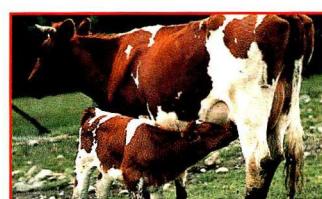
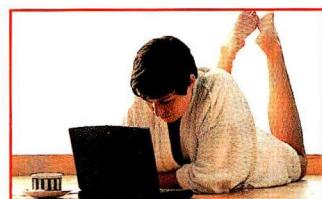
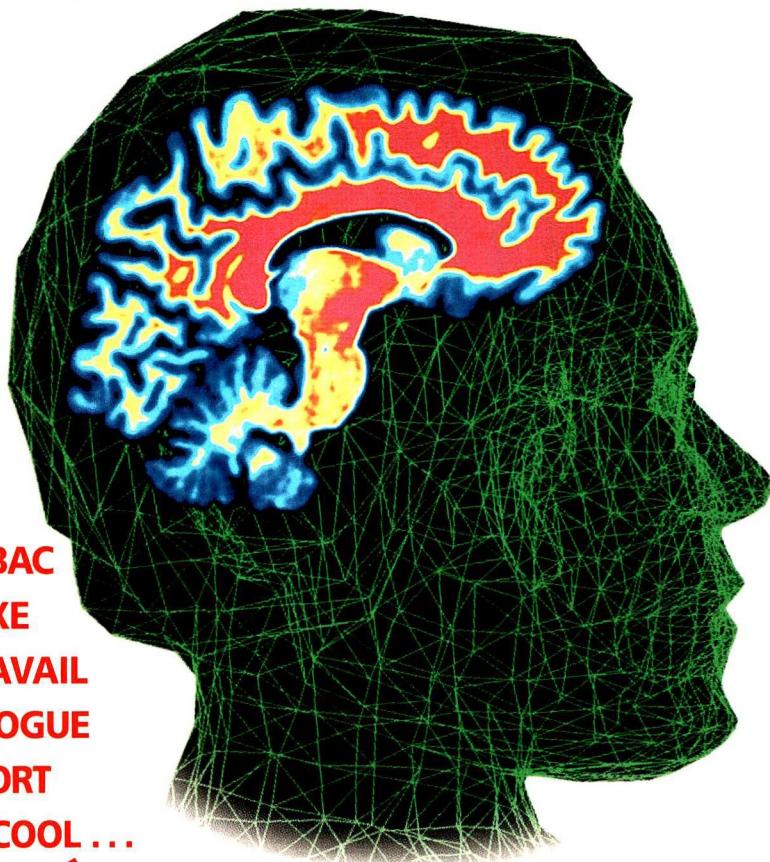


# SCIENCE & VIE

MENSUEL N° 960 - SEPTEMBRE 1997

**ASTRONOMIE****La vie sur les autres planètes****VIN****Des copeaux pour donner du goût****SANTÉ****Le virino, agent secret du prion****TELETRAVAIL****Comment il va changer notre vie****TABAC****SEXE****TRAVAIL****DROGUE****SPORT****ALCOOL ...**

# DÉPENDANCE

## La dopamine clé du mystère

**ENVIRONNEMENT**  
Les dangers  
des faibles  
doses

T 2578 - 960 - 23,00 F



# Sac à dos Décathlon Cheyenne 50



329 F

Un pour les hommes,  
un pour les femmes.



Autour du Beaufortin (Alpes).

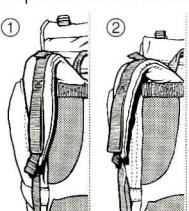
**Usage:** Randonnée de quelques jours, en moyenne montagne ou en plaine.

**Confort:** Les bretelles sont de forme différente sur le modèle homme ① et le modèle femme ②, pour bien suivre le contour des épaules sans irriter le cou, puis celui du buste sans gêner le balancement des bras.

Le rembourrage double épaisseur à l'endroit du portage favorise le confort.

Le dos est renforcé d'une plaque de mousse à l'intérieur (que l'on peut retirer pour se constituer un siège à l'étape), et d'une mousse plus souple recouverte d'un filet à l'extérieur sur les

appuis pour faciliter la circulation d'air. Les rappels de charge permettent de rapprocher ou décoller le sac du dos. Les repose-pouces permettent de défatiguer les bras.



## Rangement:

Le volume de 50 litres est réparti en :

- 2 compartiments principaux avec séparation optionnelle et accès direct en fond de sac.
- 2 grandes poches latérales pouvant contenir chacune une gourde ou une bouteille de 1,5 litre.
- 2 poches de haut de sac.
- 1 petite poche de ceinture accessible pendant la marche.

A tout cela on ajoute...

- 2 sangles sur le haut du sac pour y accrocher une veste ou un tapis de sol.
- 2 passe-sangles sous le sac pour en mettre encore plus si vous n'êtes pas assez chargé !



**Solidité:** Tissu polyester 600 deniers pour le corps, 900 deniers dans le fond, très résistant, enduit de polyuréthane et avec un traitement déperlant.

Les coutures sont renforcées aux endroits de forte traction. Boucles polyamide absorbant les chocs. Tout cela nous permet de garantir ce sac pour une durée de 5 ans en usage normal.



**Sécurité:** Le réfléchissant ③ sur le rabat met en évidence le randonneur dans les passages sur route.

**En option:** Ce sac peut recevoir une pochette "Santa Multi" (vendue séparément) sur ses 4 boucles frontales : au bivouac elle se détache et devient poche banane pour emporter portefeuille et papiers.

## Fiche technique :

- Poids : 1,4 kg.
- Coloris : homme : bleu/limon ou vert. Lady : bleu/jaune.
- Prix : 329 F.

**Attention :** Non conçu pour porter conformablement une charge supérieure à 10 kg. Sous la pluie, l'eau passe par les coutures : pour une protection totale, enveloppez le sac dans une housse antipluie ou mettez les affaires dans des sacs plastiques.

Entre Marcheurs on se comprend. Comme vous, nous avons la même exigence et la même recherche du produit technique. C'est pourquoi plus de cent ingénieurs de Décathlon Production travaillent afin de concevoir et produire les meilleurs articles au meilleur rapport qualité prix.

**SAC À DOS**

**DECATHLON**  
A FOND LA FORME



L'homme de Neandertal (ici, un crâne trouvé en Italie) n'est plus un ancêtre de l'homme. C'est une espèce cousine qui s'est éteinte sans postérité.

Dans la quête de nos origines, nous venons non pas de gagner un ancêtre mais d'en perdre un.

*Homo sapiens neandertalensis* (l'homme de Neandertal) doit rendre son titre usurpé. Des paléogénéticiens ont analysé son ADN et abouti aux mêmes conclusions que certains paléoanthropologues : Neandertal n'appartient pas au genre *Homo sapiens*, il n'y a pas de Neandertal en nous.

Matthias Krings et Svante Pääbo, chercheurs à l'institut zoologique de l'université de Munich, ont extrait et séquencé divers morceaux de l'ADN mitochondrial du plus célèbre fossile néandertalien, celui qui fut trouvé en 1856 en Allemagne, dans le val de Neander (Neander Thal). Ils ont comparé les fragments de gènes obtenus avec ceux de nombreux individus vivants du monde entier. Et constaté que Neandertal est bien trop différent de nous...

Plusieurs paléoanthropologues modèrent quand même leur enthousiasme, à l'image de Jean-Jacques Hublin (laboratoire d'anthropologie du Musée de l'homme), qui soutient pourtant depuis des années que la divergence entre Neandertal et notre lignée s'est produite il y a plusieurs centaines de milliers d'années. « Mais, ajoute-t-il, est-ce vraiment probant de comparer un seul individu à

## Le complexe d'Adam

des mutations génétiques que l'ADN du noyau.

Depuis la découverte de ses premiers fossiles, ce pauvre Neandertal ne cesse d'être balotté d'une branche à l'autre de l'arbre des hominins (voir *Science & Vie* n° 947, p. 56). « C'est l'homme fossile le plus connu et le premier découvert ; ses os sont suffisamment nombreux, explique Jean-Jacques Hublin. C'est l'Européen par excellence, un véritable matériau à fantasmes ! Et puis nous avons le complexe d'Adam. Nous aimerions que l'homme originel soit un artiste, un mystique, un génial inventeur... »

Selon les modes, Neandertal a semblé tantôt bestial, tantôt sensible et doué. La coexistence de plusieurs espèces d'hommes, aujourd'hui avérée, bouleverse nos habitudes de pensée : elle a d'abord été taxée de dérive raciste. On sait à présent que de toutes ces espèces seul *Homo sapiens* a survécu et qu'il a donné naissance à tous les habitants de notre planète.

Mais on aura toujours du mal à admettre que d'autres êtres ont eu des capacités et des comportements somme toute très proches des nôtres, et qu'ils ont disparu...

S&V

# SCIENCE & VIE

*Le plaisir de savoir*

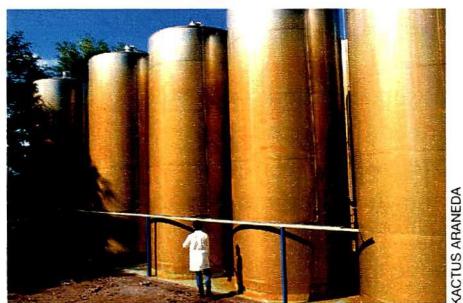
n° 960 • septembre 1997

1 rue du Colonel-Pierre-Avia  
75503 Paris Cedex 15  
Tél. : 01 46 48 48 48  
Fax : 01 46 48 48 67

E. Mail : svmens @ Dialup. FranceNet. fr

Recevez *Science & Vie* chez vous. Vos bulletins d'abonnement se trouvent pp. 24-25 et p. 149. Vous pouvez aussi vous abonner par minitel en tapant 3615 ABON. Organigramme p. 7. Mailing d'abonnement autoprêté en aléatoire auprès de 40 000 abonnés issus de la diffusion abonnement France métropolitaine. Encart abonnement jeté dans *Science & Vie*, diffusion vente au numéro France métropolitaine.

Couverture : A. Pasieka/Cosmos-SPL  
En fenêtre : ESA, J.-M. Truchet/Photogram-Stone, L. Padilla/Image Bank, P. Broze/REA.



AKTUS ARANEDA

■ Peut-on introduire des copeaux de chêne dans les cuves à vin ? La controverse est rude. p. 128

■ Quand il se casse, le thermomètre à mercure provoque une dangereuse pollution. Par quoi le remplacer ? p. 134

E. MALEMACHE



FORUM ..... 6

## ACTUALITÉ

- RECHERCHE ..... 10
- ENVIRONNEMENT ..... 26
- TECHNOLOGIE ..... 34
- MÉDECINE ..... 40
- FOCUS ..... 44

**Ecole : pauvres sciences !**

## EXOBIOLOGIE

**Une vie extraterrestre tout près de nous ? ..... 50**

## BIOLOGIE

**Le prion garde son terrible secret ..... 58**

## MATHÉMATIQUES

**Les mystères de  $\pi$  ..... 66**

## EVOLUTION

**L'homme, cette merveille aléatoire ..... 72**

## CHRONOBIOLOGIE

**Quand le corps se met à la bonne heure ..... 78**

## ENQUÊTE

**Environnement : faibles doses, forts dangers ? 84**

## CAHIER PHOTOS

**Ici, Mars ! ..... 96**

## NEUROLOGIE

**Comment la beauté vient au monde ..... 102**

EN COUVERTURE

# DÉPENDANCE

## La dopamine, clé



■ Un modèle simple pour étudier l'horloge interne de l'homme : l'escargot.  
p. 78

H. RAGUET/EURELIOS

## du mystère . . . 110

### HISTOIRES

- La grande muraille du son . . . 120  
► RÉTRO . . . . . 126  
Il y a 30 ans



■ Des images extraordinaires en provenance de la planète rouge. Elles annoncent des découvertes scientifiques majeures. p. 96

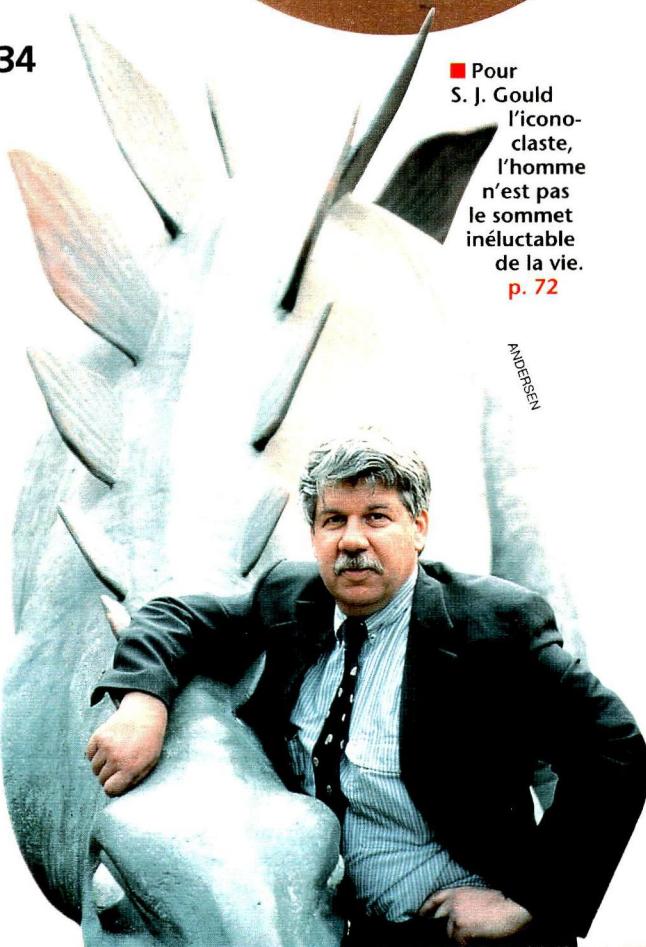
### OENOLOGIE

- La guerre des copeaux de chêne . . . . . 128

### SANTÉ

- Les thermomètres ont la fièvre . . . . . 134

- High-tech . . . 138  
Astronomie 144  
Livres . . . 146  
CD-Rom . . . 148  
Internet . . . 152



■ Pour S. J. Gould l'iconoclaste, l'homme n'est pas le sommet inéluctable de la vie. p. 72

ANDERSEN

### FUTURS

- Le télétravail peut-il changer la vie ? . . . . . 154

- New York 2020 : comment éviter l'apocalypse . . . . . 162

- C'EST DÉJÀ DEMAIN ! . . . . . 166

SCIENCE & VIE  
SÉLECTION

"VITE, VILLETE, VILLETE. JE JOUE VITE."

- KOBE BRYANT, L.A. LAKERS.



[www.adidas.de](http://www.adidas.de)

 Kobe Bryant révèle le secret de son jeu et de sa vitesse d'exécution : l'adidas Equipment Elevation. Cette nouvelle chaussure révolutionnaire Feet You Wear® est conçue à l'image du pied. Ses contours arrondis permettent un contrôle plus précis lors des changements de direction sans risque d'entorse. La semelle composée de coussinets indépendants donne à Kobe la stabilité nécessaire pour réussir son fameux départ croisé. Ces coussinets anatomiques lui garantissent également un atterrissage en douceur, après qu'il ait smashé sur un vieillard de... 24-25 ans cloué au sol.

ondis  
e.  
**adidas**®



adidas  
Equipment  
Elevation.

FEET YOU WEAR®

LES PERFORMANCES DU PIED NU,  
DANS UNE CHAUSSURE.

## Mais où était donc Hale-Bopp?

■ « J'ai lu avec beaucoup d'intérêt votre article sur la comète Hale-Bopp [Science & Vie n° 957, p. 90], d'autant que je l'ai vue longtemps de ma fenêtre à l'œil nu ou avec des jumelles, nous écrit M. Charles Boureau, d'Angers (Maine-et-Loire). Vous écrivez que son éloignement

de la Terre n'a jamais été inférieur à 197 millions de kilomètres. Je ne comprends pas qu'à une pareille distance on puisse voir un ob-

## Quel pied!

■ « Je suis un grand (1,90 m) lecteur de Science & Vie depuis quelques années. J'aime beaucoup votre journal et les sujets qu'il traite, écrit M. Quentin Garnier, de Lyon. Cependant, un problème partage ma fa-

mille depuis quelques jours, à propos de la couverture du n° 958. L'empreinte de pied est-elle en relief ou en creux? Moi, je la vois en relief, mais je suppose qu'elle est en creux : pourquoi une empreinte de pied dans le sable serait-elle en relief? D'autant plus qu'il m'arrive de la voir en creux. [...] Alors? »

Alors, elle est en creux, car c'est une simple photographie d'une vraie trace de pas. L'illusion d'optique de relief créée par notre cerveau s'estompe lorsqu'on oriente les ombres vers la source de lumière.

jet de 40 kilomètres de dimension. »

L'éloignement que nous avons indiqué est le bon. A cette distance, un objet

de 40 kilomètres de diamètre serait en effet très difficile à voir. Mais la comète, soumise au rayonnement du Soleil, libère de grandes quantités de gaz et de poussières. Du coup, une sorte d'atmosphère de 1 million de kilomètres de diamètre se forme autour d'elle : c'est la chevelure.

Celle-ci est éclairée par le Soleil et, en raison de sa taille, est visible à l'œil nu, même à 197 millions de kilomètres. "Soufflée" par le vent de particules solaires, la chevelure s'étire derrière la comète et constitue une queue de plusieurs dizaines de millions de kilomètres de longueur.

