Seymour Papert est l'un des pionniers de l'intelligence artificielle. Il collabore depuis de nombreuses années avec la société Lego pour mettre au point la brique programmable.**





SCIENCE  
& VIE

SÉLECTION

# High

par Henri-Pierre Penel

## Micro de course



**L**e processeur le plus rapide d'Intel, le Pentium II, cadencé à 333 MHz, commence à équiper certains micro-ordinateurs haut de gamme. Le constructeur Gateway 2000, l'un des grands de la vente directe, vient de mettre à son catalogue une bête de course, le G6-333 XL, doté de caractéristiques impressionnantes : 64 méga-octets de mémoire vive (SDRAM extensible à 384 Mo), 512 Ko de mémoire cache, un disque dur IBM Ultra ATA de 8,4 giga-octets, un lecteur interne Iomega Zip 100 Mo, un lecteur de DVD-Rom II Toshiba, une carte vidéo STB nVIDIA 128 bits, une

carte audio Ensoniq Wavetable, des enceintes Boston Acoustics Media Theatre 20 W avec caisson de basse de 30 W, un modem US Robotics 56 Kbits/s. Le moniteur est un 19 pouces d'excellente qualité (pitch de 0,26). Il est livré avec plusieurs logiciels. Prix : 24 000 F.

► **L'une des meilleures configurations dans cette catégorie. Et l'un des premiers appareils à bénéficier d'un lecteur de DVD-Rom de deuxième génération, capable de lire les CD-Rom.**



# Tech

et Jean-Luc Glock

## L'œil universel

**I**l ressemble au célèbre appareil-photo miniature Minox, outil de travail supposé des espions de tous poils. C'est un Minox, en effet, mais un monoculaire, doté d'un grossissement de six fois. La mise au point rapprochée minimale est de 1,5 m et, pour observer des objets éloignés, son champ de vision est exceptionnel ; il est, à 1 000 m de distance, de 140 m. Prix : 890 F.

► Léger (105 g), peu encombrant (81 x 32 x 20 mm), d'un emploi facile, ce monoculaire est approprié à de nombreux domaines.



## PAPIER DANS TOUS SES ÉTATS

Transférer une photo sur un tee-shirt, fabriquer des cartes fantaisie, tirer le meilleur parti de son imprimante couleur sur papier photo, etc. C'est ce que permet de faire la nouvelle gamme de papiers Rey & Co. Importée en France par Aussedat, ils sont disponibles, notamment, dans les grandes surfaces. Leur prix est compris entre 35 et 130 F en fonction du type de papier.

► D'une qualité comparable à celle des produits professionnels, ces papiers sont conditionnés par petites quantités.



## Luxe bon marché

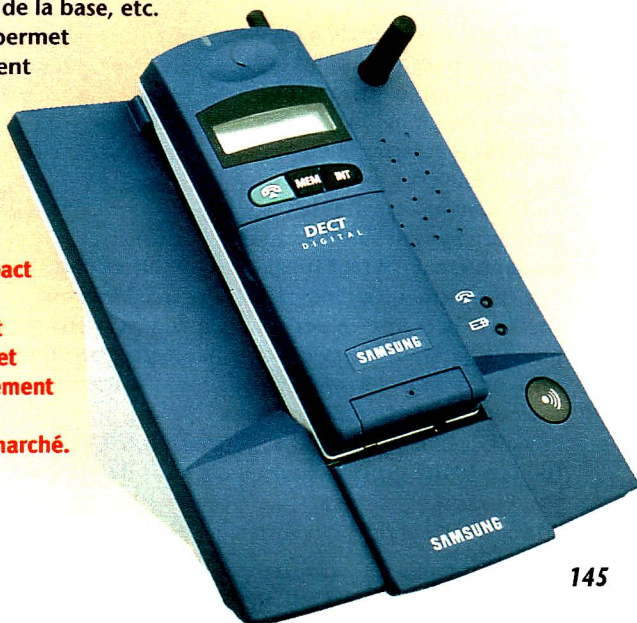
**L**e SP R5050 du constructeur coréen Samsung est un téléphone sans fil numérique, multicombiné, à l'allure de téléphone cellulaire. A la norme DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), ce téléphone possède les principales caractéristiques de ce genre d'appareil : écran LCD, dix mémoires de numéro, rappel des cinq derniers numéros, affichage du temps de communication, localisation du combiné à partir de la base, etc.

Une touche SOS permet d'accéder facilement à un numéro mémorisé.

Il existe en trois coloris : noir, blanc, bleu.

Prix : 1 200 F.

► Très compact (13 cm), ce combiné est agréable et relativement bon marché.





## Le Lexibook se marie au PC

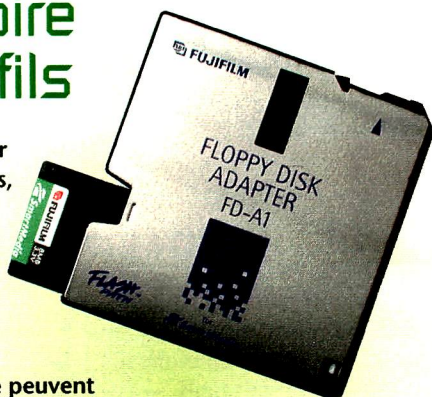
**T**raducteur, organisateur, gestionnaire de finances, le TPC 128K de Lexibook dialogue aujourd'hui avec un ordinateur PC. Un cordon de liaison assure l'échange des données. Prix : 990 F.



► Doté de 128 Ko de mémoire, le TPC 128K associe un traducteur très puissant (quatre langues), un agenda et un gestionnaire financier.

## Mémoire sans fils

**P**our stocker des images, les appareils-photo numériques exploitent une mémoire flash. Or, les ordinateurs ne peuvent pas "lire" directement le contenu de ces puces électroniques. Transférer les images de l'appareil-photo vers un PC devient une opération fastidieuse qui nécessite la connexion de câbles ou d'adaptateurs. Pour résoudre ce problème, Fujifilm a développé le Flash Path FD-A1, un petit boîtier, au format identique à celui d'une disquette, dans lequel on place la mémoire. Quand le Flash Path est inséré dans le lecteur de disquettes, l'ordinateur lit le contenu de la mémoire exactement comme s'il s'agissait d'une disquette conventionnelle. Prix : 500 F environ.



► Le transfert d'un fichier de 92 Ko ne demande que deux secondes et demie. Conçu pour recevoir des mémoires au format SmartMedia, le Flash Path n'est pas uniquement destiné aux appareils Fujifilm.

## Rasons sous la douche

**P**hilips s'est associé à Nivea pour mettre au point le premier rasoir électrique qui diffuse une crème hydratante pendant le rasage. "Bleu nuit" ou "citron vert", le CoolSkin, parfaitement étanche, se rince à l'eau courante et peut s'utiliser sous la douche ou dans le bain. Il faut préalablement introduire une cartouche de crème hydratante dans le rasoir. On libère la crème en poussant sur l'un des deux gros boutons latéraux. Le système Reflex Action de Philips offre un grand confort de rasage : les trois têtes restent toujours en contact avec la peau. Prix : 990 F ; la boîte de cinq cartouches, 29 F (une recharge procure environ dix jours de rasage).

► Le rasage est efficace, doux et très agréable, grâce au parfum de pomme de la crème hydratante.







## 135 décibels dans la poche

**S**onicguard est une alarme personnelle ultrasonore commercialisée par la société grenobloise Abaco.

De la taille d'un paquet de cigarettes, l'appareil déclenche une alarme de 135 décibels lorsqu'on tire le cordon. L'alarme ne s'arrête que si l'on replace l'extrémité du cordon dans son logement. Un bouton permet d'actionner la sirène pour un avertissement sonore bref. L'appareil fonctionne avec quatre piles alcalines AAA. Prix : 175 F.

► On peut supposer que la sirène est suffisamment déroutante pour mettre en fuite un agresseur peu motivé...

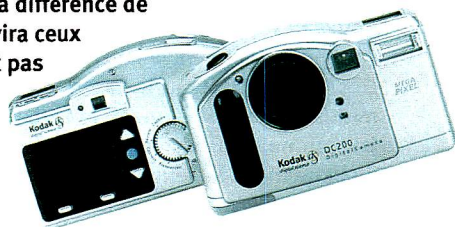
## BELLES IMAGES ET PETIT PRIX

Lancé cet hiver, l'appareil-photo numérique Kodak DC 210 Zoom a été remarqué pour ses qualités photographiques et ergonomiques.

Voici aujourd'hui une version sans zoom, le DC 200, dotée d'un objectif fixe équivalant à un 39 mm. Les caractéristiques techniques sont identiques : images de grande définition (1 152 x 864 pixels) codées en 24 bits, viseur optique, écran à cristaux liquides, carte Compact Flash de 4 méga-octets (10 Mo en option). L'appareil traite directement les images aux formats JPEG ou FlashPix.

Il bénéficie de l'excellent logiciel Picture Easy 3.0. Prix : 4 590 F.

► La différence de prix ravira ceux qui n'ont pas besoin d'un zoom (le DC 210 Zoom coûte 8 000 F).



## Font Vital : toute la science au profit de votre remise en forme

Stressé, fatigué ou manquant de punch, vous souhaitez retrouver vitalité et enthousiasme ? Bien plus qu'une simple remise en forme, Font Vital vous propose des formules de séjours uniques aux effets aussi durables que bénéfiques. Plus dynamique, plus positif et mieux dans votre peau : l'effet Font Vital est le fruit d'une démarche de scientifiques de haut niveau.

### Bien dans votre tête, bien dans votre corps

Parce que corps et esprit sont indissociables, Font Vital alterne sports, loisirs et jeux en assurant un suivi scientifique. Médecins, kiné, professeur d'activités physiques et sportives, diététicien et psychologue vous font progresser chaque jour de façon optimale.



### Des stages personnalisés ouverts à tous

En 3, 7 ou 14 jours, les stages Font Vital sont personnalisés selon vos aptitudes physiques.

### A Font Romeu, capitale de la forme olympique

Cette station offre un micro climat unique au monde. Font Vital vous en fait profiter, mettant ainsi tous les atouts de votre côté.

**FONT VITAL**

Demandez notre brochure gratuite :  
37, bd Nungesser et Coli - 66000 Perpignan  
Tél : 04 68 68 51 52





## Bienvenue aux lecteurs

**B**ien que les titres disponibles en DVD (Digital Versatile Disc) soient encore peu nombreux, les lecteurs de ce nouveau support vidéo commencent à faire leur apparition. Pour se diriger vers le DVD en continuant de profiter du catalogue très fourni offert par le LaserDisc (disques vidéo 30 cm), voici le lecteur multistandard de Pioneer, le DVL-909, capable de lire les LaserDisc, les DVD et les CD audio. En somme, trois lecteurs haut de gamme sont assemblés dans le même boîtier. Pioneer propose également un lecteur strictement DVD, le DV-505. Prix : DVL-909, 9 990 F ; DV-505, 4 990 F.