## Courroie de vélo?

■ « Pourquoi les vélos ne sont-ils pas équipés d'une courroie, crantée ou non, à la place de la chaîne, qui nécessite davantage d'entretien et qui est plus lourde? demande M. Jean-Louis Dubroca, de Dunes (Tarn-et-Garonne). Les courroies qui équipent les voitures depuis fort longtemps ont largement prouvé leur efficacité et démontré leurs performances. »

La souplesse et l'adhérence de la courroie au pédalier provoqueraient une perte de rendement que le cycliste, bien moins puis-

3615  
SCV

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



# Flair et homéopathie

■ « J'ai lu avec attention votre mise en garde contre l'homéopathie [Science & Vie n° 955, p. 77], écrit M. Jacques Pessaud, d'Enval (Puy-de-Dôme). Et s'il y avait réellement quelque chose que nous sommes actuellement incapables de prouver? Je pense au flair... Une gamine est enlevée dans un parc où se mêlent beaucoup d'odeurs. On fait renifler un mouchoir à un chien, qui suit à la trace le trajet de l'enfant. Ça marche. Pourtant, quelle quantité de sueur ou d'autres sécrétions est restée dans l'air, quelle dilution suffisent les molécules de transpiration évaporée? [...] »

La dilution est certes très importante, mais on peut

EN COUVERTURE

## HOMEOPATHIE

Mémoire de l'eau, guérison à distance...

■ Même un gamin, le meilleur de la "mémoire de l'eau" rebondit. Des expérimentations scientifiques démontrent maintenant la justification scientifique de l'homéopathie. Et on apprend une nouvelle encore plus stupéfiante : toute molécule, même si elle est diluée à l'infinité, garde une empreinte sous forme d'une onde qui peut être détectée non seulement dans l'eau, mais aussi dans l'espacio. Cette onde déclencheira sur la thérapie et la vaccination par intermédiaire ! Pourtant, les plus grands scientifiques ne veulent toujours pas admettre les expériences sur la mémoire de l'eau qu'ils ont observées ou leuré par la supercherie.

MAIS PENSEZ BIEN

## LA MYSTIFICATION RECOMMENCE

encore quantifier la présence dans l'air des molécules du type phéromones sécrétées lors de la transpiration. On a aussi la preuve qu'elles agissent via le système olfactif sur le cerveau des animaux, qui ont, pour ces molécules, un seuil de perception très faible, de l'ordre du nanogramme ( $10^{-9}$  g), voire du pico-gramme ( $10^{-12}$  g). ■

## 3615 SCV

### La question du mois

Chaque mois, la meilleure question posée sur notre serveur minitel 3615 SCV est récompensée par un abonnement d'un an à *Science & Vie*.

Voici celle de septembre, posée par

« Abandonner » :

**« Pourquoi la durée du roulement de tonnerre est-elle plus grande que celle de l'éclair correspondant? »**

On voit l'éclair quasi instantanément, car la lumière se déplace à près de 300 000 km/s. Comme le son se déplace beaucoup plus lentement – à environ 330 m/s –, le bruit de l'étincelle nous parvient au bout d'un laps de temps correspondant à la distance entre la base et le sommet de l'éclair.

Nous percevons d'abord le bruit proche du sol, puis, progressivement, les bruits de plus en plus lointains. Si l'éclair a 600 m de longueur, le bruit du tonnerre dure près de deux secondes...

Publié par

Excelsior Publications SA

Capital social : 11 100 000 F.

Durée : 99 ans.

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

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

Adresse télégraphique : Sienvie Paris.

Principaux associés : Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

**SCIENCE & VIE**

#### DIRECTION, ADMINISTRATION

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

#### RÉDACTION

Rédacteur en chef : Jean-René Germain, assisté d'Elisabeth Latsague. Rédacteurs en chef-adjoints : Jean-François Robredo, Didier Dubrana, Gérard Morice. Secrétaire général de la rédaction : Norbert Régina. Secrétaires de rédaction : Françoise Sergeant, Nadine Raguet, Agnès Marillier, Jean-Luc Gloc. Chefs de rubrique : Isabelle Bourdial, Philippe Champon, Germain Chambost, Sonia Feerchak. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel, Alexandre Dorozynski, Hélène Guillemot. Conception graphique, direction artistique : Gilles Moine. Maquette : Lionel Crooson, Valérie Samuel. Service photo : Anne Levy. 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 Brassinne, Christelle Céralié, Catherine Chauveau, Loïc Chauveau, Yves Delaey, Delphine Demaignas, Marie-Sophie Germain, Leïla Haddad, Roman Ikonikoff, Géraldine Magnan, Marielle Mayo, François Raulin.

#### RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, Maud Bannier.

#### MARKETING INTERNATIONAL, REVENTES

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

#### PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 01 41 34 82 08. Directrice commerciale : Isabelle Finkelstein. Directrice de la publicité : Véronique Moulin. Directeur de clientèle : Laurent Auzie. 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 : un an, 12 numéros, 253 F; un an, 12 numéros + 4 hors-série, 328 F; un an, 12 numéros + 6 cahiers, 413 F; un an, 12 numéros + 4 hors-série + 6 cahiers, 488 F. Aux Etats-Unis et au Canada : Periodica Inc. - C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Nuville, 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*.



# VOTRE AVIS NOUS INTÉRESSE !

*Cher ami lecteur,*

*Science & Vie va mettre en place  
un panel de lecteurs pour recueillir votre avis  
afin de s'améliorer.*

*Pour participer à notre enquête, il vous suffit  
de répondre aux questions ci-contre  
et d'envoyer la page à l'institut  
de sondage IPSOS. Ce dernier vous adressera  
dans les prochains mois un autre questionnaire,  
auquel il ne vous faudra pas plus de cinq minutes  
pour répondre.*

**IMPORTANT :** Votre participation et vos réponses resteront tout à fait anonymes et ne seront exploitées que sous forme de statistiques. Nous vous demandons vos nom, prénom, adresse et numéro de téléphone uniquement pour être en mesure de vous contacter facilement.

**Questionnaire  
à adresser  
sous enveloppe  
affranchie à :**  
**IPSOS MÉDIAS**  
**Enquête**  
**Science & Vie**  
**99, rue de**  
**l'Abbé-Groult,**  
**75015 Paris.**

**1. Vous, personnellement, à quelle périodicité lisez-vous, parcourez-vous ou consultez-vous *Science & Vie* ?**

- Tous les mois ..... 1
- De 6 à 10 fois par an ..... 2
- 3 ou 4 fois par an ..... 3
- 1 ou 2 fois par an ..... 4
- Moins souvent ..... 5

**2. Ce numéro de *Science & Vie*, comment vous l'êtes-vous procuré ?**

- Vous êtes abonné ou une autre personne de votre foyer est abonnée ..... 1
- Vous l'avez acheté personnellement ..... 2
- Une autre personne de votre foyer l'a acheté ..... 3
- Vous vous l'êtes procuré d'une autre façon (trouvé, prêté, donné...) ..... 4

**3. Quelle note de satisfaction, de 1 à 10, donneriez-vous à *Science & Vie* ?**

10 signifie que *Science & Vie* vous plaît vraiment beaucoup et 1, qu'il ne vous plaît pas du tout. Les notes intermédiaires vous permettent de nuancer votre jugement.

Note : / \_\_\_\_ /

**4. Vous êtes... • Un homme ..... 1 • Une femme ..... 2**

**5. Quel est votre âge ? / \_\_\_\_ / ans**

**6. Dans votre foyer, combien y a-t-il d'enfants de moins de 15 ans ?**

- Aucun ..... 1
- Un seul ..... 2
- Plusieurs ..... 3

**7. Quelle est votre profession (cochez la colonne 1)**

et quelle est celle du chef de famille (colonne 2) ? (Si vous ou le chef de famille êtes à la recherche d'un emploi, indiquez l'ancienne profession)

	Vous	Le chef de famille
• Agriculteur	1	.1
• Artisan/Commerçant/Chef d'entreprise (moins de 10 salariés)	2	.2
• Chef d'entreprise	3	.3
• Profession libérale	4	.4
• Cadre supérieur	5	.5
• Professeur de l'enseignement supérieur	6	.6
• Agent de maîtrise/Technicien/Contremaître	7	.7
• Employé	8	.8
• Ouvrier	9	.9
• Retraité	10	.10
• Femme au foyer	11	.11
• Etudiant	12	.12
• Lycéen	13	.13

**8. Quelle est votre adresse ?**

N° / \_\_\_\_ / Rue / \_\_\_\_ /

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

**9. Quel est votre numéro de téléphone ? / \_\_\_\_ /**

**10. Votre téléphone est-il équipé d'une touche "étoile" (\*) ? Oui 1 Non 2**

**11. Indiquez votre prénom : / \_\_\_\_ /**

**12. Indiquez votre nom : / \_\_\_\_ /**

Merci d'avoir accepté de participer au panel de lecteurs de *Science & Vie*.

par Isabelle Bondua

# Le désert fait la pluie et le beau temps

Les poussières du Sahara et les aérosols industriels peuvent gripper les rouages de l'énorme machinerie climatique que constitue l'atmosphère.

C. MOULIN/CEA

**C**haque année, près de 1 milliard de tonnes de poussières du Sahara et du Sahel voyagent à travers les airs au gré des vents. Grâce aux images du satellite Météosat, des climatologues du CEA, en collaboration avec l'un de leurs collègues israéliens, ont reconstitué les chemins de ces nuages pen-

dant une période de onze ans, de 1983 à 1994.

Sur des milliers de kilomètres, ils survolent la Méditerranée et l'océan Atlantique – vers l'Amérique du Sud en hiver, vers la mer des Caraïbes en été. Les chercheurs ont remarqué que l'épaisseur du nuage de poussière, mesurée par le satellite, dépend étroitement

des variations du climat, et surtout d'un facteur appelé "oscillation Atlantique-Nord", qui mesure la différence de pression atmosphérique entre Lisbonne et l'Islande.

Quand ce facteur est élevé, l'anticyclone des Açores est puissant, l'Europe et le bassin méditerranéen connaissent un climat plu-

tôt sec. Ce qui favorise l'extraction des poussières du Sahara, puis leur transport : le nuage de sable est plus dense. Au contraire, les années où l'oscillation Atlantique-Nord est plus faible et l'anticyclone moins vigoureux, les précipitations sont plus nombreuses, réduisant le soulèvement des poussières et limitant leur trajet (elles retombent avec la pluie).

Si les climatologues s'intéressent de près aux poussières de l'atmosphère, c'est parce que, en refléchissant la lumière du Soleil, elles ont un effet re-

En rouge, nuage de poussières venues d'Afrique, vu par Météosat.



froidissant qui s'oppose à l'effet de serre.

Aux poussières naturelles, comme celles des déserts africains, s'ajoutent les aérosols d'origine industrielle, dont la concentration dans l'air augmente sans cesse. En juin et juillet derniers, une campagne internationale (à laquelle participait Météo-France) a mesuré les effets des aérosols industriels sur la taille des gouttelettes qui forment les nuages. La dimension des gouttes détermine le pouvoir réfléchissant des nuages, donc leur rôle dans le climat.

Ces recherches sur les aérosols et sur leur influence climatique devraient permettre d'améliorer les modèles de prévision du climat, en réponse à l'accroissement des gaz à effet de serre.

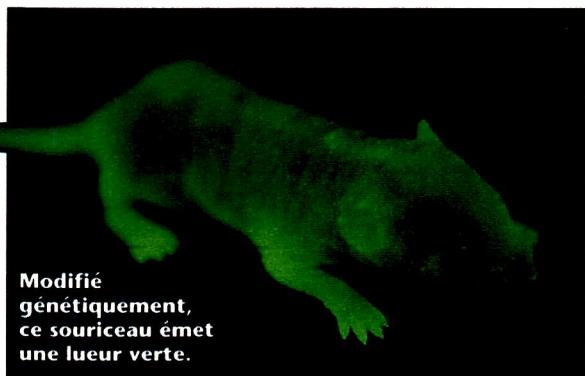
H. G.

## GÉNÉTIQUE

# Une souris verte, qui brillait dans l'herbe

Dernière invention des Japonais : la souris verte luminescente. Des biologistes de l'université d'Osaka ont produit ce rongeur par manipulation génétique.

Dans des ovules de souris fécondés, ils ont injecté de l'ADN issu du patrimoine génétique de méduses qui ont la propriété d'émettre une lumière verte. Cet ADN code une protéine fluorescente appelée GFP. Elle est produite par l'organisme du souriceau, qui émet ainsi une lueur verte dès sa naissance. Quand il grandit, la lueur de sa peau est camouflée par les poils. Seuls les



Modifié génétiquement, ce souriceau émet une lueur verte.

IWAJUSI/EURELIOS

pattes et le museau s'éclairent. L'intérêt de cette technique se trouve dans la recherche médicale : cet ADN pourrait être couplé à une sonde marquant les cellules cancéreuses, qui deviendraient alors facilement décelables. M.-S. G.

## LE GRAND SOMMEIL

● Les neurophysiologistes savaient que, pendant les phases de sommeil profond, l'activité cérébrale n'est pas répartie de façon homogène.

Certaines régions se "reposent" plus que d'autres.

Ce phénomène a été étudié par l'équipe de Pierre Maquet, de l'université de Liège (Belgique), qui a précisé son mécanisme : pendant la phase de sommeil profond, les zones cérébrales les moins actives sont celles où siègent les émotions. Pour le cerveau, le repos serait donc un besoin émotionnel avant d'être intellectuel. R. I.

## ARCHÉOLOGIE

### LE RETOUR DE LA MOMIE

■ Ce visage appartient à une momie égyptienne qui avait disparu sans laisser de traces. Elle faisait partie d'une collection de crânes momifiés découverts au xix<sup>e</sup> siècle par l'archéologue britannique Flinders Petrie. Mais il n'avait pu exposer ses trouvailles, qui s'étaient mystérieusement envolées lors de son retour d'Egypte. Une partie de la collection vient d'être retrouvée dans un musée de

Londres dont l'identité n'a pas été révélée... Les traits de la momie ont été reconstitués d'après la forme des os, mais aussi à partir de portraits égyptiens datant de l'époque où l'Egypte était sous la domination des Romains, du I<sup>er</sup> au III<sup>e</sup> siècle de notre ère.



Tête de momie reconstituée à l'aide de techniques utilisées par la médecine légale.

## ZOOLOGIE

## Le plus court chemin du singe



F. LASERRE/BIOS

Comment s'y prend un singe pour s'emparer le plus rapidement possible de sa nourriture, lorsqu'elle est dispersée en divers lieux ? S'il s'agit d'un singe vert (*Cercopithecus aethiops*), la réponse prend l'allure d'une solution mathématique. Telle est la conclusion d'une étude menée sur vingt-trois primates par A. Cramer et C.R. Gallistel, du département de biologie et de psychologie de l'université

de Californie (Los Angeles).

Connue sous le nom de "problème du voyageur de commerce", la question du chemin le plus court pour relier plusieurs lieux est fort complexe. Avec seulement six lieux, le nombre de parcours possible est de 720 ! Pour

**Le singe vert, grand stratège gourmand.**

choisir le plus bref, le singe vert semble disposer d'une stratégie : lorsque six sites recèlent des appâts, il choisira, pour optimiser son déplacement, celui des sites les plus proches qui se trouve à proximité de deux autres sites. Une "analyse" de la situation qui semble propre à cette espèce de singes.

R. I.

## DINOSAURES : POINT FINAL

● En 1992, *Jurassic Park* ressuscitait les dinosaures à partir de leur ADN fossilisé : la molécule aurait été conservée dans l'appareil digestif d'un insecte ayant sucé leur sang, juste avant de périr englué dans de la résine. L'idée n'était pas totalement farfelue...

La même année, des publications annonçaient le clonage d'ADN extrait d'animaux figés dans l'ambre, une résine fossile : une abeille et un terme

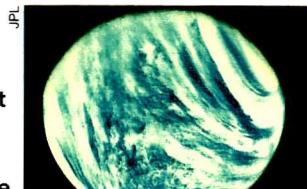
respectivement âgés de 40 et 30 millions d'années. Jeremy Austin, du Muséum d'histoire naturelle de Londres, a étudié des spécimens fossilisés issus des collections auxquelles appartiennent l'abeille et le terme, et n'a pas trouvé le moindre fragment d'ADN. Le chercheur britannique avait pris toutes les précautions pour éviter que de l'ADN étranger ne vienne contaminer les échantillons. Ce qui sème un sérieux doute sur les résultats précédents...

## ASTRONOMIE

## VÉNUS EN QUEUE DE PIE

■ Une équipe d'astronomes américains a pu mesurer précisément la gigantesque chevelure de particules ionisées de notre voisine Vénus.

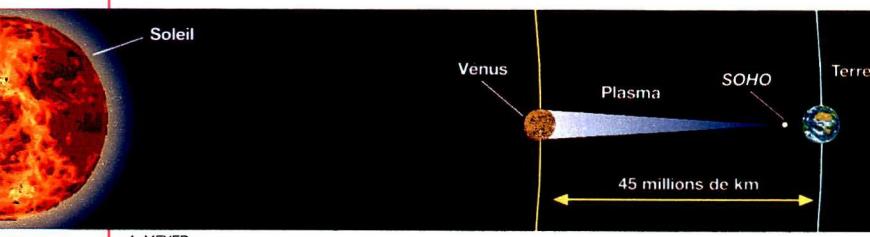
C'est le vent de particules provenant du Soleil - et baignant tout le système solaire - qui bombarde les ions de la couche supérieure de l'atmosphère de Vénus. Ainsi se forme une queue



Atmosphère de Vénus.

de plasma de 45 millions de kilomètres qui frôle la Terre quand les deux planètes sont au plus proche. Cette observation a pu être réalisée

grâce au satellite SOHO, destiné à l'observation du Soleil et de ses émanations. En effet, ce satellite a traversé la queue de pie de Vénus lorsque la planète est passée devant notre étoile. J.-F. R.



A. MEYER

Du 18 août au 6 septembre 1997.



3 LOGICIELS DE BUREAUTIQUE COREL + LAROUSSE MULTIMEDIA ENCYCLOPÉDIQUE 97 + 470F DE BONS DE RÉDUCTION DANS LE MULTIMÉDIA' PACK®



**Caractéristiques :** microprocesseur IBM 6x86 PR166+, mémoire cache 256 Ko, mémoire vive 16 Mo, disque dur 1.2 Go, CD-ROM 8X, mémoire vidéo 1 Mo, carte son 16 Bits, écran 14" ADI. Garantie 1 an. Assistance téléphonique 7/7 jours de 9h à 22h pendant 1 an.

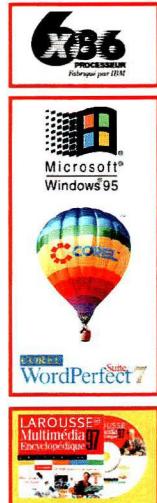
«LE MULTIMÉDIA' PACK®» : un chèquier de 470 F de bons de réduction sur l'achat de certains périphériques (modem, scanner, souris, joystick, imprimante) et logiciels, un abonnement gratuit d'un mois à Infonie et Internet, un livre d'initiation à la micro-informatique et un magazine fournis. Détail de l'offre dans «LE MULTIMÉDIA' PACK®».

Adresses, plan d'accès et services des magasins,  
topaz, 3615 Carrefour (1,29 fl la minute).  
Offre valable dans les magasins Carrefour sous Châlon-sur-Saône Nord,  
Monaco et Villerbonne.

\*Avec la carte Pass. Exemple : pour un achat de 4990 F : 23 mensualités de 250 F + 1 dernière de 18,63 F. Côté total du crédit (hors assurance facultative) : 5748,63 F - TEG : 1,26% / mois soit 14,88% l'an. Abonnement annuel : 35 F en paiement comptant immédiat et 65 F en paiement comptant différé (sous réserve d'acceptation du dossier par S2P). Rendez-vous à l'Espace Services Financiers de votre magasin.

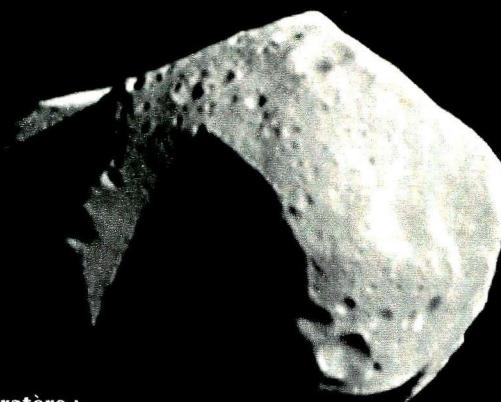
Avec Carrefour  
je positive!

\* Apprenons l'EURO ! 4990 F = 770,60 EUROS (base indicative 1 EURO = 6,4751 F)



## ASTRONOMIE

## Astéroïdes à foison



**Mathilde et son cratère : comment l'astéroïde a-t-il pu résister à un tel choc ?**

DR

Rencontre express pour la sonde NEAR, qui, voyageant à la vitesse de 10 km/s à la rencontre de l'astéroïde Eros, a pu prendre, en route, plus de 500 clichés de Mathilde, un autre petit corps du système solaire.

Ce dernier, qui mesure environ 60 km de diamètre, est essentiellement constitué de composés carbonés qui lui donnent la couleur du charbon. La prise de vue a duré en tout et pour tout vingt-cinq minutes.

Après Gaspra et Ida, photographiés par la sonde Galileo (voir *Science & Vie* n° 942, p. 47), Mathilde complète l'éventail des corps les plus anciens du système solaire. Situés entre Mars et Jupiter, ces cailloux de l'espace sont restés identiques depuis plusieurs milliards d'années. Ainsi, Mathilde présente une surface très accidentée et possède une jolie collection de cratères

de plus de 20 km. Ce qui montre l'importance des bombardements météoritiques des débuts du système solaire et la résistance incroyable de ces astéroïdes à de tels chocs.

Laissant les chercheurs à

leurs études, la sonde NEAR poursuit son chemin vers Eros, qu'elle doit atteindre en janvier 1999. Elle se placera en orbite et entamera sa mission d'observation, qui durera un an.

J.-F. R.

## T'AS DES YEUX CHANGEANTS...

● Les yeux bleus peuvent devenir bruns, et inversement. Un chercheur de l'université Columbia, à New York, a observé que, dans une population de 187 paires de jumeaux, 16,6 % ont changé de couleur d'yeux entre 6 ans et l'âge adulte. Comme les vrais jumeaux subissent de semblables changements de couleur – ce qui ne se vérifie pas chez les faux jumeaux –, cette évolution est sans doute génétiquement programmée. H. G.

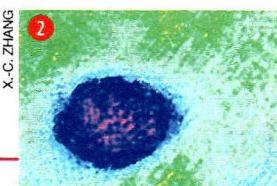
## PHYSIQUE

## T CONTRE X, LA GUERRE DES CLICHÉS

■ Plus que centenaire, la radiographie à rayons X pourrait bientôt disparaître dans les laboratoires, les hôpitaux, les aéroports, etc., au profit d'une nouvelle technologie basée sur les rayons T (pour térahertz,  $10^{12}$  hertz). Situés dans le spectre de fréquence des ondes électro-magnétiques, entre les micro-ondes et l'infrarouge, les rayons T sont moins énergétiques – donc moins nocifs – que les rayons X. Une propriété pour le moins intéressante qui a incité l'équipe du physicien

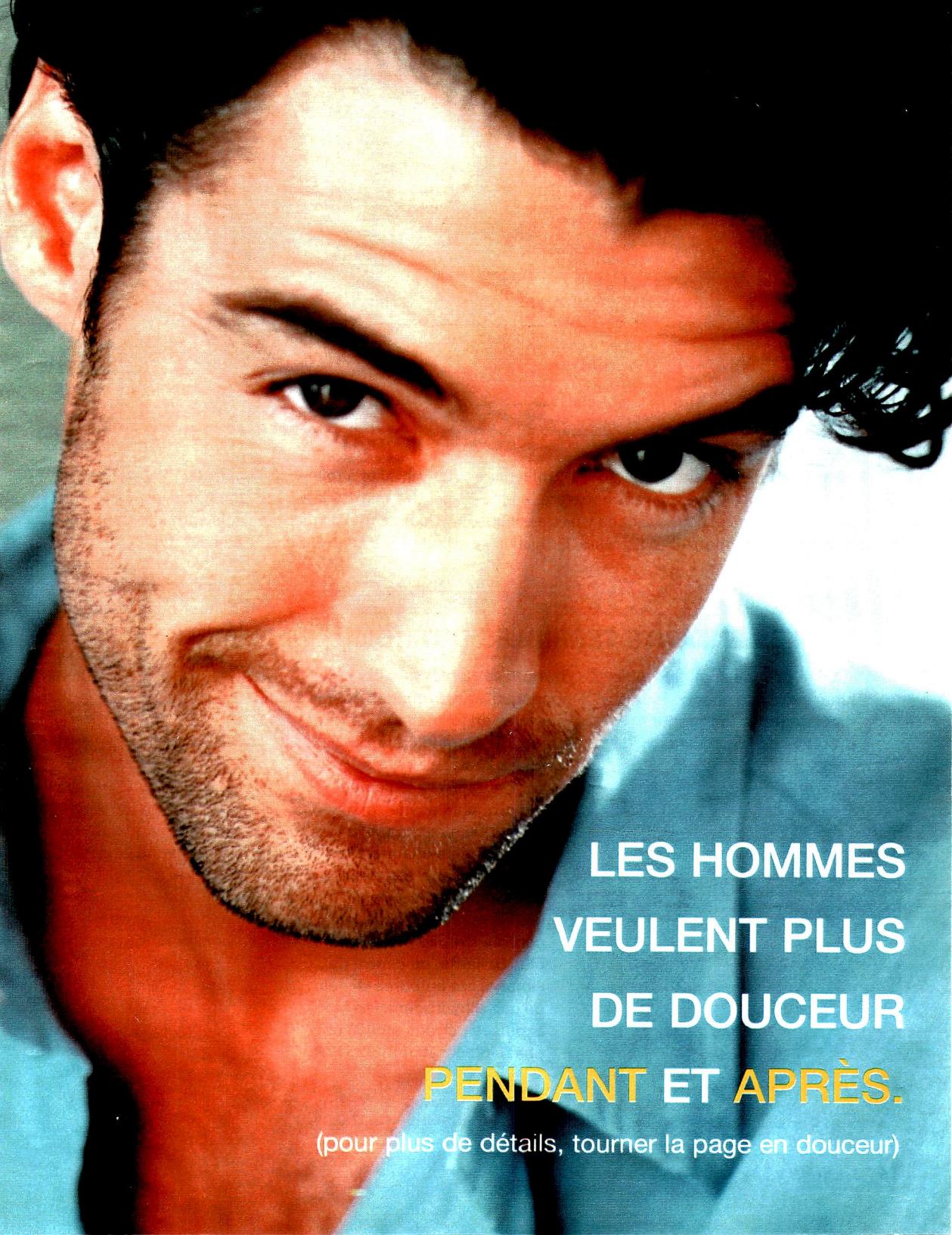
Xicheng Zhang, de l'Institut polytechnique Rensselaer (Troy, Etat de New York), à concevoir un dispositif à rayons T. Il permet d'obtenir des clichés du squelette humain, mais aussi d'analyser la composition des gaz ou encore de mesurer le taux de moisissure dans les aliments.

R. I.



Antennes de fourmi 1 et organes de coccinelle 2 vus sous rayons T.

LES SONDAGES SONT FORMELS:



LES HOMMES  
VEULENT PLUS  
DE DOUCEUR  
PENDANT ET APRÈS.

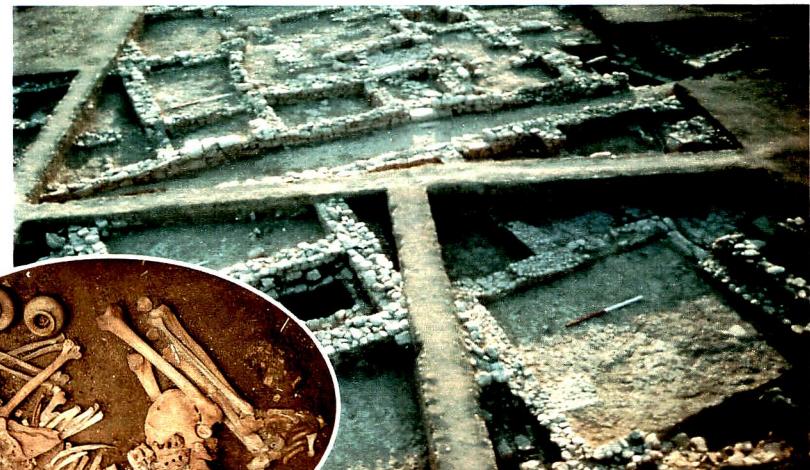
(pour plus de détails, tourner la page en douceur)

## ARCHÉOLOGIE

## Une ville nouvelle de 4 500 ans

**D**e grandes maisons communautaires aménagées sur des terrasses et alignées le long de rues pavées conduisant à un centre administratif : la "ville nouvelle" de Tigris Hoyuk, dans la haute vallée de l'Euphrate, en Turquie, avait vraiment une fière allure 2 500 ans avant notre ère.

Pour l'archéologue Guillermo Algaze (de l'université de San Diego, Californie), cette cité fait partie des toutes premières villes planifiées qui ont surgi en Mésopotamie au III<sup>e</sup> millénaire avant notre ère, au moment où y naissaient aussi l'écriture, l'irrigation et



UNIV. OF CALIF. - SAN DIEGO

**Plan quadrillé de Tigris Hoyuk. Chaque maison abrite un caveau sépulcral ; de très nombreux objets y sont déposés auprès des morts.**

les véhicules à roues tirés par des animaux.

Comment expliquer ce bouillonnement social et

culturel ? Peut-être par un formidable essor agricole entraînant une gestion des surplus, un commerce accru et une centralisation du pouvoir. Ou tout bonnement par l'instinct grégaire de l'homme ? C. C.

## ASTROPHYSIQUE

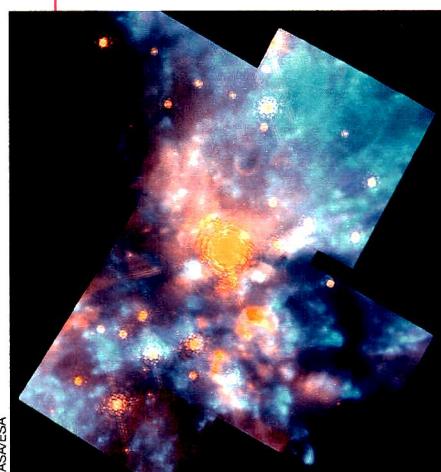
## LES ENFANTS TERRIBLES D'ORION

■ Le télescope spatial *Hubble* nous en révèle chaque jour davantage sur les "petits" protégés de la nébuleuse

d'Orion, véritable "nursery cosmique" qui abrite des étoiles massives en formation. Sur une image montrant le cœur du

nuage moléculaire, les astronomes ont isolé une remarquable scène chaotique, dans laquelle des bébés étoiles chauffent les poussières interstellaires environnantes (cercles jaunes sur la photo ci-contre). L'étoile massive la plus brillante, au centre de l'image, est entourée de jets de gaz d'hydrogène (en bleu) expulsés par des étoiles en phase d'accrétion. J.-F. R.

**A 1500 années-lumière de la Terre, la nébuleuse d'Orion.**



NASA/ESA

## ANTIBIOTIQUES ÉPICÉS

● Les épices et les condiments sont connus pour leurs effets bactéricides. Propriété qui se confirme au moins pour certains d'entre eux : ail, oignon, piment de la Jamaïque et origan détruisent la plupart des bactéries, y compris les salmonelles et les staphylocoques, ainsi que l'a constaté Paul Sherma, de l'université Cornell, à Ithaca (Etat de New York).

PLUS DE  
DOUCEUR  
PENDANT  
LE RASAGE

PLUS DE  
DOUCEUR  
APRÈS  
LE RASAGE



NOUVEAU

GEL DE RASAGE & SOIN APAISANT

**START**

2 en 1

UN FILM MICRO-PROTECTEUR

Pendant le rasage, un film micro-protecteur unique protège la peau des coupures et des agressions du rasoir, pour raser au plus près et tout en douceur.

UN SOIN AU GLYCÉRUM® NATUREL

Véritable 2 en 1, Start contient un soin au Glycérum® naturel, actif breveté aux propriétés hydratantes\* et apaisantes, pour laisser la peau souple, confortable et incroyablement douce après le rasage.

GARANTI PAR LES LABORATOIRES

**GARNIER**

## CHIMIE

# Eclairs et pluies acides

K. KENT/SPL/COSMOS



**L'orage agraverait les effets de la pollution urbaine et industrielle, en amplifiant les réactions chimiques de l'atmosphère.**

Pendant un orage, le pH (mesure de l'acidité) des pluies acides varie beaucoup : la pluie s'acidifie au moment où éclatent les éclairs. Selon Bruce Railsback, de l'université de Géorgie (Etats-Unis), qui a effectué ces mesures, les décharges électriques ac-

croissent la production des réactifs chimiques naturels de l'atmosphère (ozone, ions hydroxyle). Or, ce sont ces molécules et ces ions atmosphériques qui réagissent avec les gaz pol-

luants de l'industrie et de la circulation automobile (dioxyde de soufre et oxyde d'azote) pour former les acides sulfurique et nitrique qui retombent ensuite avec la pluie. H. G.

## PALÉONTOLOGIE

## Cocos de

On vient de trouver en Estrémadure (Portugal) une centaine d'œufs de dinosaures vieux de 140 millions d'années. Gisement d'autant plus remarquable qu'on y a également mis au jour les restes de quatre embryons. Une première en Europe ! – le plus gros gisement d'œufs de dinosaures se trouve



dans le désert de Gobi (Mongolie). Selon Philippe Taquet, directeur du laboratoire de paléon-

## dinos

**Un embryon de dinosaure, vieux de 140 millions d'années.**

tologie au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, ces œufs auraient été pondus par un grand théropode, de la famille des allosauridés, famille qui engendra plus tard celle des terribles tyrannosaures. M.-S. G.