► Le système auto-reverse du DVL-909 lit automatiquement l'autre face du LaserDisc. Inutile de retourner le disque manuellement. Le DV-505 lit également les CD audio.



## UNE TOUCHE DE NATUREL

Pour décorer une façade, mettre une touche de couleur sur les terrasses ou même créer un espace intérieur intime où se plairont les plantes grimpantes, Celloplast décline sa gamme de treillages en bambou naturel.

Disponibles en 1 m x 2 m et 1 m x 3 m, ils peuvent également être utilisés en claustra. Prix : 129 F et 152 F.

► Ces treillages existent également en bois peint. Mais ils doivent être régulièrement entretenus.



## Télesurveillance personnelle

**B**ien connue dans le domaine des antivol domestiques, la société Diagraal présente une nouvelle formule : le pack

Excelia. En cas de tentative de cambriolage, une centrale d'alarme munie d'un transmetteur téléphonique avertit un centre de télesurveillance,



qui dépêche sur les lieux des spécialistes de la sécurité. Prix du pack : 9 500 F (avec un an d'abonnement au centre de télesurveillance). Coût de l'abonnement ultérieur : 195 F par mois.

► Cet abonnement de base s'accompagne à la demande d'une garantie surveillance incendie (20 F par mois) et dommages domestiques (20 F par mois). Les foyers équipés d'un système Diagraal peuvent souscrire l'abonnement Excelia seul.



**Aujourd'hui  
en profitant de notre offre  
exceptionnelle d'abonnement...**

**...faites  
vous aussi partie des  
4 millions de lecteurs  
de**

**SCIENCE  
& VIE**

**12 numéros  
mensuels**

**226  
francs  
seulement**

PHOTO HALSMAN/AFP



## Bulletin d'abonnement à SCIENCE & VIE

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à SCIENCE & VIE 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

**Oui**

**Je m'abonne à SCIENCE & VIE  
pour 1 an soit 12 mensuels.**

● Je règle la somme de **226 francs\*** seulement.

**Je choisis de régler par :**

- ☐ chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE  
☐ carte bancaire

N°          
expire à fin   mois   année

Date et signature obligatoires

\* Au lieu de 276 francs  
prix normal de vente  
des magazines chez  
votre marchand de journaux

Nom            
Prénom            
Adresse            
           
Code postal        
Ville

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1998 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE METROPOLITAINE.  
**Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17  
ou Minitel : tapez 36 15 ABON**

Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06-01-1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

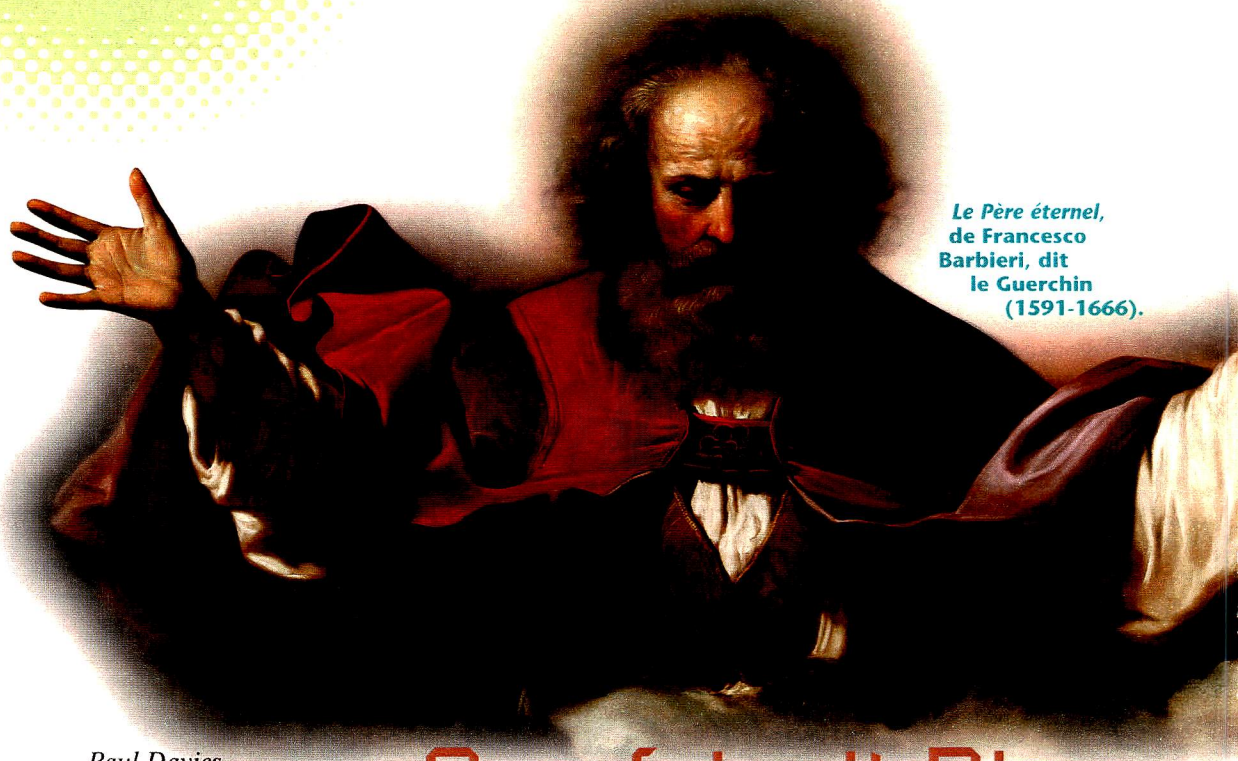
RC PARIS B 572 134 773

SV 967



# Livres

par Jean-François Robredo



Le Père éternel,  
de Francesco  
Barbieri, dit  
le Guerchin  
(1591-1666).

Paul Davies  
**L'ESPRIT  
DE DIEU**

Hachette Littératures, coll.  
"Pluriel", 250 p., 45 F.

« J'appartiens à ces chercheurs qui ne souscrivent pas à une religion conventionnelle, mais refusent de croire que l'Univers est un accident fortuit. L'Univers physique est agencé avec une ingéniosité telle que je ne puis accepter cette création comme un fait brut. Il doit y avoir un niveau d'explication plus profond. Qu'on veuille le nommer "Dieu" est affaire de goût et de définition. »

D'emblée, Paul Davies, professeur de physique mathématique à l'université d'Adélaïde (Australie),

nous prévient : il n'est pas athée, mais sa démarche intellectuelle sera strictement rationnelle.

Il n'est d'ailleurs pas le seul, ces temps-ci, à tenter ce genre de démonstration : non pas partir d'une "révélation" (l'existence d'un dieu), mais montrer que les limites des théories physiques impliquent l'existence d'une entité créatrice, extérieure à l'Univers lui-même.

Exercice périlleux : si plus personne ne s'étonne aujourd'hui de la manière

dont s'est formé le système solaire, à l'époque de Newton, par exemple, l'"harmonie des sphères" résonnait comme un hymne au

génie du créateur. Ce qui paraissait unique, inexplicable par le seul hasard, est aujourd'hui tenu pour banal (les découvertes des cosmologistes se multiplient) et résultant des seules lois physiques.

Mais un mystère chassant l'autre, ce sont à présent les théories du big bang et de la physique quantique qui nourrissent les développements mystico-scientifiques. Ainsi, avec ses faux airs de *fiat lux*, la théorie du big bang suggère un bien

## Que faisait Dieu avant le big bang ?

PAUL DAVIES  
L'ESPRIT DE DIEU



ALINARI/GIRAUDON



étrange commencement à l'Univers. L'explication peut-elle être exclusivement scientifique ? Mieux, l'"incertitude quantique" des particules de la matière favorise les théories qui s'ingénient à combler les "trous" de la science par la révélation mystique...

S'appuyant sur les découvertes les plus récentes, Paul Davies éprouve – comme Newton – la nécessité d'imaginer un "dessein", un "projet" originel dans la nature. Il va même plus loin : l'"efficacité absurde" des mathématiques, l'humble soumission du monde à des "lois" physiques ne sauraient être le fruit du hasard.

Mais, bien qu'elle ne dissimule pas les contradictions du raisonnement purement rationnel, la rigoureuse démonstration de l'éminent spécialiste finit par inspirer un malaise... qu'il concède partager. Comme s'il prouvait, malgré lui, que la quête de Dieu renvoie plus à la recherche du sens de la vie qu'à une exigence d'explication rationnelle.

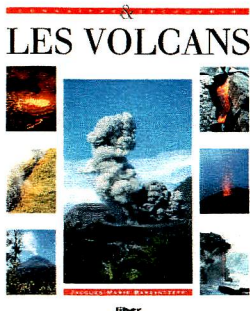
On accuse souvent la science d'avoir "désenchanté" le monde... Paul Davies dévoile plutôt ce qu'il contient de merveilleux. Il pose avec talent une question éternelle, qui n'aura sans doute jamais de réponse. Gilles Moine

# Panorama volcanique

Jacques-Marie Bardintzeff  
**LES VOLCANS**  
Liber, 214 p., 195 F.

**L**es volcans se prêtent aux beaux livres. Photogéniques, divers dans leur implantation géographique, dans leur relief, dans le mode de leurs éruptions...

L'éminent volcanologue Jacques-Marie Bardintzeff joue les guides de bonne grâce et brosse un très joli panorama



succinct) paragraphe consacré au volcanisme observé sur d'autres planètes du système solaire.

Isabelle Bourdial

des paysages volcaniques terrestres. Il mentionne des éruptions récentes, comme celle du Grimsvötn, sous le glacier Vatnajökull (Islande), en septembre et octobre 1996, qui provoqua une gigantesque inondation.

A signaler, un intéressant (quoique

**L'impressionnant panache de cendres rejeté par le Tolbachik (Russie) en août 1975.**

## EN LIBRAIRIE

Pierre Lantos  
**Le Soleil et les relations Soleil-Terre**

Masson, 198 p., 200 F.

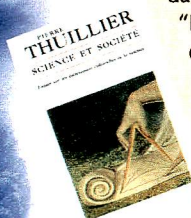
Spécialiste mondial de la météo solaire, Pierre Lantos, astrophysicien à l'Observatoire de Paris-Meudon, expose les relations tumultueuses de notre planète et du Soleil, chiffres et graphiques à l'appui.



Pierre Thuillier  
**Science et Société**

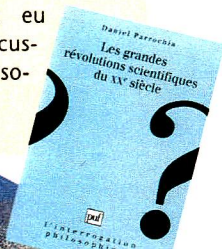
Le Livre de poche, 320 p.

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur la science sans jamais oser le demander... Cet ouvrage rassemble les principaux articles publiés par l'épistémologue Pierre Thuillier dans la *Recherche* : "Les mathématiques mènent-elles à Dieu ?", "La science n'a pas tenu ses promesses", "Les principes éthiques sont-ils néfastes aux progrès des connaissances ?", etc.



Daniel Parrochia  
**Les grandes révolutions scientifiques du xx<sup>e</sup> siècle**

PUF, coll. "L'interrogation scientifique", 34 p., 198 F. Physique quantique, relativité générale et théorie du chaos : les trois grandes révolutions scientifiques du siècle ont également eu des répercussions philosophiques...





## Au clair de la science

Sous la direction de Michel Serres et de Nayla Farouki

### LE TRÉSOR Dictionnaire des sciences

Flammarion, 1 092 p., 345 F.

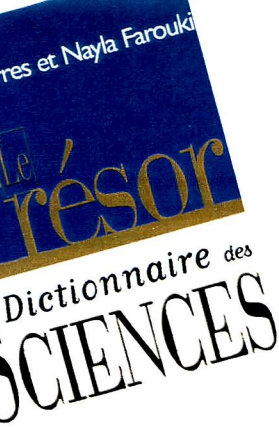
À la pénurie de connaissances a succédé le trop-plein. L'honnête homme d'aujourd'hui n'est plus en quête des sources du savoir. Sollicité par une foule de journaux, de livres, de réseaux, il tente

de naviguer dans le flot d'informations qui le submerge, de trier le vrai du faux et d'isoler, dans cette masse, un véritable "trésor" de connaissances.

« Mettre à la disposition de qui veut les concepts principaux des sciences exactes d'aujourd'hui » : c'est l'ambition de ce *Trésor*, rédigé par neuf scientifiques sous la direction du philosophe Michel Serres et de l'historienne des sciences Nayla Farouki.

Deux impératifs : la rigueur scientifique (mais elle va de soi, chez ces chercheurs de haut niveau) et, surtout, la simplicité – souci constant des auteurs, qui se sont mis à plusieurs pour rédiger la plupart des articles.

A mi-chemin du dictionnaire et de l'encyclopédie, le *Trésor* mêle notions scientifiques de base et découvertes les plus récentes, sans se contenter de sèches définitions, mais sans non plus verser dans les développements académiques. L'essentiel de



Flammarion

chaque sujet est ramassé en une ou deux pages au maximum, où l'on trouve, quand c'est nécessaire, des éléments d'histoire, de philosophie, ou l'exposé de problèmes éthiques.

Quel autre livre expose ainsi en quelques phrases ce que sont les nombres rationnels, relatifs et complexes, les lois de conservation de la physique, le darwinisme, les étoiles à neutrons, la réplication de l'ADN ou les "systèmes experts" ?

Une passionnante préface de Michel Serres brosse un tableau des mutations des sciences et de la connaissance engendrées par l'invasion de l'informatique et des réseaux – tournant comparable, selon lui, aux inventions de l'écriture et de l'imprimerie.

Une seule réserve : certains articles paraissent trop courts, certains points, trop peu développés. On reste parfois sur sa faim – mais c'est la loi du genre.  
Hélène Guillemot

## Yémen inconnu

Michel-Alain Garcia et Madiha Rachad

### L'ART DES ORIGINES AU YÉMEN

Le Seuil, coll. "Arts rupestres", 98 p., 245 F.

Vraie découverte pour les amoureux de l'art rupestre : les fi-

gures gravées et peintes du Yémen. Peu connues et jugées préhistoriques seulement depuis les années 70, elles ne sont vraiment

étudiées que depuis une dizaine d'années. A l'inverse des œuvres découvertes dans la première moitié du siècle, appréhendées selon des critères purement esthétiques, elles s'insèrent dans une recherche globale sur les cultures



préhistoriques du Yémen, selon les préoccupations actuelles de l'archéologie.

La présentation site par site établit donc le rapport entre les représentations et les fouilles voisines, afin de tisser un lien entre ces images et leurs éventuels exécutants. Le livre se clôt par un itinéraire de visite réservé au voyageur motivé et respectueux.

Catherine Chauveau

L'art rupestre yéménite étudié dans son contexte.





LE PRINTEMPS DE BOURGES AVRIL 1998

**BOURGES**

**15 → 19 AVRIL**

**98**



AVEC LE CONSEIL  
RÉGIONAL DU CENTRE



**TRIBAL JAM IAM**  
**DENI HINES M**  
**LOUISE ATTAQUE**  
**SQUEEGEE**  
**FAUDEL N.A.P.**  
**STEPHAN EICHER**  
**POETIC LOVER**  
**ERIC ET RAMZY DOLLY**  
**ETIENNE DAHO**

**JAMEL**  
**BAMBI CRUZ**  
**MAGIC MALIK**  
**HASHEEM**  
**AFRO JAZZ**  
**BEAT DE BOUL**  
**MC SOLAAR...**



[www.printemps-bourges.com](http://www.printemps-bourges.com)

**LOC : 0248243050 0149875757 3615 BOURGES**

**POINTS DE VENTE : RESEAU FNAC OFFICE DU TOURISME BOURGES**

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DE LA COMMUNICATION, MINISTÈRE DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS, VILLE DE BOURGES, CONSEIL RÉGIONAL DU CENTRE, CONSEIL GÉNÉRAL DU CHEV, MAISON DE LA CULTURE DE BOURGES, ADAMI, FONDS POUR LA CRÉATION MUSICALE, FONDS DE SOUTIEN CHANSON VARIÉTÉS JAZZ, SAGEM, SPEDIDAM.



SCIENCE  
& VIE  
SÉLECTION

# CD-Rom

par Jean-René Germain

## Voyage au centre de Jules Verne

**JULES VERNE**  
**Voyages**  
**extraordinaires**

Hachette Multimédia,  
349 F (trois ouvrages  
pour PC).

« Nous mourons, mais nos actes ne meurent pas, car ils se perpétuent dans leurs conséquences infimes. Passants d'un jour, nos pas laissent dans le sable de la route des traces éternelles. Rien n'arrive qui n'ait été déterminé par ce qui l'a précédé, et l'avenir est fait des prolongements inconnus du passé. »

Jules Verne, l'auteur des considérations mises en exergue de cet admirable CD-Rom, ne croyait pas si bien dire. Des dizaines d'années après sa mort, ses récits prophétiques ont donné et donnent en-

core naissance à bien des vocations de scientifique et d'explorateur, notamment à celle de Youri Gagarine, premier cosmonaute de l'histoire.

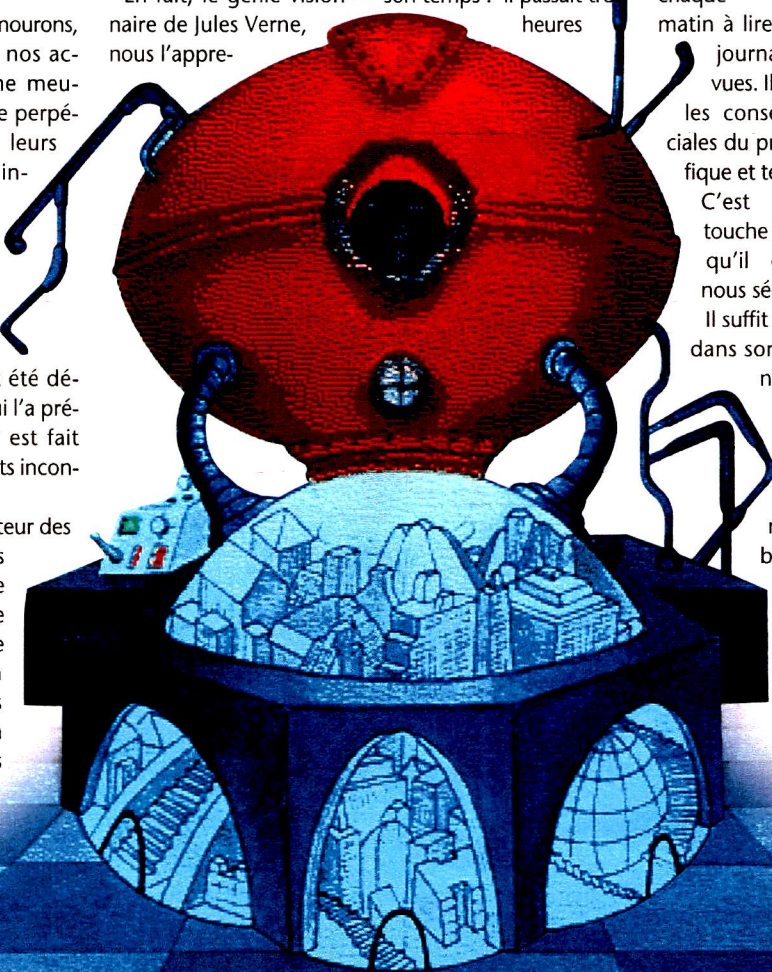
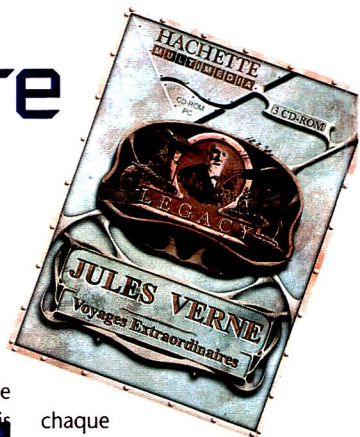
En fait, le génie visionnaire de Jules Verne, nous l'appre-

nons dans cet ouvrage réalisé par son petit-fils, Jean Verne, fut de se tenir informé de l'évolution des sciences et des techniques de son temps : il passait trois heures

chaque matin à lire les

journaux et les revues. Il a su entrevoir les conséquences sociales du progrès scientifique et technologique. C'est parce qu'il touche à l'universalité qu'il continue de nous séduire.

Il suffit de se plonger dans son univers, qui ne se réduit pas aux romans les plus célèbres, pour mesurer combien il était à la fois profondément humain et



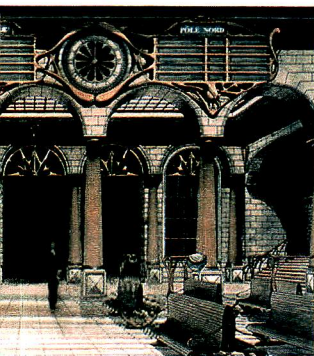


magique. Son monde est restitué par des ambiances sonores (la musique, surprenante, a été sélectionnée par Jean Verne, qui est ténor), des textes et des scénarios interprétés par des acteurs, et des images en 2D et en 3D élaborées par les maîtres du moment : Philippe Druillet ou François Schuities (pour ne citer qu'eux).