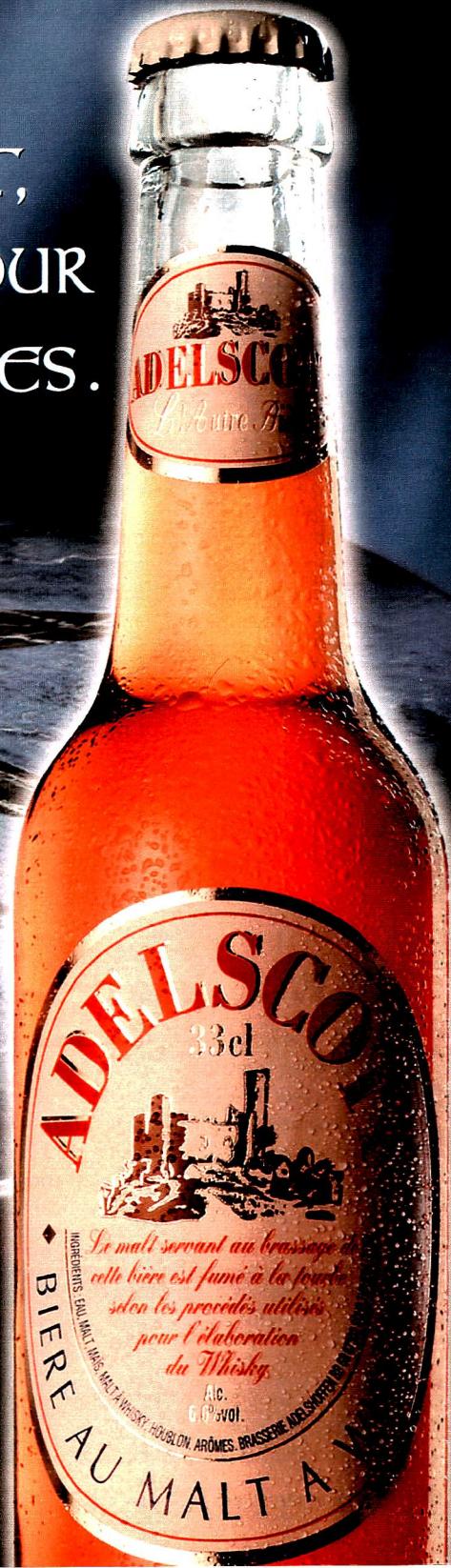
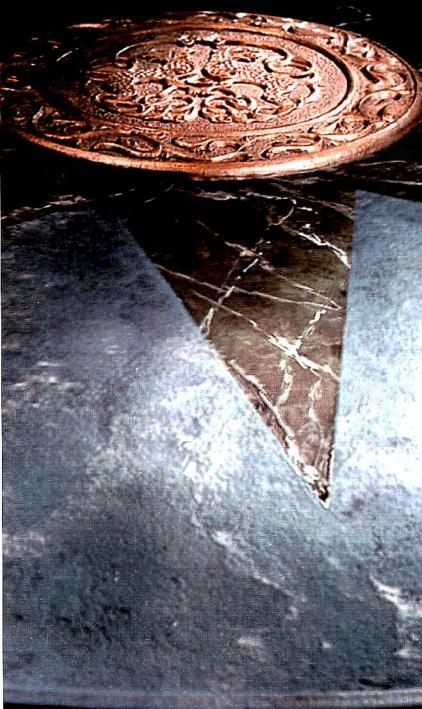
## DÉMOGRAPHIE : AU PETIT TROT

● La population mondiale croît à un rythme moins rapide que prévu – son taux d'accroissement a même décliné. Il passera de 1,50 % en 1995 à 1,47 % en 1997.

## L'UNIVERS A-T-IL UN AXE ?

● Le 21 avril dernier, les physiciens américains Borge Nodland et John Ralston publiaient un article où ils postulaient l'existence d'un axe de l'Univers (voir *Science & Vie* n° 957, p. 60), seule explication, selon eux, de l'altération du rayonnement émis par des radiogalaxies lointaines. Depuis, nombre d'explications ont vu le jour. Celle proposée par Ronald N. Bracewell et Von R. Eshleman, de l'université Stanford (Palo Alto, Californie), est fondée sur le mouvement du Soleil et fait l'économie de l'hypothèse de l'axe cosmique. En effet, notre étoile se déplace à la vitesse absolue de 300 km/s (par rapport à l'ensemble de l'Univers). Or, l'axe de son déplacement coïncide (à peu près) avec celui qu'ont découvert Nodland et Ralston. Ce qui plaide *a priori* en faveur de cette nouvelle interprétation. R. I.

A delscott,  
UN PENCHANT POUR  
LES TABLES RONDES.



ADELSCOTT, the different beer.

L'abus d'alcool est dangereux pour la santé - Consommez avec modération

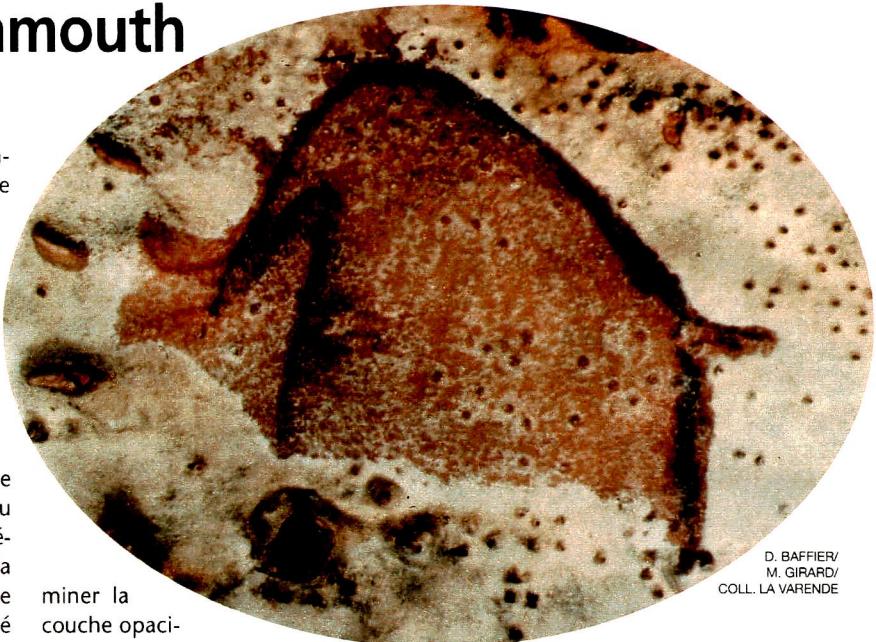
## PALÉONTOLOGIE

## Le mammouth délivré

Un splendide mammouth peint à l'ocre par l'un de nos ancêtres du Paléolithique vient d'être découvert sur une paroi de la Grande Grotte d'Arcy-sur-Cure (Yonne), la plus septentrionale des grottes ornées de France.

Il était prisonnier d'une couche de calcite blanche dont on n'avait jamais pu le délivrer. Il a fallu procéder à un décapage à la fraise diamantée, et cette nouvelle méthode a été couronnée de succès.

Pourtant, l'entreprise est délicate : il s'agit d'éli-



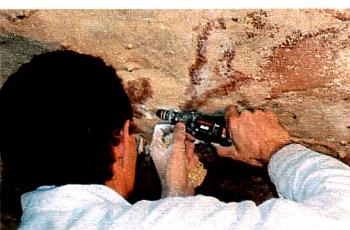
D. BAFFIER/  
M. GIRARD/  
COLL. LA VARENDE

miner la couche opacifiante sans léser le plus ancien dépôt, "transparent", qui reste la meilleure protection de ces œuvres préhistoriques.

Dominique Baffier et Michel Girard (CNRS), qui étudient la grotte depuis

1991, espèrent désormais retrouver d'autres figures intactes, la majeure partie des peintures de la Grande Grotte ayant été détruites ou dégradées, en 1978, par un nettoyage intempestif des parois. On pourrait aussi employer cette méthode dans d'autres grottes ornées... C. C.

**Mammouth peint au Paléolithique, dégagé à la fraise diamantée.**



## TUYAUX CREVÉS

● Non, ce n'est pas la pression de la glace qui fait éclater les tuyaux quand il gèle, mais, au contraire, celle de l'eau non encore gelée : c'est ce qu'ont montré des physiciens de l'université d'Illinois (Etats-Unis). Quand la glace se forme en un point du tuyau, elle le bouche. A mesure que la glace gagne du terrain, l'eau liquide est de plus en plus comprimée – la pression peut être multipliée par cent – jusqu'à l'éclatement du tuyau. Pour y remédier, il suffirait d'un robinet s'ouvrant légèrement quand il est soumis à une forte pression. Autre "tuyau", déjà connu : laisser le robinet couler goutte à goutte... H. G.

## ASTRONOMIE

## YLW 15, une naissance sous X

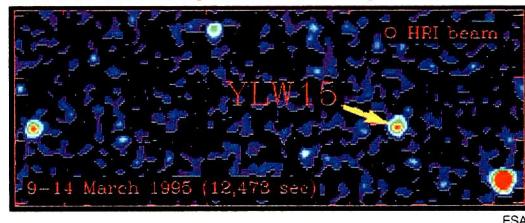
Le satellite Rosat vient d'observer le rayonnement X le plus intense jamais enregistré. En provenance de la région de *Rho Ophiuchi*, il a été émis par une étoile très jeune,

connue sous le nom de YLW 15 et située à quelque 520 années-lumière de la Terre. Agé d'à peine 100 000 ans, cet astre est encore en accréation. Pendant cette phase

critique, il pourrait connaître de violents sursauts, qui se traduisent par des émissions de rayons X.

Les chercheurs supposent aussi (*Nature*, vol. 387) que, lors de sa formation, le Soleil a connu de violentes éruptions de rayonnement X qui ont pu entraîner des cataclysmes et jouer un rôle majeur dans la formation du système planétaire que l'on connaît. L'histoire du système solaire est-elle à revoir ? J.-F. R.

Une bouffée exceptionnelle de rayons X.





Affronter ce rouge  
est la première épreuve.

( vous voilà prévenus )

**CAMPARI**



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

## GÉNÉTIQUE

## Le chromosome du K.-O.

Certains boxeurs sont-ils génétiquement prédisposés au K.-O.? Selon Barry Jordan, neurologue de l'université de Californie (Los Angeles), cela ne fait aucun doute. En analysant l'ADN de trente boxeurs (en activité et à la

retraite), il a découvert un lien entre une forme mutante du gène de la protéine ApoE (sécrétée dans le corps), appelée allèle e4, et la propension à subir des dommages neurologiques irréversibles à la suite de chocs physiques. La protéi-

ne codée par l'allèle e4 serait présente chez au moins 10 % des boxeurs. Plus grave, cette protéine augmenterait sensiblement le risque de contracter la maladie d'Alzheimer (une dégénérescence neurologique). R. I.

## LES ÉCLAIRS DU CRISTAL

Si l'on croque un bonbon à la menthe dans l'obscurité, on peut observer de minuscules flashes de lumière entre les dents. Ce scintillement, connu sous le nom de triboluminescence,

se produit lors de l'écrasement ou de la rupture des cristaux qui – du moins le croyait-on – ne possèdent pas de symétrie de rotation (dont la structure change lorsqu'on la fait pivoter).

L'équipe de Linda Sweeting, de l'université d'Etat Towson, à Baltimore (Maryland), avance un début d'explication à ce phénomène. Les chercheurs ont constaté que des cristaux symétriques recélant des impuretés manifestent eux aussi la triboluminescence. Leur hypothèse ?

Les flashes seraient dus à la recombinaison de charges positives et négatives réparties asymétriquement qui, au moment de la rupture du cristal, ont été séparées. Le flash survient donc aussitôt après la rupture des cristaux asymétriques ou impurs. R. I.



Le port de Marseille (ici, sur une gravure du xvi<sup>e</sup> siècle) a été fondé au v<sup>e</sup> siècle avant J.-C.

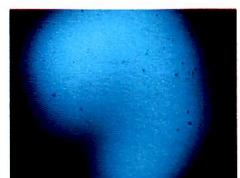
J.-L. CHARMET

Le plus ancien quai du monde grec vient d'être fouillé... à Marseille. Il daterait d'environ 570 av. J.-C., époque proche de la fondation de la cité par les Phocéens (Grecs d'Asie mineure), qu'on a située, au xix<sup>e</sup> siècle, vers 600 av. J.-C. Mais, jusqu'à ces dernières années, rares étaient les vestiges archéologiques

qui permettaient de confirmer cette date. « La pente étant trop forte pour tirer les navires sur le rivage, expliquent Antoinette Hesnard (CNRS) et Frédéric Conches (Association pour les fouilles archéologiques nationales), les Grecs, contrairement à leur habi-

tude, durent construire un quai perpendiculaire, et non parallèle, à la rive. »

Composé de blocs calés par des poutres, il mesurait 6 m de largeur et 2 m de hauteur. On l'a dégagé sur 11 m de longueur, le reste se poursuivant hors de l'emprise des travaux. C. C.



S. SWEETING/AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

# Des mouches au parfum

Les mâles de mouches drosophiles dont les odeurs ont été génétiquement "féminisées" attirent des partenaires du même sexe. En effet, comme la plupart des animaux, les drosophiles informent leurs congénères de leurs préférences sexuelles en libérant des signaux chimiques, les phéromones.

Or, selon le sexe, ces phéromones ont des effets opposés. Produites par les femelles, elles stimulent la parade amoureuse des mâles. Produites par les mâles, au lieu d'attirer les

femelles, elles inhibent l'ardeur des autres mâles !

Au laboratoire de neurobiologie de l'apprentissage et de la mémoire (CNRS-université Paris XI), à Orsay, des chercheurs ont manipulé et féminisé les gènes des phéromones

## NUCLÉAIRE

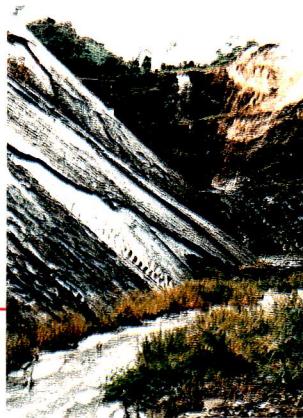
### RÉACTEURS PRÉHISTORIQUES

■ Le quinzième et dernier réacteur nucléaire naturel du site d'Oklo (Gabon), exploité par la compagnie franco-gabonaise COMUF, va-t-il disparaître sous les coups de pioche des mineurs ? Il y a deux milliards d'années, une concentration en uranium très élevée conjuguée à la présence d'eau – qui a joué le rôle de ralentisseur de neutrons – a déclenché des réactions de fission nucléaire en chaîne, qui se sont entretenues toutes seules pendant des centaines de milliers d'années. Chaque fission libérant des neutrons, qui allaient faire

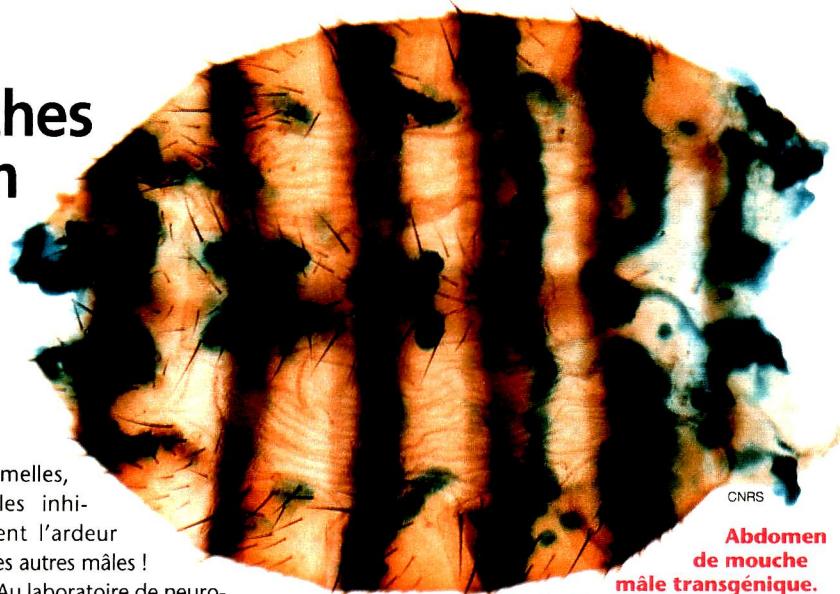
"fissionner" d'autres noyaux, et ainsi de suite... La grande variété de produits de fission trouvés sur place intéresse vivement les spécialistes du stockage des déchets nucléaires : c'est l'occasion unique d'observer comment ces éléments migrent dans les couches géologiques. Ces réacteurs préhistoriques, qui se trouvent au cœur

de gisements d'uranium activement exploités, ont tous été détruits, sauf un que les géologues français travaillant sur place espèrent conserver grâce à un accord avec la compagnie minière. H. G.

La plus vieille centrale nucléaire du monde.



P.-L. BLANC/CEA



CNRS

Abdomen de mouche mâle transgénique.  
En bleu, marquage des cellules produisant des phéromones "femelles".

mâles. Ils ont découvert que ces mâles effectuent bien leurs parades hétérosexuelles... tout en atti-

rant les autres mâles.

Ainsi, chez la drosophile, les deux aspects de l'identité sexuelle – perception des autres et présentation de soi aux autres – sont contrôlés par deux mécanismes anatomiques et génétiques distincts. M.-S. G.