Facile à installer, le CD-Rom nous invite au voyage dans trois villes : celle du tour du monde, du ciel et de la Terre, la ville des voyages, de l'aventure et de la liberté, et la cité de la vie, de la science et de la musique. Plusieurs pavillons, monuments ou sculptures, dans l'esprit de l'Exposition universelle de 1900, nous guident à travers l'œuvre de Jules Verne. On ira d'étonnement en étonnement, en découvrant une extraordinaire galerie de personnages tantôt sérieux, tantôt farfelus, mais tous animés, pour le meilleur ou pour le pire, d'une foi vivante dans le progrès.

Une réussite absolue.

Plusieurs pavillons permettent d'accéder à des jeux ou à divers aspects de l'univers de Jules Verne.



**Ephémérides**

	Soleil	Mercure	Venus	Lune	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune	Pluton
	lever	lever	lever	lever	lever	lever	lever	lever	lever	lever
01.09.05.34	03.54	04.04	16.44	02.35	10.38	20.52	17.58	17.22	12.43	
02.09.05.38	03.52	04.07	16.34	02.35	10.38	20.48	17.52	17.18	12.39	
03.09.05.37	03.57	04.10	17.19	02.34	10.35	20.44	17.48	17.14	12.35	
04.09.05.38	04.00	04.13	17.59	02.34	10.31	20.40	17.44	17.10	12.31	
05.09.05.40	04.03	04.16	18.34	02.34	10.17	20.36	17.40	17.06	12.27	
06.09.05.41	04.07	04.19	19.06	02.33	10.13	20.32	17.36	17.03	12.23	
07.09.05.43	04.11	04.22	19.36	02.33	10.08	20.28	17.32	16.59	12.19	
08.09.05.44	04.16	04.25	20.06	02.32	10.04	20.24	17.28	16.55	12.16	
09.09.05.48	04.22	04.30	20.37	02.32	10.00	20.20	17.24	16.51	12.12	
10.09.05.47	04.27	04.31	21.11	02.32	10.56	20.16	17.20	16.47	12.09	
11.09.05.49	04.33	04.34	21.46	02.31	10.52	20.12	17.16	16.43	12.04	
12.09.05.50	04.39	04.37	22.32	02.31	10.48	20.08	17.12	16.39	12.00	
13.09.05.52	04.46	04.40	23.21	02.30	10.43	20.04	17.08	16.35	11.56	
14.09.05.53	04.52	04.44	23.51	02.30	10.39	20.00	17.04	16.31	11.53	
15.09.05.55	04.59	04.47	00.16	02.30	10.35	19.58	17.00	16.27	11.49	
16.09.05.58	05.05	04.50	01.15	02.29	10.31	19.52	16.56	16.23	11.45	
17.09.05.58	05.12	04.53	02.18	02.29	10.27	19.46	16.52	16.19	11.41	
18.09.05.59	05.19	04.56	03.23	02.28	10.23	19.44	16.48	16.15	11.37	
19.09.06.01	05.25	04.53	04.27	02.28	10.18	19.40	16.44	16.11	11.34	
20.09.06.02	05.32	05.02	05.31	02.28	10.14	19.36	16.40	16.07	11.30	
21.09.06.04	05.39	05.05	06.34	02.27	10.10	19.32	16.36	16.03	11.26	

Quitter Enreg. Option Imprimer

## Astronome à domicile

**LE CIEL EN 1998**  
Ephémérides et spectacles célestes

Alsyd, 249 F (pour Mac et PC).

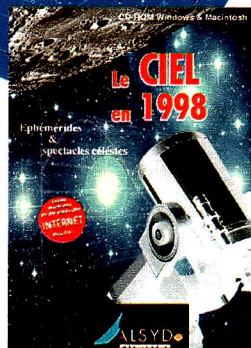
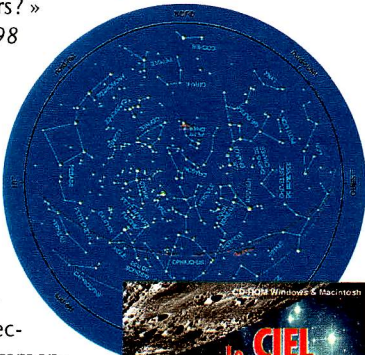
Le célèbre astronome Camille Flammarion s'étonnait de l'indifférence de ses contemporains devant le ciel nocturne : « N'est-il pas étrange que les habitants de notre planète aient presque tous vécu sans savoir où ils sont et sans se douter des merveilles de l'Univers? »

*Le ciel en 1998* signale les phénomènes astronomiques quotidiens : il suffit de lui fournir les coordonnées géographiques du lieu d'observation, et le spectacle céleste commence. L'ordinateur calcule les données astronomiques de chaque jour de l'année : lever, coucher du Soleil, de la Lune et de plus de huit cents étoiles.

Des cartes du ciel dont on peut modifier l'orienta-

tion s'affichent, indiquant les constellations et la position des planètes. Tous les événements astronomiques de l'année s'organisent autour de plus de trois cents graphiques, animations et photos. Enfin – et ce n'est pas le moindre intérêt de ce logiciel simple mais efficace –, des liaisons Internet permettent d'aller "surfer" sur les meilleurs sites du Web.

Un superbe planétarium virtuel.

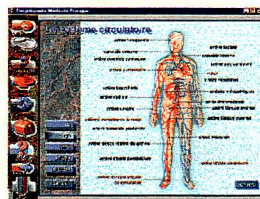


## Diagnostic interdit

**ENCYCLOPÉDIE MÉDICALE POUR LA FAMILLE**

TLC-Edusoft, 349 F (pour PC).

Feuilleter une encyclopédie médicale expose à certains inconvénients. On se souvient de la mésaventure



survenue à Jérôme K. Jérôme : l'auteur de *Trois hommes dans un bateau* s'était trouvé toutes les maladies du monde, à l'exception de l'hydarthrose des femmes de chambre. Il vaut mieux consulter ce CD-Rom pour compléter ses informations sur diverses maladies et pour comprendre les prescriptions médicales que pour poser soi-même le diagnostic et se risquer à l'automédication.

On y est pourtant fortement incité par des arbres à symptômes – dont le but affiché est de « vous orienter pas à pas vers un premier diagnostic personnalisé » – et par un guide des médicaments qui comprend 1200 références. Si l'on contourne cet écueil, l'ouvrage est riche, clair et assez complet. Isabelle Bourdial



# CD-Rom Pilote de F1

## F1 RACING SIMULATION

Ubi Soft, en collaboration  
avec Renault F1, 399 F  
(pour PC).



**Technicité  
et science du  
pilote : une simulation parfaite.**

**C**rissement des pneus, froissement des tôles, murmure du moteur avant l'explosion des soupapes, cris de la foule en délire... Qu'on soit ou pas un Prost en herbe, voici le

meilleur jeu de Formule 1 de toute l'histoire de la micro. Et – cocorico! – il a été développé par une équipe française, soucieuse de battre les Américains sur leur propre terrain : le pari est largement gagné.

Atouts majeurs de cette simulation : la technicité des réglages et la science du pilotage. Comme un professionnel, il faut régler sa voiture de A à Z : étalement des rapports de la boîte de vitesse, essence, pneus, aérodynamisme et

même télémétrie, outil qui permet d'analyser le comportement de la voiture ainsi que son pilotage.

La plus infime modification d'un seul paramètre peut avoir des conséquences. Il faut donc trouver l'équilibre parfait, en fonction du circuit, de la météo, de l'équipe.

On endossera le rôle de l'ingénieur, celui du mécanicien, on procédera aux réglages pendant les séances d'essai, le tour de chauffe et la course, dans le respect scrupuleux des règles officielles. Le pilotage est évidemment crucial : il suffit d'une erreur d'appréciation pour que le bolide parte en tête-à-queue, provoque un carambolage... et vous laissez spectateur de votre propre désillusion.

*Christophe Nguyen*

# replay

## Les Hits PC à Prix Top



**"Imperium Galactica"**

Partez dans les étoiles et bâtissez-vous un empire

**"Puzzle Bobble"**

Un grand classique dans la lignée des Tetris®

**"Z + Z expansion pak"**

Le plus déjanté des jeux d'action stratégique

**"g"**

Une aventure au cœur de l'imaginaire

**"Sensible World of soccer 96/97"**

Complet et tellement jouable ! Le meilleur du football

© GT Interactive. Tous droits réservés.

**et toujours...**

Ultimate Doom, Hexen, Heretic, Arcade Classics, Doom 2, Final Doom, L'Amazone Queen, Quake, Death Rally et Creatures.

**3615 GT INTERACTIVE®**  
Ligne GT : 08 36 68 14 11  
Infos Asiecs Cadence

© 1997 GT

**GT**

GT INTERACTIVE SOFTWARE  
FRANCE

## Chercheur en herbe

### MATIÈRE MOLLE Physique des objets de tous les jours

Présenté par Pierre-  
Gilles de Gennes

Arte Editions/Microfolie's/  
SFRS, 249 F (pour PC).

**E**t si notre dynamique prix Nobel Pierre-Gilles de Gennes nous expliquait à sa manière la structure de la matière qui nous entoure, de la mayonnaise aux matières

plastiques ? Univers familier mais bien mystérieux, pour peu qu'on l'observe avec l'esprit inventif de Benjamin Franklin !

Le choix du sujet reflète l'esprit paradoxal de Pierre-Gilles de Gennes : état intermédiaire entre le liquide et le solide, la matière molle évoque trois états fondamentaux de la matière. Se déplaçant dans une maison virtuelle, l'utilisateur choisit des objets qui ont des propriétés spé-



# Histoires d'argent

## MONEY 98 Suite financière

Microsoft, 299 F  
(pour PC).

**N**otre argent nous intéresse... Or, on estime qu'à peine 12 % des possesseurs de PC utilisent leur ordinateur pour gérer leurs comptes, alors qu'ils sont 40 % à juger cette fonction décisive dans leurs motivations d'achat.

Microsoft a conçu Money 98 en ayant ces chiffres en tête et en sachant que les utilisateurs demandent à leur logiciel de gestion personnelle d'avoir une ergonomie simple, de leur offrir la possibilité de se connecter à leur banque, de gérer les comptes au quotidien et de disposer de conseils et d'outils pour une gestion à plus long terme. Money 98 est donc résolument orienté vers le grand public, avec des

fonctions spécifiques pour l'utilisateur français, comme l'accès au minitel.

La gestion quotidienne présente une nouveauté : le suivi des comptes des cartes bancaires à paiement différé. Un nouveau module "Budget" permet de surveiller précisément ses dépenses, grâce à des postes qu'on a préalablement créés : habillement, transports, loisirs, etc. Mais la grande innovation par rapport à Money 97, c'est qu'on peut se connecter à sa banque, soit par minitel, soit par Internet, pour effectuer nombre d'opérations courantes : relevés bancaires, virements, ordres de Bourse, etc.