## À SUIVRE...

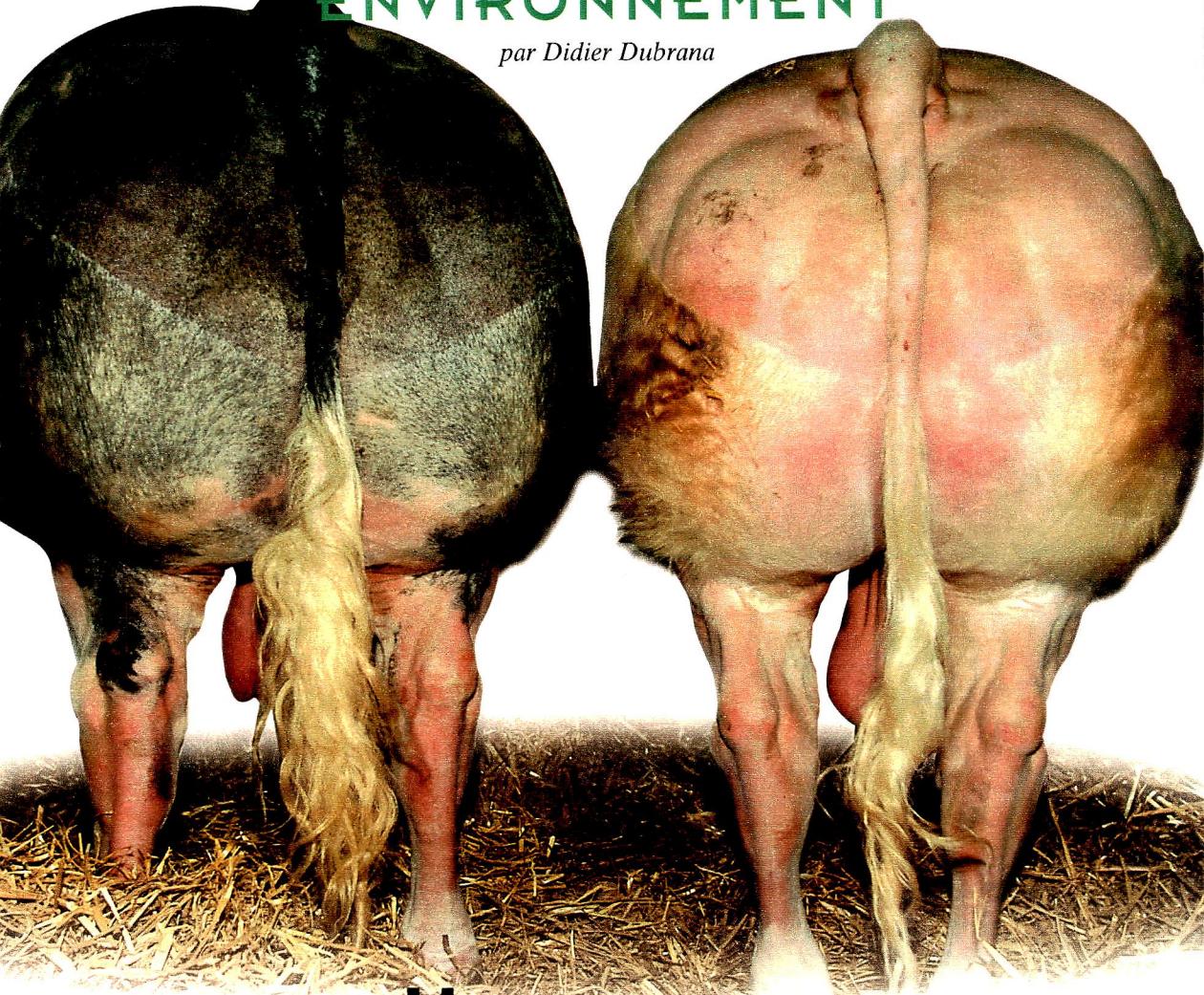
● La Commission européenne prépare une loi qui obligera les fabricants d'aliments à indiquer lors de leur commercialisation s'ils contiennent des organismes génétiquement modifiés.

● Avec la participation de Roman Ikonikoff. Ont collaboré à cette rubrique : Catherine Chauveau, Marie-Sophie Germain, Hélène Guillemot, Jean-François Robredo.





par Didier Dubrana



## Hormones : l'Amérique attaque

Les Etats-Unis tentent d'imposer la viande aux hormones sur le marché international.  
L'Union européenne se rebiffe.

de leur bon droit, les Américains ont réclamé à l'Organisation mondiale du commerce (OMC) un avis d'experts – ou "panel" – ayant force de loi. L'UE s'est donc insurgée et demande un "contre-panel".

THIRIET/CAMPAGNE CAMPAGNE

Bien que les Américains utilisent une sixième hormone non validée par le Codex, l'acétate de mélen-gestrol (*Science & Vie* n° 943, p. 18), et bien que le risque potentiel lié à l'emploi généralisé des hormones stéroïdiennes reste inconnu (elles pour-

**D**e ce côté-ci de l'Atlantique, les consommateurs ne veulent pas entendre parler de viande aux hormones. Ces dernières sont interdites dans l'Union européenne (UE),

à la production depuis 1988 et à l'importation depuis 1989.

Les Américains, eux, utilisent cinq hormones – trois naturelles (œstradiol, progestérone et testostérone)

et deux artificielles (zéaranol et trenbolone) –, avec l'aval, officiel depuis juillet 1995, du *Codex alimentarius*, une référence internationale (voir *Science & Vie* n° 941, p. 86). Sûrs

raient avoir une incidence sur les taux de cancer et de stérilité), l'OMC a donné tort à l'UE, qui a fait appel.

Lorsque le verdict final sera rendu, d'ici à deux mois, l'UE risque d'être contrainte d'accepter les hormones - ce que les ministres européens excluent - ou de payer des compensations : des droits de douane plus élevés sur les produits exportés (cognac, foie gras, fromages...), ou des droits moins élevés sur les produits américains importés (riz, aliments pour animaux domestiques, etc.).

Cette soudaine agressivité des Etats-Unis n'est sans doute pas étrangère au fait que, sous la menace du "contre-panel", ils ont dû suspendre, en juillet 1996, les taxes à l'importation sur les produits européens qu'ils s'autorisaient illégalement depuis la mise des hormones au ban de l'Europe. Ces taxes étaient de l'ordre de 100 millions de dollars par an (600 millions de francs). C'est précisément le montant du préjudice annuel dû à l'interdiction des hormones qu'ils estiment subir... M.-L. M.

## LUTTE BIOLOGIQUE

# Bon pour la vigne... et pour l'homme

**L**e champignon *Botrytis cinerea* provoque la pourriture des grappes de raisin, qui n'est "noble" et recherchée que pour l'élaboration des vins blancs moelleux. En règle générale, on l'élimine donc. Mais le champignon a développé des résistances contre les deux principales familles de fongicides, les benzimidazoles et les imides cycliques.

D'où l'intérêt de stimuler la production d'une arme naturelle, synthétisée par la vigne elle-même, le résvératrol. Le résvératrol est un composé phénolique qui fait partie des phytoalexines, cette nombreuse famille de molé-

PR-HOLTZ STELLENBOSCH UNIV.

**Le résvératrol, un composé produit par la peau du raisin, inhibe une spore germée du champignon *Botrytis cinerea* (au centre).**

cules de défense naturelle des plantes.

Les chercheurs de l'Institut Jules-Guyot (Laboratoire des sciences de la vigne, Dijon) ont montré que, dans le pinot noir, un cépage bourguignon, sa synthèse est stimulée par les sels d'aluminium présents dans le Synermix, un produit à base d'algues utilisé pour renforcer l'efficacité d'un fongicide classique, le Rovral.

Mais le résvératrol a une vertu supplémentaire : il protège contre les maladies cardiovasculaires - du moins, chez le rat. Sa présence résiduelle dans le vin rouge serait donc un avantage... M.-L. M.

## BONNE OREILLE

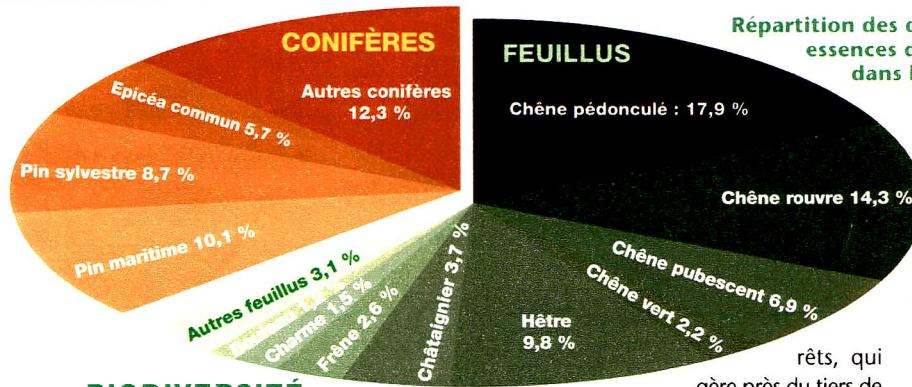
● D'après des études menées par Donald Henderson (université d'Etat de New York, à Buffalo) sur des rongeurs (chinchillas), le bruit entraîne une montée de radicaux libres dans l'oreille interne. Ces substances chimiques tuent les cellules sensibles qui les entourent. En réaction, l'organisme accroît de 40 % sa concentration en glutathion, une enzyme qui protège des radicaux libres.

## AGRICULTURE

### LE ROBOT MANGE-LIMACES

■ Le ministère britannique du Commerce et de l'Industrie subventionne des projets de recherche pour le moins originaux, comme la mise au point de "robots chasseurs de limaces" (New Scientist, 5 juillet 1997). Les robots explorent le territoire des mollusques, les capturent,

puis les déversent dans un fermenteur. Le "biogaz" dégagé par la putréfaction des limaces alimente un générateur qui recharge les batteries des terribles engins. Cette méthode pourrait se substituer à la lutte chimique, guère efficace et onéreuse. J. V.



## BIODIVERSITÉ

## La forêt en danger

Dans les forêts françaises, la biodiversité recule. Philippe Pointereau, responsable du réseau Forêt de France-Nature-Environnement (FNE), estime que, « malgré la difficulté de procéder à

des mesures, les études menées sur certaines espèces d'insectes (les collemboles, par exemple) révèlent un appauvrissement des écosystèmes forestiers. »

## L'Office national des fo-

## ZOOLOGIE

# L'éléphant en colère

Ce conflit africain-là ne concerne pas uniquement les humains. Il s'agit d'une discorde entre espèces faute d'espace : *Homo sapiens*, l'homme, contre *Loxodonta africana*, l'éléphant d'Afrique.

1200 "TOMIIO"

## En Afrique du Sud, les éléphants manquent d'espace vital.



## Répartition des diverses essences d'arbres dans les forêts françaises.

dénoncent les coupes d'arbres, volumineuses et trop fréquentes. Pour FNE, de 2 à 5 % de la forêt française devrait être intégralement protégée, au lieu de 0,01 % aujourd'hui.

gère près du tiers de la forêt française, rétorque que sa politique s'oriente depuis dix ans vers une exploitation respectueuse de la biodiversité : moins de plantations monospécifiques et une préservation du bois mort, habitat de nombreux insectes.

Mais certains chercheurs

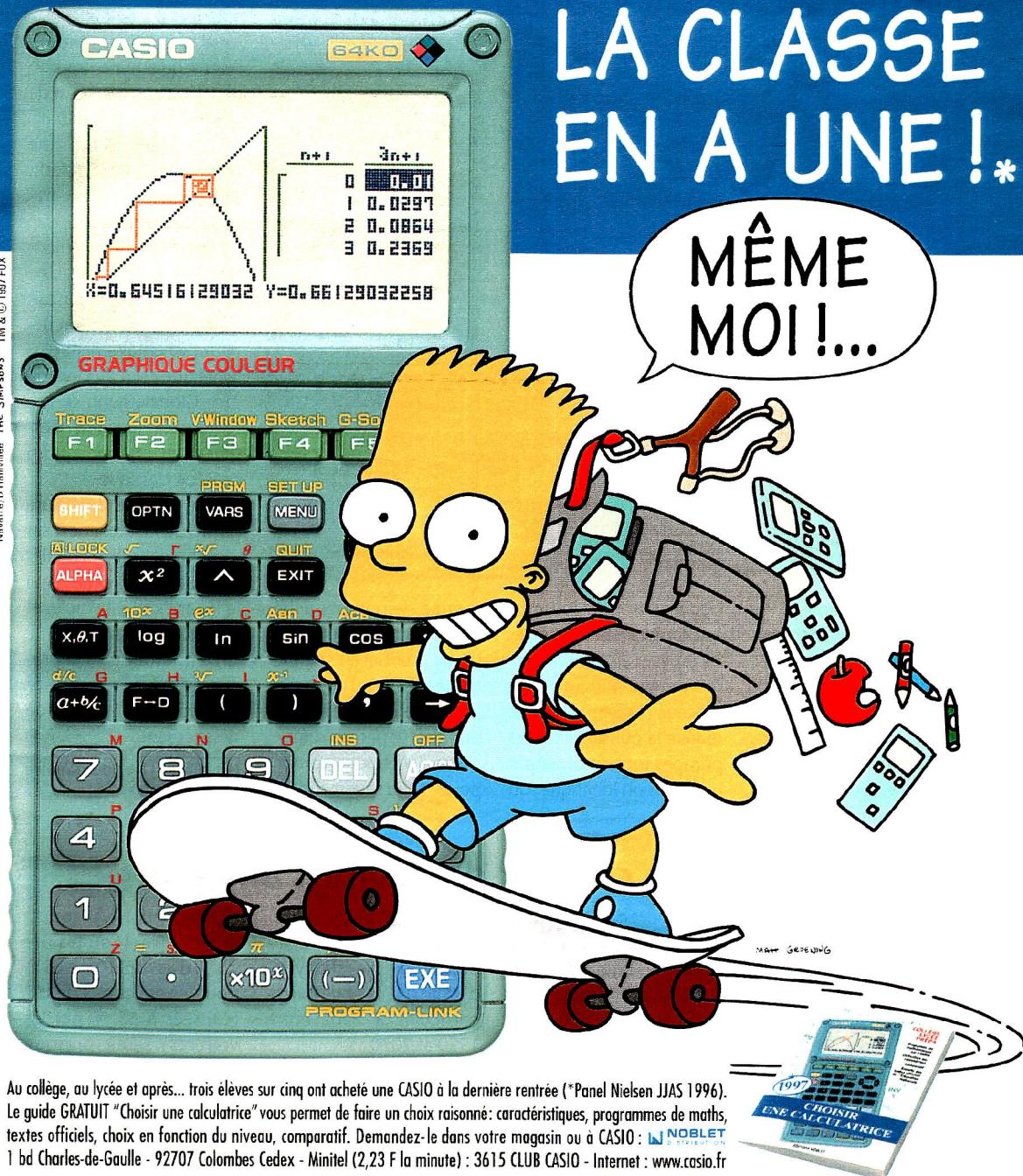
# L'AFRIQUE SUR LE SABLE

- Sur le littoral africain, les sables menacent d'envahir la végétation. L'un des moyens de lutter contre ce fléau consiste à planter des végétaux capables de fixer les dunes. Pour en faciliter l'installation, on introduit dans ces plantes des champignons inférieurs qui favorisent l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs.

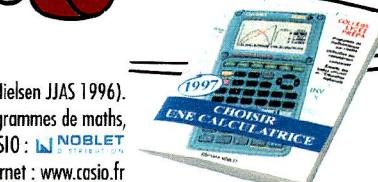
INFOGRAPHIE D. GALLAND

# CASIO: PRESQUE TOUTE LA CLASSE EN A UNE!.\*

Navarre/D'Halvillée THE SIMPSONS™ TM & © 1997 FOX



Au collège, au lycée et après... trois élèves sur cinq ont acheté une CASIO à la dernière rentrée (\*Panel Nielsen JJAS 1996). Le guide GRATUIT "Choisir une calculatrice" vous permet de faire un choix raisonné: caractéristiques, programmes de maths, textes officiels, choix en fonction du niveau, comparatif. Demandez-le dans votre magasin ou à CASIO : **NOBLET**  
1 bd Charles-de-Gaulle - 92707 Colombes Cedex - Minitel (2,23 F la minute) : 3615 CLUB CASIO - Internet : [www.casio.fr](http://www.casio.fr)

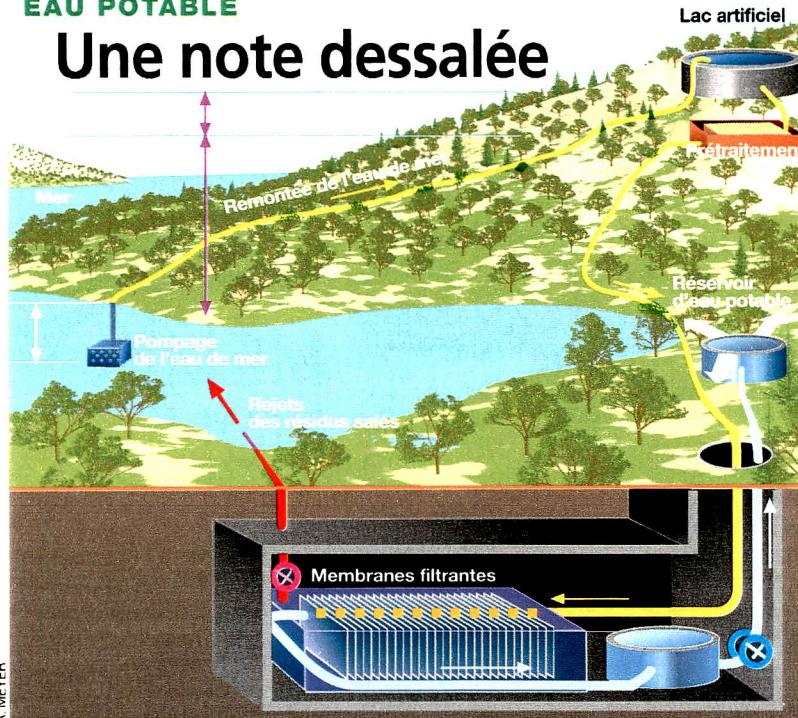


Les Maths... C'est Cool!

**CASIO**  
HAUTE TECHNOLOGIE

## EAU POTABLE

## Une note dessalée



A. MEYER

**S**i le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse n'est pas une nouveauté, cette technique est encore coûteuse. En effet, de fortes pressions sont nécessaires pour que l'eau traverse les membranes semi-perméables qui retiennent le sel. Dans les installations conventionnelles, on utilise, pour obtenir les  $7.10^6$  pascals requis, des groupes de tur-

bopompes qui consomment beaucoup d'énergie.

L'écrivain espagnol Alberto Vasquez a imaginé un procédé (1) permettant de réduire la puissance de ces pompes tout en obtenant une pression identique. Un

groupe de pompes achemine l'eau de mer jusqu'à un lac artificiel au sommet d'une colline, à 100 m d'altitude. Pour cela, une pression de  $10^6$  pascals suffit.

Sous l'effet de son propre poids, l'eau redescend en-

suite par gravitation jusqu'aux membranes semi-perméables qui la filtrent, enterrées à - 640 m.

Par simple gravitation, l'eau acquiert une pression de  $10^6$  pascals par 10 m de dénivellation. A - 640 m, elle présente donc une pression de  $7.4.10^6$  pascals, suffisante pour qu'elle traverse les membranes.

D'autres pompes remontent l'eau dessalée. Une pression de  $6.4.10^6$  pascals suffit pour cela, car son débit est volontairement plus faible que celui de l'eau de mer. Globalement, ce système est donc moins gourmand en énergie qu'un procédé classique.

Enfin, comme la majeure partie de l'installation est souterraine, celle-ci ne dépare pas le paysage. Seul le lac artificiel est visible, et il peut être aménagé. Le Chili pourrait être le premier pays à s'équiper de ce nouveau type d'usine de dessalement. H.-P. P.

(1) Dans l'hebdomadaire espagnol *Cambio 16*.

## POLLUTION

## Un ciel pur dans vingt ans ?

**L**es jours de forte pollution, les voitures ne pourront rouler qu'un jour sur deux dans l'agglomération parisienne. Quels seront les effets de ce plan d'urgence, annoncé le 11 mars dernier par l'ancien ministre de l'Environnement, Corinne Lepage ?

Pour répondre à cette question, le Comité des constructeurs français d'automobiles a demandé au laboratoire de thermodynamique appliquée d'Athènes d'évaluer les

émissions d'oxyde de carbone (CO), d'hydrocarbures (HC), d'oxydes d'azote (NOx) et de microparticules à Paris entre 1990 et 2010.

Les Grecs sont en effet très au fait de ce type de pollution ; leur capitale est la première ville à avoir adopté, il y a une dizaine d'années, la circulation alternée toute l'année.

Les projections de l'étude sont encourageantes : les émissions de CO (dues à 70 % aux véhicules par-

ticuliers en 1990) pourraient être réduites de 75 % d'ici à 2010. Le bilan pour les émissions de HC (causées à 65 % par les voitures) serait presque aussi bon : il est prévu qu'elles diminuent de 70 %.

Les émissions de NOx devraient être réduites de moitié d'ici à vingt ans, et les rejets de microparticules (essentiellement par les véhicules diesel) devraient reculer de 40 % dans le même temps.

S. F.

3615  
SCV

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

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

## Crédits BNP 18-25 ans

# One for the money. Two for the taux\*.



\*EURO DISC / BARNET ERA TONG CLOUD © Warner Chapel Music France

\*Un, le crédit qu'il me faut. Deux, à un taux qui me va.

**Vous avez entre 18 et 25 ans et vous êtes étudiant ?**  
Vous voulez financer vos études, votre logement, un stage à l'étranger ou encore acquérir votre ordinateur, entreprendre un voyage... La BNP vous facilite la vie en vous proposant des crédits à des taux exceptionnels et des conditions spécialement ajustées. Vous pouvez ainsi emprunter jusqu'à 100 000 francs et si vous le souhaitez, ne débouter vos remboursements qu'à la fin de vos études.



A CHAQUE INSTANT ON DOIT POUVOIR COMPTER SUR SA BANQUE.

**Vous avez entre 18 et 25 ans et vous êtes déjà dans la vie professionnelle ?** Vous voulez enfin pouvoir vous installer comme vous en avez envie, vivre à votre façon. Pour vous meubler, décorer votre maison, mieux profiter de vos loisirs, organiser les vacances dont vous rêvez, la BNP met à votre disposition des crédits à des taux très préférentiels. Pour vivre votre vie et vos envies... à un coût très raisonnable. Alors, si vous avez entre 18 et 25 ans, consultez un Conseiller BNP dans l'une des 2 000 agences BNP ou en appelant BNP en Ligne.

## MICROBIOLOGIE

## Les bactéries sont éternelles

**D**es bactéries vieilles de 25 à 40 millions d'années ont repris vie grâce à un microbiologiste de l'université polytechnique de San Luis Obispo (Californie). En mai 1995, Raoul Cano avait isolé des spores bactériennes contenues dans le tube digestif d'une abeille figée dans de l'ambre (résine) depuis des millions d'années. A partir d'une spore (forme sous laquelle la bactérie résiste, à l'état latent, à un stress), Cano avait obtenu une bactérie vivante, *Bacillus sphaericus*.

Il récidive aujourd'hui en ressuscitant *Staphylococcus succinus* d'un fragment d'ambre vieux de 30 millions d'années. Les pre-

miers tests d'identification élèvent cette bactérie au rang d'espèce inconnue. Elle a la morphologie d'un staphylocoque, dont on ne retrouve pourtant pas les caractéristiques au niveau de la paroi. En effet, chez *Staphylococcus succinus*, les "molécules architectes" de la paroi sont reliées par un acide (l'acide diaminopimélique) alors que, chez le staphylocoque, c'est un acide aminé (la lysine) qui sert de lien.

De plus, on observe chez *Staphylococcus succinus* des acides gras collés à la paroi. Une structure présente chez d'autres

bactéries, les corynébactéries : ce qui fait dire à Patrick Stragier, du Laboratoire de régulation de l'expression génétique chez les micro-organismes (CNRS), qu'"on a affaire à une sorte d'hybride".

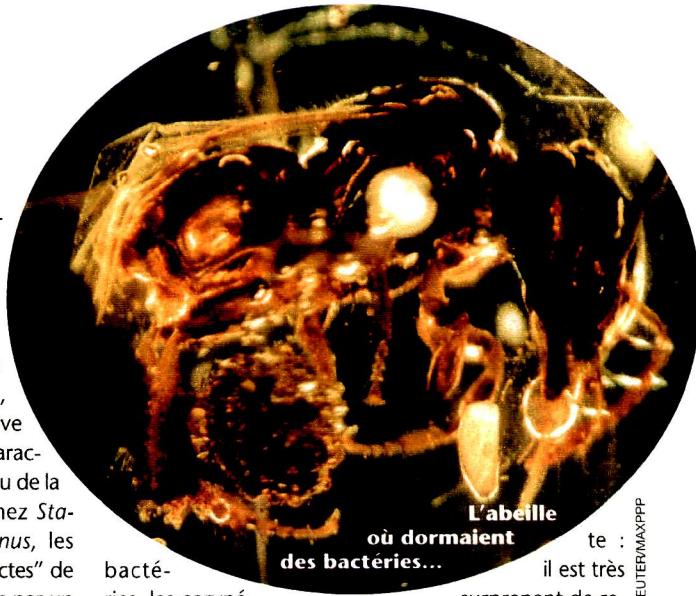
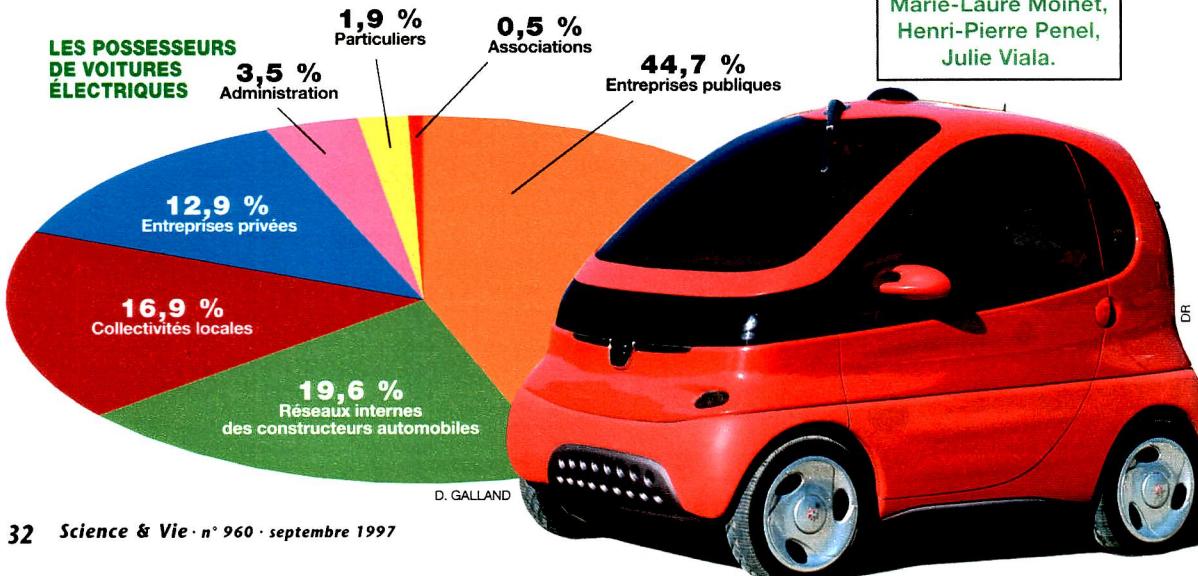
Certains scientifiques émettent des réserves sur la validité de cette découver-

## LA VOITURE ÉLECTRIQUE DÉLAISSE

● Les voitures électriques ont du mal à démarrer : 3 000 seulement sont aujourd'hui en service. On espère en compter 100 000 en l'an 2000. Mais, pour atteindre ce chiffre, il faudrait, selon AVERE-France (Association pour le développement du véhicule électrique), que les administrations s'en équipent davantage.

J. V.

● Ont collaboré à cette rubrique : Sophie Duroux, Sonia Feertchak, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel, Julie Viala.



REUTER/MAXPPP

# Epaisseur 28mm

# Poids 1,9kg



Le LifeBook de la série 600 est l'un des plus léger et l'un des plus fin ultra-portables que vous pouvez trouver sur le marché.

Grâce à son unité d'extension multimédia comprenant un lecteur CD-ROM 16x, un lecteur de disquettes et des haut-parleurs intégrés, vous pourrez faire des présentations ou vous le désirez!

Fujitsu  
LifeBook™ 656Tx

Processeur Intel  
Pentium® 150MHz  
avec technologie MMX™

32Mo de mémoire  
SDRAM

Mémoire vidéo de  
2Mo VRAM avec  
accélérateur graphique  
PCI de 128bit

2 ports PCMCIA  
de type II

Port Zoomed Vidéo

Batterie Lithium Ion

Suite de logiciels  
RoadOffice

Unité d'extension  
multimédia

Garantie 3ans  
Internationale

**LIFEBOOK**

LE LOGO INTEL INSIDE, PENTIUM ET MMX SONT DES MARQUES DÉPOSÉES OU DES APPELLATIONS D'INTEL CORPORATION.

Pour plus d'informations, veuillez contacter: FUJITSU-ICL Computers S.A, Immeuble-Optima,  
8 rue Godefroy, 92822 Puteaux cedex, France. Tél: 01 41 97 93 22 Fax: 01 41 47 90 80



Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_  
Titre \_\_\_\_\_  
Société \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
Code Postal \_\_\_\_\_  
Tél \_\_\_\_\_  
Fax \_\_\_\_\_

S.V. 28.8.97. LB-7

# FUJITSU

PCs • NOTEBOOKS • SERVERS

# ACTUALITÉ TECHNOLOGIE

par Germain Chambost



## L'ordinateur lira-t-il sur les lèvres ?

**Etonnant : en couplant une caméra et un micro, des chercheurs britanniques espèrent qu'un jour l'ordinateur lira sur les lèvres.**

Filmé et enregistré à la fois, pour être, enfin, compris par l'ordinateur...

vait des mouvements des lèvres que ce qui est indispensable à l'identification des mots. Fatalement, ce filtrage supprime beaucoup de détails. Le message est réduit à l'essentiel.

Les Britanniques d'East Anglia, eux, utilisent à la fois une caméra et un microphone. Avantage : le couplage permet de surmonter l'écueil des bruits parasites. Et, bien entendu, le taux de reconnaissance des mots est très supérieur à celui d'un système uniquement audio ou visuel, notamment quand il y a plusieurs interlocuteurs.

**D**es ordinateurs qui lisent sur les lèvres... Utopique ? Moins qu'on ne pourrait le croire. C'est l'objet des travaux de cher-

cheurs de l'université d'East Anglia, près de Londres. Ils estiment que les études actuelles sur la reconnaissance vocale des

ordinateurs butent sur une limite : l'appareil ne reconnaît qu'un nombre restreint de sons, surtout lorsqu'ils sont émis par plusieurs personnes.

Il existe une limite semblable dans le domaine de la reconnaissance visuelle par une caméra qui filme la bouche du locuteur. Jusqu'à présent, dans cette opération, on ne conser-

### UNE PUCE = UN PC

● SGS-Thomson a réussi à assembler sur une seule puce tous les éléments d'un ordinateur. Baptisé ST PC, ce circuit devrait donner naissance à des PC multimédia bon marché destinés au grand public.

## BÉTON ÉCOLO

● Pour éviter que le béton ne colle aux coffrages, on emploie des huiles minérales : en Europe, quelque 60 000 tonnes par an. Mais les agents à base d'huiles minérales sont inflammables, produisent des vapeurs toxiques et laissent des résidus difficiles à éliminer.

On commence donc à utiliser des esters d'acides gras d'huiles végétales, comme le colza, le soja ou la noix de coco. Ce programme de substitution, baptisé VERA (Vegetable Oil Based Release Agents), est soutenu par la Communauté européenne. Il réunit quatre centres de recherches, en Allemagne, en Finlande, aux Pays-Bas et au Portugal, ainsi que le groupe Bouygues, en France, et la Fédération européenne des travailleurs du bâtiment et du bois. Les études portent sur le coût de VERA et sur les modes d'élimination et de traitement des résidus d'huile minérale.

## NUCLÉAIRE

# Caméra de l'invisible

Le bon vieux compteur Geiger de détection des rayonnements a peut-être vécu. Des chercheurs du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) ont conçu une caméra qui fournit des images en couleurs des zones d'émission des rayonnements gamma.

L'appareil se compose de deux caméras : un caméscope classique et un second appareil qui repère les rayons gamma, transformés en photons visibles grâce à un scintillateur. La synthèse des deux images fournit le dessin précis des zones d'émission. Information précieuse, notamment



La nouvelle caméra du CEA pourra filmer les rayons gamma, rendus visibles par un scintillateur.

pour le personnel  
appelé à travailler dans des lieux contaminés.

Les chercheurs du CEA étudient maintenant la mise au point d'une caméra capable de détecter les

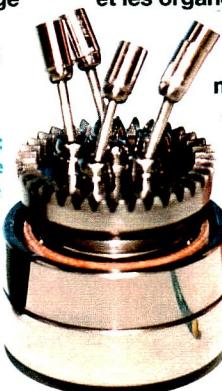
rayons alpha. Ceux-ci disparaissent dans l'air après un trajet de 1 centimètre – ce qui complique singulièrement le problème...

## AÉRONAUTIQUE

### MICRO-POMPE POUR MACRO-PRESSION

■ Pas plus grosse qu'un citron, la nouvelle micro-pompe hydraulique de la société française Messier-Bugatti peut fournir 500 bars de pression. Sur les avions, l'énergie hydraulique se révèle nettement supérieure à l'énergie électrique dans de multiples rôles : mouvements du train d'atterrissement et des volets sur les ailes, manœuvres des gouvernes de vol ou encore freinage des roues.

Un progrès pour les avions : la micro-pompe hydraulique de Messier-Bugatti.



Pour développer la même puissance, un moteur électrique devrait être trente fois plus lourd et cinq fois plus volumineux !

La micro-pompe de Messier-Bugatti pourra être installée à côté de son point d'utilisation : plus besoin de longues tuyauteries entre la pompe centrale et les organes à mouvoir.

Les risques de fuites seront minimisés et la sécurité accrue.

DR

## SÉCURITÉ

## Renifleur d'explosifs

Face à un "envahisseur", virus ou autre cellule étrangère, le système immunitaire de tout organisme vivant réagit en produisant des anticorps. Ceux-ci sont même souvent utilisés pour détecter l'envahisseur, qu'il est parfois impossible de repérer autrement : la présence

des anticorps signale celle de l'intrus.

C'est en s'appuyant sur ce principe que la firme suédoise d'armements Bofors a conçu un "renifleur" d'explosifs qui devrait être commercialisé en 1999. Sa partie active, un récepteur biosensoriel, est à base d'anticorps qui

réagissent à la présence des composants chimiques des matières explosives. Bofors présente son "renifleur" comme une sorte de museau de chien, dont il aurait la capacité de flair. Il serait dix mille fois plus sensible qu'un matériel de détection classique.

## VÊTEMENTS

## Les mains bien au chaud

À la montagne ou à la campagne dans de rudes conditions climatiques, plus question

d'avoir froid aux mains ! Les gants élaborés par la société américaine Sealtech, dérivés de gants conçus

pour les astronautes, non seulement protègent les doigts et les paumes des températures polaires, mais, de plus, ils les réchauffent.

Ils sont dotés de sous-gants, poches de polyuréthane en forme de main, remplies d'un fluide gras caloporateur. On glisse dans le sous-gant un sachet d'oxyde de fer (qui s'achète dans les magasins de sports). L'utilisateur serre le poing pour broyer le contenu du sachet, qui diffuse alors de la chaleur. Le fluide caloporateur se réchauffe en passant au-dessus du sachet d'oxyde de fer et répartit sa chaleur dans tout le sous-gant.



Sealtech a mis au point des gants "autochauffants", en associant oxyde de fer et fluide caloporateur.

## LA FIBRE DE CARBONE SUPPLANTÉE ?

- Un polymère de polybenzimidé oxyde (PBO) doté de propriétés mécaniques supérieures à celles de la fibre de carbone a été récemment présenté à Mulhouse (Haut-Rhin), lors du colloque international de la Fiber Society. M5 (c'est le nom de cette nouvelle fibre) a été mise au point par le centre de recherches du groupe néerlandais Akzo Nobel, en collaboration avec le département aéronautique de l'université de Delft. Selon Akzo Nobel, M5 a une exceptionnelle capacité de résistance à la pliure et à l'abrasion et devrait donc supplanter la fibre de carbone dans de nombreuses applications industrielles.