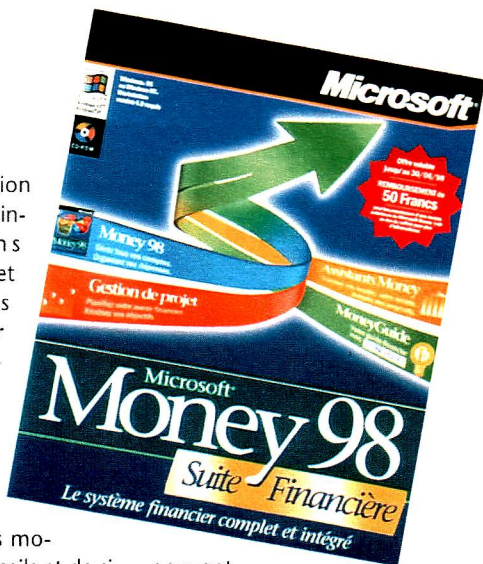
De plus, on peut désormais accéder

par connexion Internet aux informations boursières et financières fournies par des partenaires tels que l'agence Option Finance.

Autre nouveauté : des modules de conseils et de simulation d'impôts, de retraite, de plan épargne logement, établis par les spécialistes du *Revenu français*. Les données des fichiers Quicken sont facilement transférables dans Money 98. De même, les logiciels de comptabilité

peuvent recevoir les données de Money 98.

Pour qui n'est pas un as de la finance, l'installation est un peu laborieuse. Mais, quand on a surmonté l'obstacle, on dispose d'un outil sans pareil pour gérer ses comptes.



cifiques pour les soumettre à diverses expérimentations.

Grâce à un questionnaire à choix multiple, il sera amené à s'interroger et à déduire les lois des matériaux. Des interventions de Pierre-Gilles de Gennes et des animations guident le futur scientifique, qui pourra aller plus loin en suivant neuf cours de science, sur les états de la matière, la thermodynamique, la lumière, la chiralité (orientation des molé-

cules), etc. Disons-le, ce logiciel n'est pas destiné au grand public, qui le trouvera sans doute trop austère, trop scolaire. En revanche, il devrait passionner les lycéens qui se destinent à la recherche et tous les curieux des sciences. Il illustre en effet fort bien la démarche scientifique.

## LA PENDULE LUNAIRE RADIO-PILOTÉE



Phases de la lune jusqu'en 2089  
Affichage date et jour  
Mise à l'heure automatique  
Alarme réveil  
Sonnerie crescendo  
Passage de l'heure d'hiver et d'été automatique  
Eclairage électro-luminescent  
Hi-glo

**NOUVEAU 299F TTC**

Vente au magasin et par correspondance  
Expédition rapide toutes destinations

Commande par téléphone ou fax

Règlement par carte Visa

Au cœur de Paris, métro Hôtel de Ville

Magasin ouvert du Mardi au Samedi de 9h 45 à 18h 45

Tél. : 01 42 77 99 55 - Fax : 01 48 87 40 87

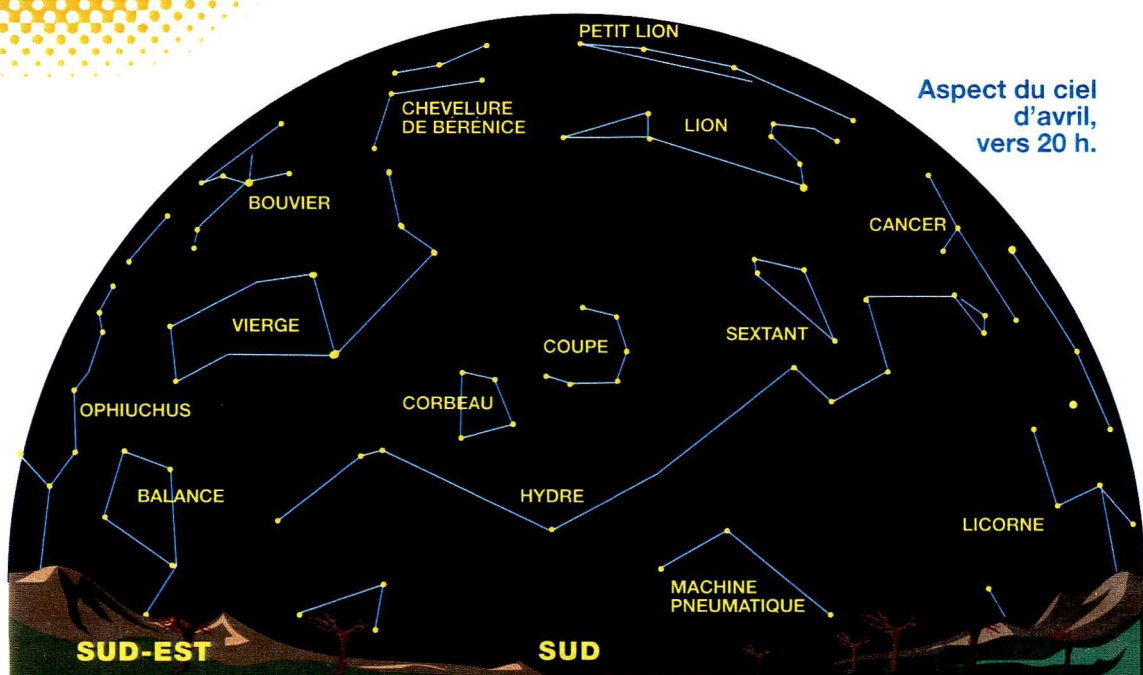
e-mail : [info@maison-astronomie.com](mailto:info@maison-astronomie.com)

la maison de l'Astronomie - 33-35, rue de Rivoli - 75004 Paris



# Le ciel

PAR YVES DELAYE



A. MEYER

**L**a parallaxe d'un astre est l'angle sous lequel, depuis cet astre, est vue une longueur de référence (le rayon de la Terre, dans le système solaire). La première application de la parallaxe trigonométrique est la mesure du système solaire. Cette méthode est valable jusqu'à une centaine d'années-lumière. Au-delà, les angles sont trop petits, et l'imprécision est trop importante.

De 100 à 300 années-lumière, on se sert des parallaxes dynamiques; de 300 à 1000 années-lumière, des parallaxes statistiques. Ces calculs complexes se basent respectivement sur l'observation des mouvements réels des étoiles

## Distances astronomiques

doubles et sur ceux des amas d'étoiles.

Pour les distances plus grandes, la trigonométrie n'est d'aucun secours, mais d'autres méthodes portent toujours le nom de parallaxes. Elles reposent sur la détermination de l'éclat absolu ou réel des étoiles.

Le problème est de connaître leur magnitude absolue. Dans le cas de la parallaxe spectroscopique, on se sert de la classe spectrale de l'étoile ou de sa couleur. Ces mesures sont valables jusqu'à environ 300 000 années-lumière.

Pour aller plus loin, la

parallaxe photométrique utilise une propriété de certaines étoiles variables, dites "céphéides" : la période de variation de leur lumière est en relation avec leur luminosité. Il suffit de calibrer la relation période-luminosité de céphéides proches pour disposer de véritables indicateurs de distance. En effet, la connaissance de la magnitude absolue qui en découle ramène au cas précédent. Le domaine de mesure s'étend alors à près d'un milliard d'années-lumière.

D'autres méthodes prennent ensuite le relais. Leur

précision est toute relative. L'une d'elles est due au télescope spatial *Hubble*, qui a mis en évidence la "fuite des galaxies" : elles semblent s'éloigner les unes des autres, d'autant plus vite qu'elles sont plus loin de nous. Ce fait est révélé par l'observation de leur spectre, dont les raies caractéristiques sont décalées vers le rouge proportionnellement à la vitesse de fuite. La relation qui associe vitesse de fuite ( $V$ ) et distance ( $D$ ) est très simple :  $D = V/H$ , où  $H$  est une constante, dite constante de Hubble. La valeur de  $H$  varie, selon les plus récentes estimations, de 50 à 100 – ce qui fait passer les dimensions de l'Univers du simple au double !



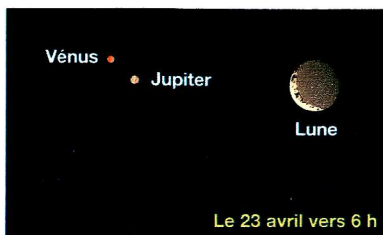
# QUE REGARDER?

## ► A L'ŒIL NU



### Conjonction Lune, Vénus, Jupiter

■ Le jeudi 23 avril aura lieu l'une des plus belles conjonctions de l'année. Juste avant le lever du Soleil, on verra Vénus et Jupiter à moins de 18 minutes d'arc l'une de l'autre. Cette configuration s'est déjà produite voilà un peu plus d'un an, mais elle n'était pas observable en France. Cette fois, pour peu qu'on choisisse un lieu d'observation dégagé sur l'horizon est-sud-est, on profitera pleinement du spectacle. La Lune, en fin croissant, se trouvera à moins d'un degré du couple planétaire.



Le 23 avril vers 6 h

A. MEYER

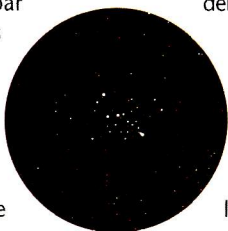
Conjonction d'autant plus merveilleuse que l'éclat des deux planètes est très élevé (magnitude  $-4,2$  pour Vénus et  $-2,1$  pour Jupiter). L'observation pourra commencer dès le lever des planètes (vers 6 h) et se poursuivre même après le lever du Soleil, car leur grande brillance les rend visibles en plein jour.

## ► AUX JUMELLES



### L'amas globulaire M 103

■ Découvert par l'astronome français Pierre Méchain en 1781, cet amas ouvert a été inscrit par Charles Messier à la fin de son célèbre catalogue de 103 objets célestes (désignés par la lettre M suivie d'un nombre).



Situé à environ 8000 années-lumière de la Terre, M 103 a un diamètre de 14 années-lumière. Il est assez facilement repérable dans un ciel exempt de pollution lumineuse. Instrument idéal : une pai-

re de jumelles, car il est constitué d'une soixantaine d'étoiles pâles, aux colorations délicates. Le centre de l'amas est très dense; on y distingue une magnifique étoile rouge.

M 103 se trouve dans Cassiopée, constellation circumpolaire observable toute l'année. Meilleur repère pour le localiser : l'étoile Delta, à l'un des sommets du M que forme la constellation. L'amas est à moins de 1 degré de Delta.

On ne sait pas avec certitude si c'est un véritable amas, ensemble d'étoiles nées du même nuage de gaz, ou bien un regroupement quelconque d'étoiles...

## ► AU TÉLESCOPE



### Le couple M 65-66

■ Si l'on possède un télescope ou une lunette d'au moins 100 mm, on trouvera sans difficulté ce couple de galaxies. Situés à proximité de Thêta (l'étoile qui forme l'une des pattes du Lion), les deux astres apparaissent comme deux petites nébuleuses dans un oculaire à grand champ.

Distante de 29 millions d'années-lumière, M 66 est pratiquement vue de face. Ramassée, elle est de forme elliptique. Son noyau est une condensation floue et lumineuse, et l'on voit de nombreuses structures granuleuses dans ses bras spiraux.



La galaxie M 66

PHOTOS Y. DELAYE

M 65 est légèrement moins brillante. Située à environ 30 millions d'années-lumière et à 20 minutes d'arc de sa compagne, elle a la forme d'une ellipse allongée très aplatie. Dans un télescope de 200 mm ou plus, on distingue nettement son aspect très granuleux. De nombreux nuages de poussière absorbent son éclat. ■

## PLANÈTES ET LUNE

### MERCREDI 1<sup>er</sup>

Jupiter redevient visible dans le ciel du matin.

### VENREDI 3

Premier quartier de Lune. Période favorable pour observer le relief de notre satellite.

### SAMEDI 11

La Lune est la plus éloignée de la Terre : 406347 km.

### DIMANCHE 12

Pâques a lieu le premier dimanche qui suit l'équinoxe de printemps. Depuis longtemps, l'Eglise fait confiance aux astronomes du Bureau des longitudes pour déterminer la date de la fête.

### DIMANCHE 19

Le Soleil entre dans la constellation du Bélier.

### JEUDI 23

Avant le lever du Soleil, magnifique conjonction de Jupiter, de Vénus et de la Lune (voir "A l'œil nu", ci-contre).

### VENREDI 24

Peu avant le lever du Soleil, plein est, la Lune est à mi-chemin de Mercure et du couple Vénus-Jupiter.

### MARDI 28

Plein ouest, après le coucher du Soleil, conjonction rapprochée de la Lune et d'Aldébaran.





## Le tour du monde en ballon

**Les mythes sont fondateurs. Depuis toujours ou plus récemment, les hommes ont rêvé de voler comme Icare, d'atteindre des profondeurs extrêmes, de marcher sur la Lune... Effectuer le tour de la Terre en ballon est l'un de ces mythes. Personne n'y est jamais parvenu. Les récents échecs des missions Breitling Orbiter 2 et Abruzzo Rutan montrent, s'il en était besoin, que l'affaire est loin d'être gagnée, même à l'aide des hautes technologies.**

### Une histoire de 215 ans

**@** Le 21 novembre 1783, le premier voyage en ballon – de la Muette à la Butte-aux-Cailles, à Paris – entraîne François Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlandes dans un vol de vingt-cinq minutes qui culmine à 1 000 mètres. L'année précédente, les frères Joseph et Etienne de Montgolfier avaient inventé et expérimenté les aérostats, ballons à air chaud dits montgolfières.

Plus tard, c'est la stratosphère (de 18 à 50 km d'altitude) que voudront conquérir les aérostats. Mais le froid et le manque d'air vouent les tentatives à l'échec. Il faudra attendre le 18 août 1932 pour voir le physicien suisse Auguste Piccard effectuer la première ascension stratosphérique : il monte jusqu'à 16 201 m, à bord du ballon à nacelle étanche qu'il a conçu.

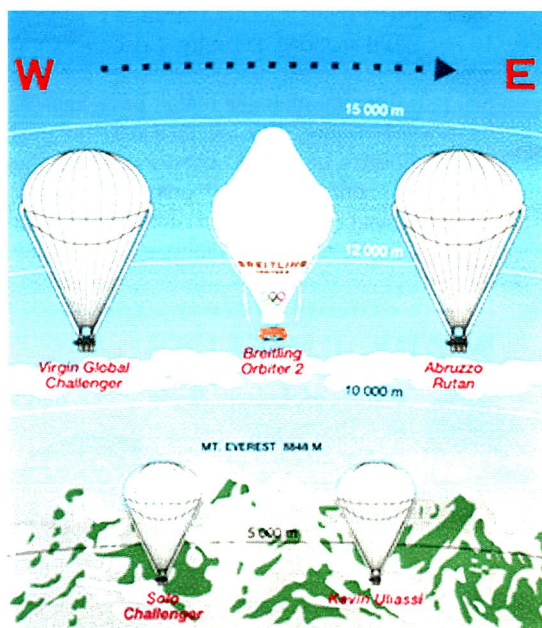
L'armée prend ensuite le relais : le 4 mai 1961, un équipage militaire américain établit le record d'altitude : 34 668 m. De superbes aventures, à découvrir sur le site suivant :

<http://www.breitling-orbiter.ch/breitling/breit97/fr/projet/histori/histori.html>

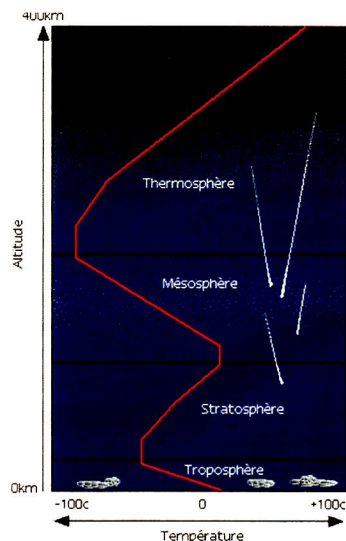
### Atmosphère, atmosphère...

**@** L'atmosphère se divise en plusieurs grandes régions :

- la troposphère (jusqu'à 18 km) : la température y décroît de façon régulière d'environ 6 °C tous les 1 000 m. C'est la couche des phénomènes météorologiques ;
- la stratosphère : la température y reste presque constante (- 50 °C) jusqu'à 25 km, avant de se remettre à augmenter au-delà, pour atteindre 0 °C ;



**Avec leur ballon, les concurrents empruntent les "jet-streams", ces courants qui tournent autour du globe à des vitesses pouvant atteindre 450 km/h !**



**Jusqu'à 400 km d'altitude, la température de l'atmosphère (en rouge) oscille entre -90 °C et +90 °C.**





– la mésosphère (de 50 à 100 km) : la température y passe progressivement de 0 °C à - 90 °C ;

– la thermosphère connaît, à l'inverse, un réchauffement qui se poursuit jusqu'au début de l'espace – l'ionosphère –, pour atteindre 500 °C !

La séparation entre la troposphère et la stratosphère porte le nom de tropopause. C'est dans cette zone que naviguent ou... dérivent la plupart des aéroliers modernes.

Pour comprendre la structure et la dynamique de l'atmosphère, on se reportera au site suivant :

[http://cyberscol.cscs.qc.ca/Projets/Girouette/Theorie\\_Vulga/Atmosphere/Atmos\\_Structure.html](http://cyberscol.cscs.qc.ca/Projets/Girouette/Theorie_Vulga/Atmosphere/Atmos_Structure.html)

Pour comprendre le rôle du Soleil – véritable maître des vents –, on consultera le site :

<http://www.meteo.org/phénoménologie/vent.htm>

## A la recherche des jet-streams

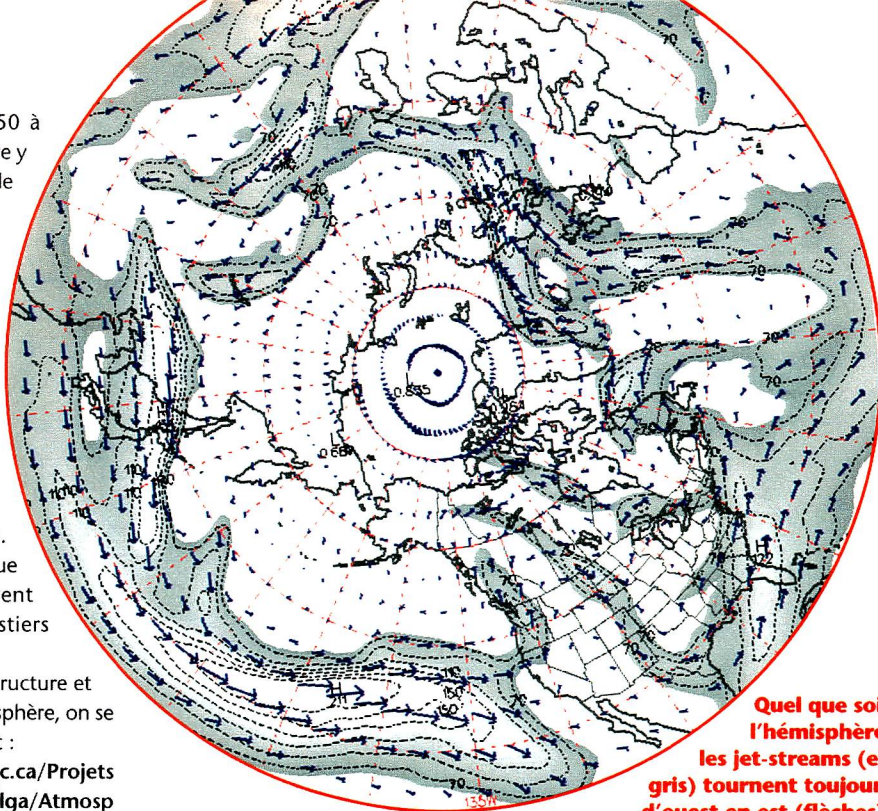
@ Les jet-streams sont des courants tubulaires aplatis, de 500 à 1 000 km de largeur et de 1 à 3 km de hauteur, qui se déplacent d'ouest en est au-dessus des latitudes

moyennes. Ils parcourent des milliers de kilomètres à cheval sur la tropopause, à une altitude comprise entre 9 000 et

14 000 m, selon la latitude.

Leur vitesse varie de 95 à 450 km/h. Les plus belles représentations des jet-streams et de leurs discontinuités sont sur le site :

<http://squall.sfsu.edu/crws/jetstream.html>



Quel que soit l'hémisphère, les jet-streams (en gris) tournent toujours d'ouest en est (flèches).

## Le casse-tête des courants

@ Pourquoi les aéroliers modernes échouent-ils, alors que les jet-streams tournent autour de la Terre à grande vitesse ? Parce que ces courants présentent des discontinuités qui varient d'un jour à l'autre.