## LISEZ-MOI

- Mesurer l'impact d'une affiche dans la rue, c'est l'objectif assigné à Cyboard, simulateur du publiciste Dauphin. La lisibilité du message, en fonction de la taille du support, de son orientation et de son environnement, est contrôlée par l'ordinateur.



RENAULT

## ÇA GAZE POUR RENAULT

● Renault a commencé de commercialiser des véhicules au gaz fabriqués en usine. Jusque-là, quel que soit le constructeur, voitures et camionnettes étaient seulement converties au gaz. D'après Renault, le montage en usine procure une meilleure qualité d'intégration et raccourcit les délais de livraison.

## TÉLÉPHONE CABINE DE CHOC

■ Les cabines téléphoniques en plein air sont souvent l'objet de dégradations, certains "usagers" n'hésitant pas à s'approprier les plaques de plexiglas ou à passer sur elles leur colère. C'est pourquoi France Télécom expérimente une cabine destinée aux quartiers dits sensibles. La surface vitrée est réduite au minimum : un petit dôme semi-circulaire. Le reste

de la cabine consiste en une armature de tubes et de tôles, capable de résister aux pires traitements. En revanche, l'appareil téléphonique lui-même est de type classique, à carte. Baptisée Titan (tout un programme), cette cabine coûte environ 10 000 F, prix d'une cabine traditionnelle. A. B.

**Titan, la cabine de France Télécom qui résiste aux pires traitements.**



A. BEINAT

## AGRICULTURE

### Piège à bromure

On utilise le bromure de méthyle en fumigation, notamment dans les pays d'Europe méridionale, pour débarrasser les sols des parasites des cultures. Mais ce gaz présente le grave inconvénient de s'attaquer à la couche d'ozone. Il est donc sévèrement réglementé : il s'emploie uniquement sous un film plastique, pour limiter sa diffusion.

Elf-Atochem vient de commercialiser un nouveau film à base d'Orgalloy LE (marque déposée), deux fois plus efficace, car deux fois plus étanche, que les autres matériaux pour confiner le bromure de méthyle au ras du sol.

Autre avantage : l'efficacité de ce confinement permet de réduire de moitié la quantité de produit à épandre.

## TRICHEUR À BORD !

● L'annonce est devenue rituelle pour les passagers qui embarquent à bord des avions commerciaux : l'usage des téléphones mobiles est interdit pendant toute la durée du vol, car ils peuvent brouiller certains instruments de navigation. Mais comment s'assurer que la consigne est respectée ? La firme allemande Innovint a présenté au dernier Salon de l'aéronautique du Bourget le Mobifinder, système qui permet au personnel de cabine de savoir si quelqu'un se sert d'un téléphone mobile, et de repérer le tricheur. En effet, la puissance du signal émis par le Mobifinder augmente à mesure qu'on se rapproche de l'appareil en fonctionnement.

# 3615 SCV

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

## FOSSES SEPTIQUES

### SIX MOIS DE TRANQUILLITÉ...

■ Lorsque la maison n'est pas reliée à un système de tout-à-l'égout, c'est une fosse septique qui se charge de l'épuration des eaux usées. Mais, pour obtenir une bonne efficacité, les bactéries et les enzymes "gloutonnes" – qui se présentent sous forme de poudres ou de liquides – doivent

être renouvelées souvent (parfois chaque semaine). La société belge Bevil propose aujourd'hui ces agents sous une autre forme : des microbilles. Celles-ci diffusent les produits actifs régulièrement, pendant six mois. Il existe même un Foss Micro Billes débloqueur, pour déboucher les fosses septiques en panne...

## PHYSIOLOGIE

### La machine à chatouiller

Pourquoi certaines personnes sont-elles plus sensibles que d'autres aux chatouilles ? Et pourquoi ne peut-on déclencher son propre rire en se chatouillant soi-même ? Apparemment fuites, ces questions se posent depuis des siècles aux observateurs de la vie sociale. Socrate, Galilée, Darwin, pour n'en citer que quelques-uns, ont tenté d'y répondre. Aucun n'a pu fournir d'explication satisfaisante...

Pour en avoir le cœur net, des chercheurs américains se sont lancés – sans rire – dans des études scientifiques du phénomène... Christine Harris, de l'université de San Diego (Californie), utilise même une machine à chatouiller : une main, actionnée par un bras en forme de tuyau, provoque des chatouilles qu'on peut doser à volonté. Première constatation : le rire déclenché par les chatouilles n'est sans dou-

te pas l'expression d'une satisfaction physique. «Est-ce que ça vous chatouille ou est-ce que ça vous gratouille ?», demandait déjà le docteur Knock.

D'autre part – contrairement à ce qu'on avait suggéré –, ce rire n'est pas lié à un contact physique, à une sorte de manifestation de la relation sociale qui s'établirait entre celui qui chatouille et celui qui est chatouillé. De ce point de vue, la machine s'est révélée fort utile. Un groupe d'étudiants a servi de

cobayes aux chercheurs californiens. On leur a bandé les yeux et on leur a dit qu'ils seraient chatouillés soit par la machine, soit par une personne. Dans les deux cas, les résultats furent identiques : seuls dans une pièce en compagnie de la machine, les étudiants réagissaient en riant.

Le rire en question serait donc un réflexe physique, comme celui que provoque le médecin en frappant le genou d'un patient avec son marteau en caoutchouc. Mais pourquoi ne peut-on se chatouiller et se faire rire soi-même ? Peut-être, suggère Christine Harris, parce que lorsqu'on se chatouille, il n'y a pas de surprise...

La machine du Dr Harris,  
pour tout savoir sur les  
chatouilles...



## HÔPITAL

# Le robot prend l'ascenseur

La célèbre société d'ascenseurs Otis commercialise en Europe un robot américain destiné au transport de matériel (jusqu'à 100 kg) en milieu hospitalier. La mise en service de HelpMate – c'est son nom – ne nécessite aucune infrastructure.

Un calculateur embarqué mémorise les plans des locaux. Une batterie de sonars, des détecteurs infrarouges et un bandeau sensitif l'aident à contourner les obstacles. HelpMate est également capable de prendre seul l'ascenseur. Pour appeler la cabine, il utilise une liai-

son radio dont Otis équipe ses appareils. Elle leur permet de "comprendre" l'appel du robot et de le prévenir de l'arrivée de la cabine.

Plus de cent Help-Mate sont déjà en service dans les hôpitaux américains. En France, l'hôpital Cochin, à Paris, et l'hôpital de Montpellier s'en sont récemment équipés.

Otis propose deux formules d'acquisition. Le forfait location (15 000 F HT par mois) comprend la programmation du robot, les liaisons radio de commande des ascen-



seurs et la maintenance. On peut aussi acheter HelpMate au prix de 500 000 F HT. H.-P. P.

## STYLO D'ORDINATEUR

● La société taiwanaise Primax commercialise un stylo qui permet d'écrire directement sur l'écran de l'ordinateur. Le stylo pointeur sert à tracer sur un trackpad-écran (écran sensitif), disposé à côté du clavier, les dessins et les signatures à la main qu'on veut voir apparaître sur le document final.

● Ont collaboré à cette rubrique : Arnaud Beinat et Henri-Pierre Penel.

Chapitre XII

# La Picardie c'est tout un roman

Photo : Sam Willmet

Les marais d'Isle à Saint-Quentin.

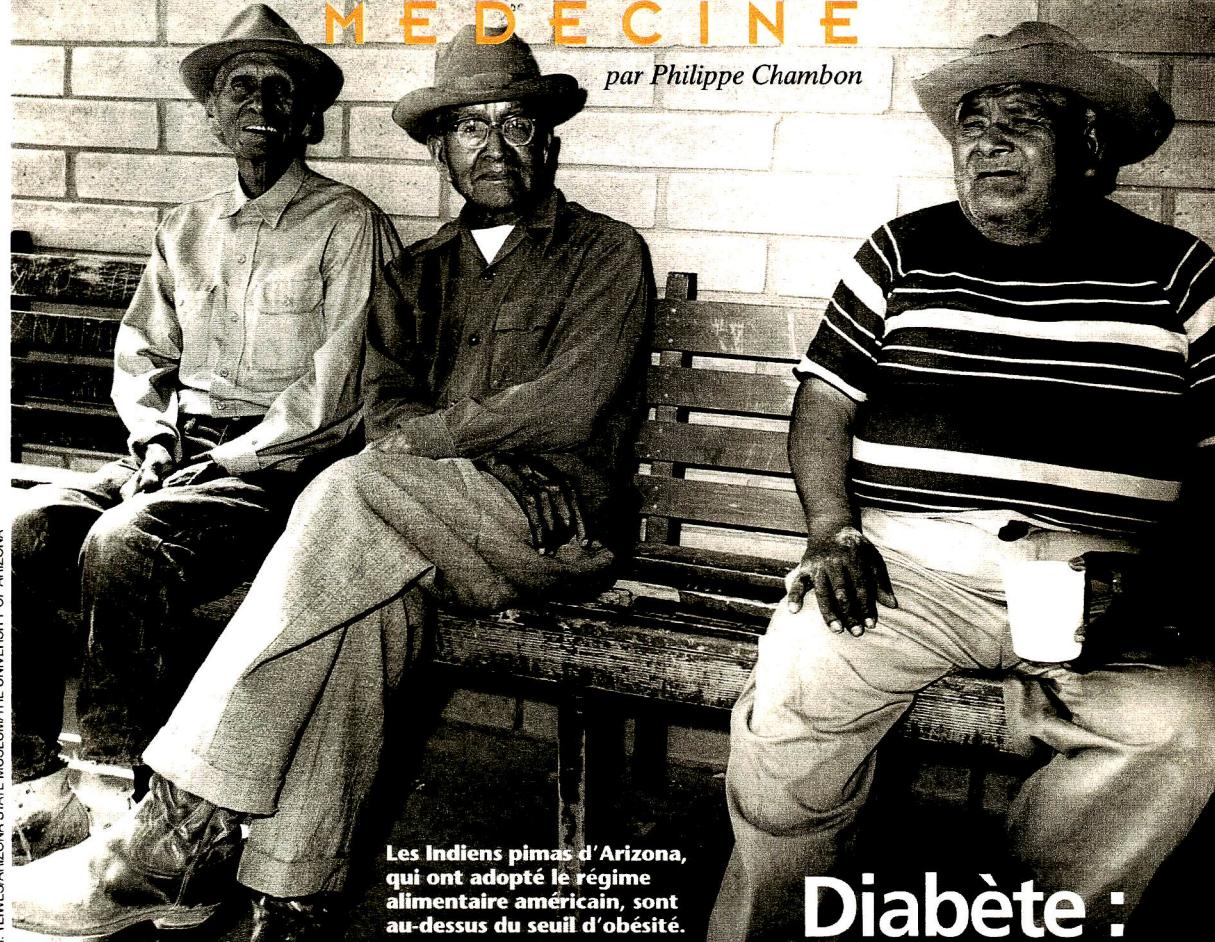
Et puis, au soir d'un week-end bien rempli, nous avons profité du spectacle des marais de Saint-Quentin s'embrasant dans le soleil couchant... La Picardie, c'est une longue histoire, chapitre après chapitre elle s'offre à vous comme le plus dépayasant des romans. Pour découvrir la Picardie entre les lignes, téléphonez au 03.22.91.10.15, ou écrivez à...

**La Picardie donne vie à toutes vos envies !**



Comité Régional du Tourisme  
3, rue Vincent Auriol  
80000 AMIENS

par Philippe Chambon



Les Indiens pimas d'Arizona,  
qui ont adopté le régime  
alimentaire américain, sont  
au-dessus du seuil d'obésité.

## Diabète :

# les gènes ne font pas le poids

Des Indiens d'Amérique viennent d'en apporter la preuve :  
le mode de vie influe plus que  
les gènes dans la prédisposition au diabète.

**D**es biologistes, pour la plupart français, ont identifié plusieurs gènes responsables de la prédis-

position au diabète. Mais ces découvertes ne doivent pas faire oublier le rôle déterminant du mode de vie dans l'apparition de la maladie. Une étude menée aux Etats-Unis sur les Indiens pimas vient d'en apporter la preuve.

Une partie de cette ethnique est implantée dans une réserve de l'Arizona, tandis que l'autre vit dans les

montagnes de la sierra Madre, au Mexique. Les scientifiques ont étudié l'index de masse corporelle (1) et la tolérance au glucose de ces deux groupes ainsi que d'une autre population de la même région du Mexique.

Résultat : les Pimas

mexicains ont un taux de diabète légèrement supérieur à celui de leurs voisins, et le même index de masse corporelle. Mais leurs cousins de l'Arizona sont nettement au-dessus du seuil d'obésité et ont un taux de diabète six fois plus élevé.

Explication : les Indiens des montagnes ont une nourriture pauvre en graisses et mènent une rude vie de paysans, tandis que leurs homo-

**3615  
SCV**

Abonnez-vous  
sur minitel !  
(mot clé ABON,  
puis ENVOI).

logues d'Arizona ont un mode de vie très sédentaire et un régime alimentaire typiquement américain – hypercalorique et gras.

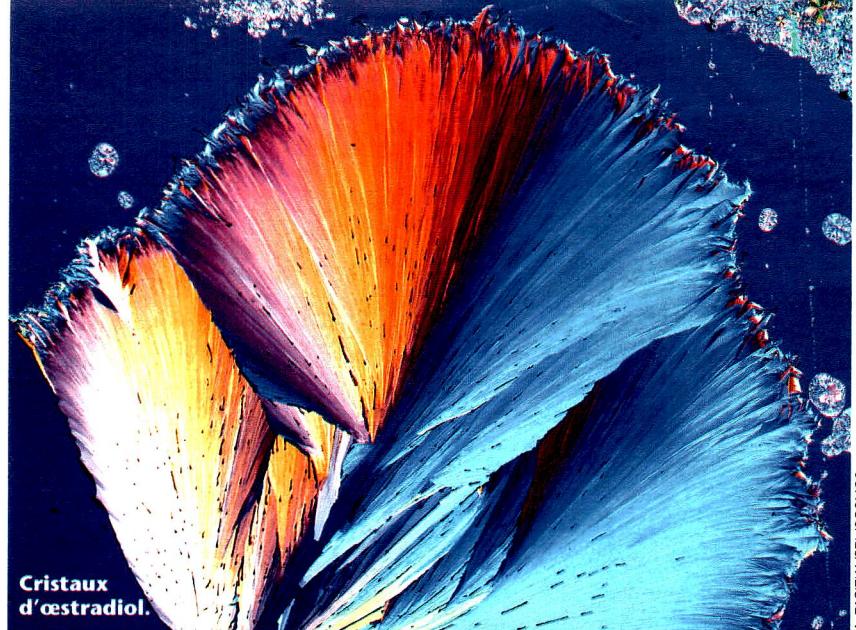
Il semble donc important de surveiller de près son régime alimentaire et son mode de vie lorsqu'on a des antécédents familiaux de diabète. Cette étude confirme aussi que la prédisposition génétique n'est pas une fatalité.

## LA VIOLENCE CLASSIFIÉE

● L'Organisation mondiale de la santé lance un programme d'action contre la violence, qu'elle considère comme un problème de santé publique. Première phase : l'établissement d'une classification internationale des actes de violence, qui permettrait de mieux évaluer l'importance du phénomène. On estime que la violence entraîne chaque année la mort de 3,5 millions de personnes. Elle augmente sensiblement depuis 1990.

## MALAISE DANS L'AVION

● 4,7 % des accidents d'avion mortels sont dus à un problème de santé du pilote, le plus souvent une crise cardiaque.



A. PASIEKA/SPL/COSMOS

## ENDOCRINOLOGIE

# Œstrogènes contre Alzheimer

Selon des chercheurs américains du centre médical Bayview (université Johns Hopkins, Baltimore, Maryland), les femmes qui suivent un traitement aux œstro-

gènes après la ménopause sont deux fois moins sujettes que les autres à la maladie d'Alzheimer.

L'action antioxydante et anti-inflammatoire des œstrogènes retarderait,

en effet, la dégénérescence des neurones. Les chercheurs de Baltimore sont parvenus à cette conclusion après avoir suivi 472 femmes pendant seize ans. P. R.

## TECHNOLOGIE

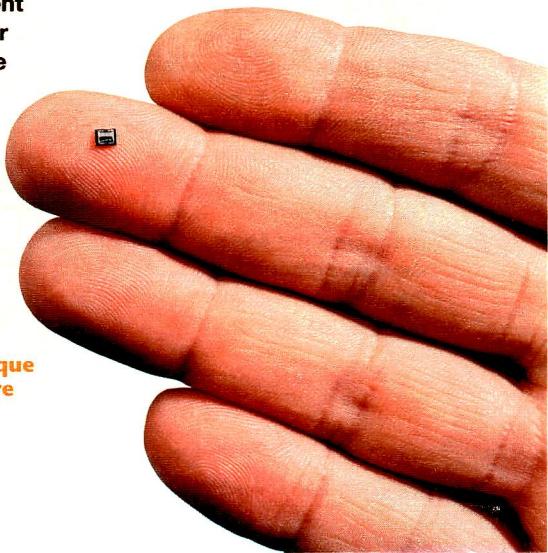
### DIAGNOSTIC À DISTANCE

Le ministère américain de l'Energie (Oak Ridge, Tennessee) vient de mettre au point une puce thermomètre électronique mesurant 2,3 mm<sup>2</sup>. Les données recueillies peuvent être transmises à un récepteur situé à plusieurs kilomètres de distance. D'autres puces mesurant, cette fois, la pression artérielle et le rythme cardiaque sont en cours de développement. D'abord destinées à un usage militaire – les soins d'urgence aux blessés –, ces

puces, que l'on porte au doigt ou à l'oreille, pourraient trouver des applications civiles, comme par exemple, le suivi médical d'une expédition polaire. P. R.