Ne disposant pas de moyen de propulsion autonome, les aéroliers ont bien du mal à emprunter un passage d'un jet-stream à un autre. Pour se faire une idée de la complexité de la dynamique de l'atmosphère terrestre, on trouvera les thèmes de recherche les plus récents à cette adresse :

<http://cri.enscm.fr/~cefi/dea/fra/motcle.1377.html>

**La route de Bertrand Piccard montre que, certains jours, il a parcouru près de 1 800 km.**

## Echec et mat ?

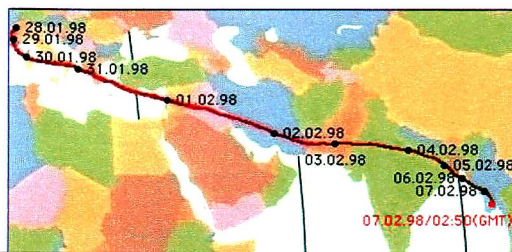
@ Même l'Américain Steve Fossett, PDG de Virgin, a été obligé de regagner le plancher des vaches. Parti de Saint Louis (Missouri) le 15 janvier dernier, il s'est posé 6 jours 2 heures et 16 minutes plus tard en Inde. Il a cependant battu tous les records, en particulier celui de la vitesse instantanée (260 km/h). Un exploit à découvrir sur le site suivant :

[http://www.rtbef.be/info/jt/1997\\_01\\_21/330.html](http://www.rtbef.be/info/jt/1997_01_21/330.html)

Le 28 janvier, le Suisse Bertrand Piccard (petit-fils d'Auguste) tente lui aussi l'aventure, à bord de Breitling Orbiter 2. Ce sera la désillusion. On suivra son vol à cette adresse :

<http://www.rsr.ch/piccard/nouvelles.htm>

<http://www.breitling-orbiter.ch/breitling/breit97/fr/projet/index.html>





FUTURS

# L'AVENIR

n'a pas de

« L'accélération de la **MONDIALISATION** découle de l'accélération du temps, qui est elle-même liée au développement des techniques. »



# FUTUR

■ Obsédés par le présent, tétanisés par l'urgence, nous avons égaré notre avenir. Pour comprendre ce qui nous arrive, un entretien avec le sociologue Zaki Laïdi.



HANNAH

PROPOS RECUEILLIS PAR LEILA HADDAD

**Q**ui a jeté les clefs du futur ? Inutile d'espérer les retrouver par miracle lors du grand saut dans le XXI<sup>e</sup> siècle, encore dans les limbes. Mais il n'est pas interdit de les chercher. Ce que fait le politologue et sociologue Zaki Laïdi, chercheur au CNRS et professeur au Centre d'études et de recherches internationales (CERI, Sciences-po). Il analyse notre nouveau rapport au temps, qui, à ses yeux, est marqué par l'urgence et par l'omniprésence du présent, nées à la fois de l'accélération de la mondialisation et de la fin de l'idéologie des Lumières. Voici quelques pistes qui peuvent nous aider à retrouver notre futur perdu.

**Science & Vie :** Vous avez écrit : « Rien ne sera plus jamais comme avant », comme si nous avions basculé dans un monde nouveau, un monde différent de celui que nous connaissons, où nous n'aurions pas encore trouvé nos marques. Que s'est-il passé pour que nous en arrivions là ?

**Zaki Laïdi :** Si nous avons le sentiment que rien ne sera plus comme avant, cela ne signifie pas qu'il y ait une rupture absolue. A mon avis, cette représentation d'une rupture dans l'ordre du temps, des choses, découle de l'articulation entre deux grands mouvements : d'un côté, la

fin de la guerre froide ; de l'autre, l'accélération de la mondialisation. La fin de la guerre froide marque non pas seulement la fin de l'affrontement entre les Etats-Unis et l'URSS, mais aussi celle de l'idéologie des Lumières. C'est-à-dire la promesse d'un monde nouveau, meilleur, vers lequel tous nos actes convergeraient. Un mouvement, donc un temps, orienté, finalisé, avec un sens, une direction, fondé sur l'idée de progrès. C'est cette flèche du temps qui s'est cassée. Ce qui est intéressant, c'est de voir comment ce moment historique a coïncidé avec l'accélération de la mondialisation.

**S. & V. :** La mondialisation et les nouvelles technologies ont aussi modifié nos repères spatio-temporels...

**Z. L. :** L'accélération de la mondialisation découle de l'accélération du temps, qui est elle-même liée au développement des techniques. Ces dernières ont fortement contribué à l'abolition des distances, à la compression de l'espace en facilitant et en intensifiant les échanges mondiaux. Les transactions peuvent se faire désormais en temps réel, et c'est en gagnant du temps qu'une entreprise, quelles que soient ses performances, conquiert de nouveaux marchés. La mondialisation nous oblige à renégocier notre rap-





NASCIMENTO/REA

« Plus nous nous situons dans l'**URGENCE**,  
moins nous sommes capables d'en sortir.  
Nous n'arrivons plus à nous représenter le monde  
qu'à travers l'action immédiate. »

■ ■ ■ port à la distance et au temps. Mais je ne crois pas qu'il faille interpréter les phénomènes sociaux en fonction des contraintes ou des phénomènes technologiques.

**S. & V. : C'est-à-dire ?**

**Z. L. :** Notre nouvelle perception du temps n'est pas due uniquement aux techniques d'accélération. L'accélération est toujours relative, ses effets sociaux ne sont pas mécaniques. L'abolition de la distance géographique ne rend pas les sociétés automatiquement plus proches ou plus solidaires. Nous ne pouvons pas établir une relation de cause à effet entre la seule technologie et la montée du sentiment d'urgence dans nos sociétés. Je lie cette accélération du temps à la perte de l'idée de temps orienté. Le temps nous pa-

rait d'autant plus accéléré que nous sommes incapables de lui assigner un sens, une portée, de le situer dans une perspective. Il n'y a plus de mode de représentation en dehors du présent.



FOTOGRAM-STONE IMAGES

« Le **CHÔMAGE**, c'est l'expression la plus forte  
et la plus emblématique de la montée de l'urgence. »

**S. & V. : Comment vivons-nous cela, concrètement ?**

**Z. L. :** Nous ne pouvons plus nous projeter dans l'avenir, par exemple nous ne savons plus répondre à la question « Vers quel type de société allons-nous ? ». Il y a aussi une sorte de dévalorisation du futur, parce que nous ne sommes plus sûrs que demain sera meilleur qu'aujourd'hui. La notion de planification, de vision à long terme, a été remplacée par des logiques de processus, dont on ne sait pas vers quoi elles tendent.

Au fond, le futur est perçu comme une source potentielle de perte et d'incertitude : attendre, c'est perdre. L'attente – dans le sens de la promesse de quelque chose – apparaît incertaine et n'est plus valorisée. Les gens veulent tout, tout de suite ; ils se situent dans l'immédiateté.



**S. & V. : Pourquoi ce sentiment d'urgence nous empêcherait-il d'aller de l'avant?**

**Z. L. :** Le phénomène est auto-entretenu. Il y a une illusion de l'urgence, qui consiste à dire : « Réglons d'abord les problèmes urgents, puis nous nous attaquerons aux problèmes de fond. » Or, il n'y a pas d'urgence objective, il n'y a que des représentations : nous nous repré-

**S. & V. : Un exemple?**

**Z. L. :** Le chômage... C'est l'expression la plus forte et la plus emblématique de la montée de l'urgence. Ceux qui ont le plus à perdre sont ceux qui la réclament le plus. C'est très paradoxal, parce que, en fait, la mondialisation nous porte vers l'avenir, tout dans la société actuelle nous pousse à y penser : les évolutions sont rapides, les change-

**« Le retour aux *RACINES*, c'est le retour à un âge d'or. Coupés d'un passé actualisé et de l'avenir, nous sommes en plein dans le présent. »**



LE BOT/GAMMA

sentons un certain nombre de problèmes comme étant urgents, et nous en restons là. Plus nous nous situons dans l'urgence, moins nous sommes capables d'en sortir. L'horizon temporel se rétrécit, et nous n'arrivons plus à nous représenter le monde qu'à travers l'action immédiate.

ments multiples. Mais il n'y a plus d'instrument de projection dans le futur... Nous sommes coupés du passé, parce que, justement, nous entrons dans une ère de changement.

**S. & V. : On observe pourtant un**

**retour, un recours au passé...**

**Z. L. :** Il y a deux sortes de passé : le passé comme source d'actualisation du présent et le passé qui fige, le passé commémoratif, qui se développe en France.

**S. & V. : Et le retour au terroir, à la tradition, aux racines, à la religion...**

**Z. L. :** C'est le retour à un âge d'or, pas une actualisation. Coupés du passé actualisé et de l'avenir, nous sommes en plein dans le présent.

**S. & V. : N'est-ce pas aussi par peur du futur?**

**Z. L. :** La peur découle également de l'absence d'instruments pour se représenter l'avenir.

**S. & V. : Mais que peuvent être ces "instruments"? Des idéologies?**

**Z. L. :** Dans un certain sens, oui. Je pense que l'homme est futur, il ne peut donner un sens à sa vie qu'en se projetant dans l'avenir. Le problème, c'est que les visions finalisées sont obsolètes, et la question se pose de savoir si nous pouvons renouer avec une vision de l'avenir qui ne soit pas nécessairement aussi nette qu'autrefois. Avant tout, il faut réhabiliter l'idée d'avenir.

**S. & V. : Mais nous ne parlons que de ça, de l'an 2000, du XXI<sup>e</sup> siècle, du troisième millénaire...**

**Z. L. :** Vous voyez bien le vide conceptuel de ce discours... Cette idée du changement de siècle n'a aucun sens! Ce n'est pas parce que nous en parlons que nous avons une représentation du monde. Laquelle ne se bâtit pas en deux ans, ni même en dix... Il nous manque une promesse, au sens philosophique, quelque chose de fort que nous pouvons attendre et espérer. ■

**POUR EN SAVOIR PLUS**

**Zaki Laïdi, *Malaise dans la mondialisation, Textuel; Un monde privé de sens, Fayard; Le Temps mondial, Complexe.***



# FUTURS

## C'EST DÉJÀ DEMAIN!

par Leïla Haddad

### Bon chic, bonne santé...

Taillé dans des tissus intelligents,  
il sent bon, il chauffe et il soigne.  
Le vêtement du futur? Il ne lui  
manque que la parole...

ries et mycoses, tout en enduisant ses petons de crème adoucissante.

Dans la foulée, il pourra tomber la veste ou le pantalon en toute confiance, ses sous-vêtements antibactériens et antiperspirants (1) auront gardé son intimité au frais et diffuseront un subtil parfum aphrodisiaque. Rien à craindre non plus du côté du tee-shirt et de la chemise : infroissables, ils arrêteront les rayons ultraviolets tout en permettant le bronzage, évacueront

les odeurs et les vilaines auréoles sous les bras. Ce strip-tease lui ayant donné des frissons, il n'aura plus qu'à enfiler sa veste auto-chauffante...

Si certains de ces tissus existent déjà, les procédés qui permettent de les doter de nouvelles propriétés ouvrent des perspectives encore plus saluaires : voici qu'arrivent les "vêtements santé". Gorgée de crème de beauté, bourrée d'antistress et d'antidépresseurs, la chemise se fera à la fois esthéticienne et infirmière, le bas deviendra cicatrisant,

et le tee-shirt, pourvoyeur de vitamines.

Les tenants du "tout-naturel" pourront aussi tester l'"effet tisane" de fibres textiles fabriquées à partir de tilleul ou d'algues, dans la ligne très "fruits et légumes" du couturier Olivier Lapidus : il réussit à tirer de somptueux tissus de n'importe quel matériau (rose, banane, groseille, verre...). Et il les bourre ensuite de capteurs solaires, pour qu'ils tiennent chaud.

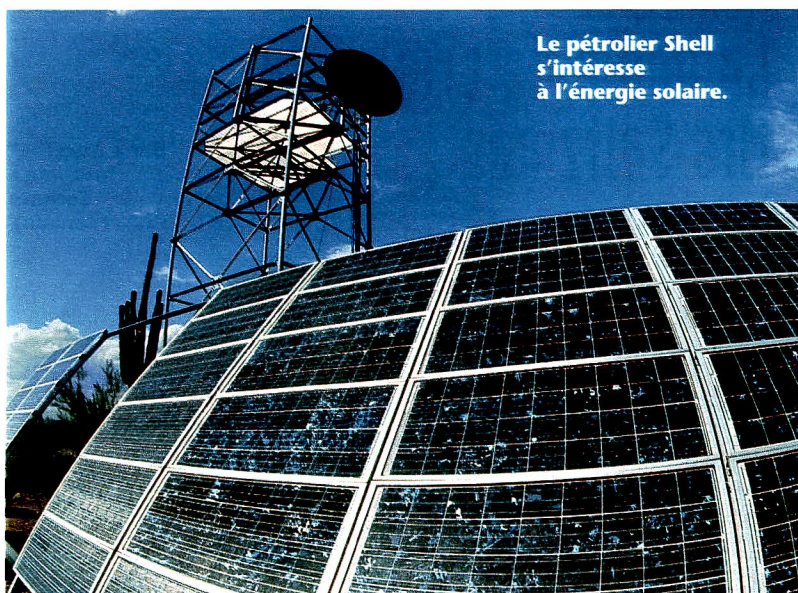
(1) La perspiration est l'ensemble des échanges respiratoires qui se font par la peau.

**L'**homme du futur n'aura pas honte d'enlever ses chaussures en public : ses chaussettes seront garanties inodores. Coupées dans des textiles adéquats, elles garderont les pieds au sec, absorberont les petites mauvaises odeurs, élimineront bactérie-



## Internet indiscret

● Big Brother existe, les Américains l'ont rencontré... Il sait tout sur eux : état civil, numéro de sécurité sociale, casier judiciaire, portefeuille boursier, etc. N'importe qui peut le consulter : il sévit sur Internet, via un certain nombre de sites spécialisés (Dig Dirt, par exemple). Moyennant finance, ces sites fournissent rapidement des informations d'ordre strictement privé, quasi impossibles à obtenir par la voie administrative normale. Si aucune mesure n'est prise, nous pourrions bientôt fouiller en toute impunité dans les poubelles du voisin...



Le pétrolier Shell s'intéresse à l'énergie solaire.

SHELL PHOTO SERVICES

## ENERGIE

### Couleur vert pétrole

**B**onne nouvelle pour l'environnement : les pétroliers préparent leur reconversion. Certain qu'en 2050 la moitié de

l'énergie mondiale proviendra de sources renouvelables, le groupe anglo-néerlandais Shell se lance dans la production de cel-

lules photovoltaïques pour panneaux solaires, et plante des forêts à tour de bras pour alimenter les futures centrales thermiques.

Quant à la compagnie British Petroleum (BP), elle a une longueur d'avance dans la course au solaire. Le pétrole sera vert...

## SANTÉ

### LE MONDE EST TROP GROS

■ L'obésité menace la planète.

Elle touche un Américain sur trois et de 10 à 25 % des adultes européens. Le chiffre grimpe à 40 % chez les Noires américaines, chez les Européennes de l'Est et chez les Méditerranéennes. Personne n'échappe à cette épidémie de gras, qui se répand même dans

les pays en voie de développement. Elle frappe de plus en plus d'enfants : en Chine, le nombre des obèses âgés de moins de 7 ans augmente de 10 % par an. Tout le monde au régime : voilà un programme d'avenir.

L'obésité menace de plus en plus d'enfants (ici, au Japon).



G. ZAWADZKI/EXPLORER

## Mach 5!

● Le Japon tient à son HYPR, futur avion supersonique qui devrait voler à Mach 5. Le gouvernement lui a réservé la coquette enveloppe de 26 millions de dollars (environ 150 millions de francs). Sachant qu'aucune "carcasse" d'avion ne peut supporter une accélération de Mach 5, une partie de cette somme servira à étudier les nouveaux matériaux dans lesquels seront taillées les ailes de l'HYPR.



## FUTUROLOGIE

## La boule de cristal de Mrs Saltzman

**N**ous boirons jusqu'à plus soif des alcools anti-gueule de bois et nous nous gaverons d'aliments riches en vitamines et en minéraux nécessaires à l'entretien de nos pauvres organismes surmenés.

Vu dans la lorgnette de la futurologie américaine Maria Saltzman (qui prophétise chez Young & Rubicam, à New York), notre avenir est résolument placé sous le signe de la santé.

Ainsi, nous nous offri-



"Bar à oxygène"  
futuriste à  
Toronto  
(Canada).

JIM LEVINE/SABA-REA

rons régulièrement quelques bouffées d'air pur dans des "bars à oxygène". Et, le week-end,

nous hantons avec délices des lieux de retraite et de méditation spécialement étudiés pour les cadres stressés...

## Homo sapiens se rabougrit

● Nous n'avons pas évolué depuis environ 45 000 ans. L'homme de Cro-Magnon (30 000 ans), c'est nous tout craché. Et, si une meilleure alimentation nous a fait gagner quelques centimètres, la tendance n'est pas au surhomme – du moins dans les pays développés. Selon Christopher Ruff, anthropologue et biologiste à l'université Johns Hopkins (Baltimore, Maryland), nous serons même nettement plus chétifs dans 50 000 ans.

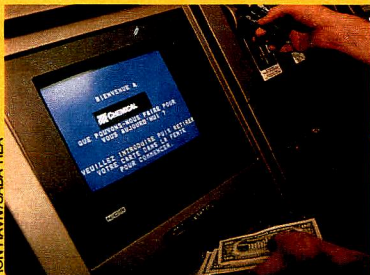
## 2020, l'odyssée de l'abondance?

● De plus en plus pauvre, le monde? Allons donc! D'après la Banque mondiale et l'OCDE, jamais il ne sera aussi prospère qu'en 2020. En se basant sur les tendances actuelles, le scénario reste raisonnablement optimiste. En les exagérant quelque peu, c'est-à-dire en postulant la détermination des politiques à accélérer les réformes économiques, il devient rose bonbon : recul du chômage de 5 % en Europe, produit intérieur brut en hausse de 80 % dans les pays de l'OCDE et de 270 % dans les pays pauvres, et émergence de cinq nouvelles puissances économiques : la Chine, l'Inde, le Brésil, la Russie et l'Indonésie.

## COMMUNICATION

## ALLÔ? ICI LA PUB

■ Il n'y aura bientôt plus moyen d'échapper à la publicité. De plus en plus envahissante, elle s'est trouvée de nouveaux supports : les distributeurs de billets et le téléphone. Les premiers sont testés par Electronic Data System en Californie : pendant que la machine effectue la transaction, les usagers en quête d'argent frais sont condamnés à regarder



RON HAVIV/SABA-REA

La publicité va envahir les distributeurs de billets.

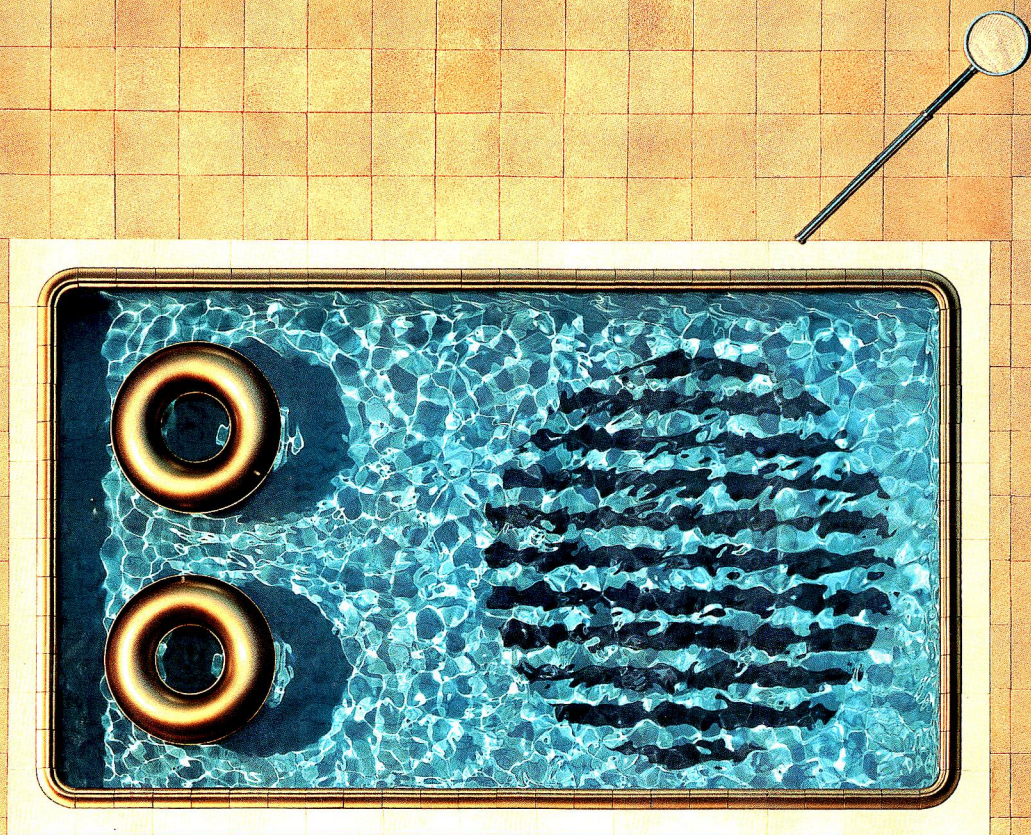
défiler sur l'écran des images publicitaires. En Suède et en

Allemagne, les bavards peuvent téléphoner gratuitement s'ils acceptent que leur conversation soit régulièrement interrompue par un message publicitaire. Ils ont quand même la possibilité de raccrocher...



**RFM**

Aucune radio ne  
vous détendra autant.



**RFM la radio en or**

Retrouvez toutes les fréquences de votre radio en composant le 08 36 68 20 70 (2,23 F la minute)



On sert la Pelforth au Bistrot du Peintre, 116 avenue Ledru-Rollin Paris 11<sup>e</sup>.

Signature  
particulier  
Pelforth



L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.