T. CERNIGLIONI/PHOTO

Ce thermomètre électronique miniature peut transmettre les données à distance.





NSI EUROPE BV

## DIAGNOSTIC

## Frottis infaillibles

De 7 % à 17 % des frottis vaginaux déclarés suspects sont en réalité parfaitement normaux. Pour éviter tout risque d'erreur, des ingénieurs de

la société Neuromedical Systems (New York) viennent de mettre au point un système électronique capable de détecter infaillablement dans un frottis

le système Papnet permet d'interpréter sans risque d'erreur les frottis vaginaux.

vaginal la moindre cellule anormale. Le système Papnet est à l'essai en Grande-Bretagne, sous l'égide du service national de la santé. P. R.

## PSYCHIATRIE

## DÉPRESSION ET MAGNÉTISME

Fin 1995, nous nous faisions l'écho (voir *Science & Vie* n° 937, p. 56) d'un nouveau traitement de la dépression par l'application sur le crâne d'impulsions électromagnétiques, à l'aide d'un stimulateur commercialisé par la société Magstim, de Whitland (pays de Galles). Mis au point aux Etats-Unis par Mark George, chercheur à l'université médicale de Caroline du Sud

Ce stimulateur électromagnétique peut-il traiter la dépression ?



(Charleston), ce traitement, appelé Transcranial Magnetic Stimulation (TMS), présente l'avantage sur les électrochocs de ne pas induire de convulsions ni de perte transitoire de mémoire. Après l'annonce, très médiatisée, de la guérison de deux patients américains, le traitement va enfin être l'objet, cette année, d'un essai à grande échelle, en Grande-Bretagne.

S'il est concluant, le TMS pourrait être adopté par les hôpitaux psychiatriques français. P. R.

## L'AIR LIQUIDE

En cas d'insuffisance respiratoire, les services d'urgence ventilent les poumons à l'aide d'un mélange gazeux à base d'oxygène. Mais il est parfois difficile d'obtenir un taux d'absorption satisfaisant dans des poumons endommagés sans délivrer une forte pression de ventilation et une forte concentration d'oxygène, qui peuvent être traumatisantes. On pourrait bientôt utiliser des liquides appelés perfluorocarbures. Ces composés liquides de carbone et de fluor, stables et sans odeur, ont la faculté de dissoudre de grandes quantités d'oxygène ou de gaz carbonique. Lorsque les poumons sont en partie remplis par ce liquide, les alvéoles fermées s'ouvrent en douceur. Une ventilation gazeuse sous faible pression permet de renouveler le taux d'oxygène dans le liquide. De plus, en faisant circuler le perfluorocarbure dans les poumons, on peut les nettoyer s'ils ont été attaqués par des matières toxiques. Les résultats des essais cliniques chez le nouveau-né, l'enfant et l'adulte sont encourageants.

● A collaboré à cette rubrique : Pierre Rossion.



Protégez  
vous  
du sida.  
Protégez  
les  
autres.

Dans une rencontre imprévue,  
pourquoi rajouter  
encore  
un peu plus d'imprévu ?

Pour en parler, Sida Info Service : 0 800 840 800 (24h / 24, anonyme, confidentiel et gratuit.)

CETTE CAMPAGNE DE PRÉVENTION ET D'INFORMATION EST RÉALISÉE À L'INITIATIVE DU ► MINISTÈRE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITÉ - SECRÉTARIAT D'ÉTAT À LA SANTÉ.

CFES

Centre Français  
d'Etude et de Service



# ECOLE Pauvres



■ Pourquoi nos enfants sont-ils nuls en sciences ? Parce que l'enseignement de ces disciplines souffre de graves lacunes. Claude Allègre, nouveau ministre de l'Education et scientifique de renommée internationale, veut tout révolutionner. Aura-t-il les moyens de ses ambitions ?

PAR MARIE-SOPHIE GERMAIN

**S**elon un sondage IFOP de 1987, 80 % des Français pensent que l'homme et la vache n'ont pas d'ancêtres communs... Au pays de Descartes, un siècle et demi après la publication de *l'Origine des espèces*, de Darwin, on n'admet pas que ces deux mammifères ont un lien de parenté. Manque d'intérêt ou médiocre qualité de l'enseignement scientifique ? Toujours est-il que nos collégiens sont nuls en sciences : com-

# sciences !



GAILLARD/ERRATIC



T. HALEY/SIPA PRESS

**Résolument réformiste, Claude Allègre n'hésite pas à choquer : il veut « dégraissier le mammouth » de l'administration centrale de l'Education nationale.**

parés aux élèves de 41 pays, ils se classent à la 28<sup>e</sup> place, loin derrière les enfants d'Asie (Chine, Japon, Singapour, Corée du Sud) et d'Europe de l'Est... (1).

L'année dernière, le ministère de l'Education nationale a effectué des tests pour mesurer le niveau des connaissances scientifiques des élèves de quatrième, de

cinquième et de terminale scientifique : les quatrième et les cinquième ont réussi en moyenne la moitié des exercices, tandis que les terminale S n'en réussissaient qu'un tiers. Et 50 % de ces derniers estiment que la réussite en sciences est plus affaire de travail personnel que de travail en cours... L'apprentissage scolaire

(1) Evaluation internationale conduite en février dernier, sous l'égide du ministère de l'Education nationale français.

serait-il à ce point insuffisant ?

Une fois de plus, la France va peut-être trouver la réponse aux Etats-Unis. Cette année, les élèves des écoles primaires de cinq départements (Yvelines, Loir-et-Cher, Loire-Atlantique, Rhône et Meurthe-et-Moselle) vont expérimenter une méthode d'enseignement importée de Chicago. C'est l'"opération Charpak", du nom du prix Nobel de physique 1992, Georges Charpak, promoteur en France de ce projet. De quoi s'agit-il ? De la mise en place des sciences expérimentales à l'école primaire.

Car, tout le monde (et particulièrement les scientifiques) en est d'accord, c'est dès les petites classes qu'il faut aborder le problème.

## UN MODÈLE VIEUX D'UN SIÈCLE

Ainsi, selon l'astrophysicien Evry Schatzman, de l'Académie des sciences, le modèle de sélection scolaire est vieux d'un siècle : sélection par l'origine sociale, puis par les résultats ; en fin de compte, seul un petit nombre de bacheliers réussissent à l'université. « Le système scolaire, dit Schatzman, ne semble s'intéresser qu'à ceux qui réussissent et rejette dans le néant ceux qui échouent. »

Le but d'un bon enseignement des sciences n'est pas de créer des générations de scientifiques. Toujours selon Evry Schatzman, il faut développer non pas la connaissance, mais l'esprit scientifique et l'esprit critique. Mais, pour y parvenir, c'est tout le système éducatif qu'il faut "révolutionner", à commencer par les programmes.

Aujourd'hui, un collégien étudie les sciences de trois à quatre heures par semaine. C'est à la fois trop et pas assez : trop de notions pour pas

assez d'heures de cours. «Les programmes sont trop volumineux», accuse Claude Allègre, ministre de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie. «Ils sont "en mille-feuilles": on a une couche, on en ajoute une autre.» Ils sont également inadaptés : il y a cinq ans, les élèves de seconde générale d'un lycée de la région parisienne consacraient toute leur année de cours de "sciences naturelles" à... la biomasse et au rendement en blé. «Très intéressant... pour les secondes agricoles ; une aberration, en fait», dit Michel Breuil, agrégé de sciences naturelles, attaché au Muséum national d'histoire naturelle de Paris (MNHN) et professeur de lycée. «De quoi dégoûter les élèves... et les enseignants!»

#### UNE BOUTEILLE DE COCA ET DU RUBAN ADHÉSIF

Paradoxalement, le désir d'adapter les programmes au goût du jour dessert leur cohérence. En proposant des chapitres d'actualité permanente, comme la génétique ou l'immunologie, les programmes font l'impasse sur des notions de base, d'où de graves lacunes.

De plus, l'Education nationale a supprimé les sciences physiques et la chimie en sixième et en cinquième, alors que c'est dans cette période que les enfants sont susceptibles de se passionner pour les sciences et qu'ils apprennent vite.

Autre sujet d'inquiétude : les nouvelles technologies. «La France est encore très en retard : le quinzième pays d'Europe», déplore Claude Allègre. Les établissements scolaires de notre pays disposent de trois fois moins d'ordinateurs que ceux de Grande-Bretagne : onze machines par établissement contre trente-quatre chez les Britanniques.

De même, 17 % seulement des foyers français sont équipés en informatique (plus de 50 % aux

Etats-Unis). Mais l'école est censée former les futures générations et doit familiariser les enfants avec les nouvelles technologies, pour qu'ils ne ratent pas leur entrée dans le XXI<sup>e</sup> siècle. L'ex-Premier ministre, Alain Juppé, avait bien annoncé de grandes mesures, et l'ancien ministre de l'Education, François Bayrou, la gratuité d'Internet dans toutes les écoles, mais on attend toujours! Aujourd'hui, l'Education nationale garantit pour l'an 2000 un poste informatique pour trente élèves dans le primaire, un pour quinze au collège, et un pour dix au lycée.

Tout récemment, Claude Allègre a annoncé la grande nouvelle : la mise en place de classes technologiques dans les lycées prestigieux. Le ministre souhaite ainsi promouvoir la culture technologique «de la maternelle aux grands organismes de recherche». Avec quelques idées supplémentaires : pourquoi ne pas montrer dans les établissements scolaires les expositions du Palais de la découverte de Paris, par exemple? Ou organiser dans les classes des journées spéciales à l'occasion du prochain

lancement d'Ariane 5? Pour apprendre et comprendre, «les enfants ont besoin de s'émerveiller, de voir ce qui se passe "pour de vrai"», conclut Claude Allègre.

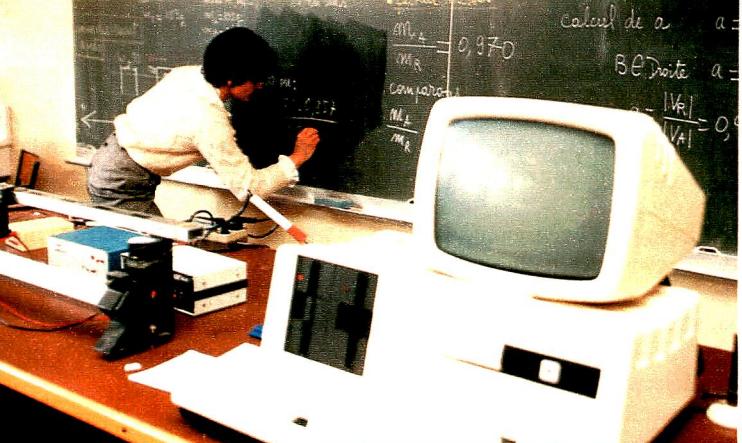
Nouveau regard de l'autre côté de l'Atlantique : dans le "ghetto" noir de Chicago, les écoliers s'initient à l'astronomie en traçant à la craie les avancées du Soleil dans la cour de récréation. En France, seuls les heureux élus de l'opération Charpak auront le privilège d'approcher ainsi la science.

Cette opération est le prolongement d'une "belle histoire". En 1992, une évaluation classe l'école publique de Chicago comme la plus mauvaise du continent américain... A Pasadena, dans la banlieue de Los Angeles, la situation est la même.



Qu'à cela ne tienne : guidés par Jerry Pine, un chercheur en biologie au California Institute of Technology, les professeurs et les parents d'élèves prennent eux-mêmes en charge l'éducation des bambins. Ils inventent une méthode d'enseignement scientifique pour les 7-12 ans, baptisée "hands on" ("la main à la pâte"). Méthode toute simple, qui ne coûte que quelques dizaines de dollars par élève et par an : un manuel spécial et un panier de fournitures.

Apprendre le nombre  $\pi$ ? Rien de plus facile. Une bouteille de Coca-Cola, du ruban adhésif, et le tour est



LESPINASSE/REA

joué. Les enfants mesurent le contour de la bouteille avec le ruban et savent désormais ce qu'on appelle circonférence. Ensuite, ils boivent le soda, coupent la bouteille en deux et mesurent cette fois le diamètre. Il effectuent la division et trouvent tous un résultat approximatif de 3,14, même avec des bouteilles de tailles différentes... Le pari est gagné.

«Quand ils rentrent chez eux, ces petits Américains en savent souvent plus que leur parents», dit Georges Charpak. Invité à Pasadena, il est aussitôt séduit par la méthode et décide de l'importer en France.

A l'école Charcot de Blois

(Loir-et-Cher), par exemple, des CE2 (8-9 ans) "découvrent" les liquides : par groupe de deux, ils manipulent des éprouvettes, des flacons d'eau, d'huile, de sirop, de vinaigre, des gobelets et une balance. Leur institutrice, Frédérique Blanchet, les guide dans leurs recherches. Au cours de l'année, ils étudieront le déplacement des poissons, la décomposition des feuilles, ils apprendront à construire une maquette de manège, à réparer une lampe de poche...

### REVENIR AUX BONNES VIEILLES "LEÇONS DE CHOSES"

«Tout enseignement doit partir du concret et aboutir au concret» affirme Maurice Allais, prix Nobel d'économie en 1988. Selon lui, l'abus des mathématiques pervertit le développement de la science :



**Selon Maurice Allais, prix Nobel d'économie 1988, l'abus des mathématiques pervertit le développement de la science. « Les enfants ont besoin de s'émerveiller, de voir ce qui se passe "pour de vrai" », ajoute le ministre Claude Allègre.**

D. CORDIER/SUNSET

on doit utiliser cet outil, qui forme à la réflexion, pour des applications concrètes.

En biologie, par exemple, il faudrait revenir au naturalisme des "sciences naturelles", aux bonnes vieilles "leçons de choses" qui en apprennent bien plus que la biologie moléculaire. «Nous sommes à l'ère de la "générisation" des sciences», s'écrie Pascal Deynat, un ichtyologue (spécialiste des poissons) du MNHN. Cette année, le programme prévoit que les collégiens apprennent à établir des caryotypes (2). Mais ils ignorent le fonctionnement de leur propre corps, ce qu'ils peuvent trouver dans leur jardin, ou pourquoi il ne faut pas toucher un oisillon dans son nid... On leur enseigne la "fonction" – l'hibernation, par exemple – avant de leur apprendre la "structure" – la marmotte –, c'est-à-dire ce qu'est un mammifère et ce qui le différencie des autres vertébrés.

## « CHAUFFEURS DE TAXI »

A l'inverse, Françoise Serre-Collet, du MNHN, vient de fonder un club d'herpétologie pour les juniors, afin de leur apprendre à pister les amphibiens et les reptiles (3). Sorties sur le terrain de jour et de nuit, constatations, dessins... A une modeste échelle, elle tente de restaurer une notion qui fait cruellement défaut à l'éducation scientifique : l'observation. « Les biologistes ont un complexe d'infériorité face aux chimistes ou aux physiciens, explique Michel Breuil, parce que la biologie est considérée comme une science des-

(2) Caryotype : arrangement caractéristique des chromosomes d'une cellule.

(3) Société herpétologique de France Junior, 35, rue Edouard-Vaillant, 94140 Alfortville. Tél. : 01 40 79 37 98.

criptive.» Là se trouve pourtant la magie de la science! «L'aspect fortuit de la découverte», comme le dit le philosophe Jean-Pierre Séris dans son excellent ouvrage *la Technique* (PUF, 1994).

Car, en plongeant les yeux et les mains dans la science, les enfants ap-

ainsi que la science avance.

« Le scientifique qui veut comprendre le monde qui l'entoure et agir sur lui a besoin d'outils, écrit Evry Schatzman, d'outils intellectuels et matériels. Si ces outils n'existent pas, il doit les inventer. » Quand l'enfant est trop jeune pour les inventer tout seul, les enseignants, dont c'est le métier, doivent le guider. Mais, parfois, la compétence exigée par les programmes outrepasse leur formation...

La situation générale n'est pas rassurante. « La préparation d'une thèse scientifique ne mène qu'à la recherche... d'un emploi ! » dit Pascal Deynat. Alors à quoi servent les jeunes docteurs désireux de communiquer leur passion ? Ils finissent « chauffeurs de taxi ou caissières », comme l'a lancé, provocateur, Claude Allègre.

Les autres, les 58000 enseignants scientifiques, sont souvent dépassés par les événements. Ces dix dernières années, les programmes ont évolué à une allure folle. Mais beaucoup d'enseignants n'ont pas suivi.... Ils se sont retrouvés face à de nouveaux chapitres, pour lesquels ils n'ont pas été formés. «L'Education Nationale devrait organiser des sessions de recyclage pour les professeurs», propose Michel Breuil.

De son côté, Claude Allègre suggère que la France prenne exemple sur le Japon et organise des concours de projets en matière de formation continue. « Pourquoi un enseignant, y compris du secondaire, ne passerait-il pas une année “sabbatique” en laboratoire ? Pourquoi ne pas employer la réduction du temps de travail pour la formation continue ? »

L'Education nationale aura-t-elle les moyens des ambitions de Claude Allègre ? ■



prennent à se tromper, et c'est capital. « Les enfants de Pasadena ont mesuré  $\pi$  plusieurs fois, et se sont rendu compte qu'ils ne trouvaient pas toujours le même résultat, explique Georges Charpak. Ils ont ainsi appris l'essentiel : que la science n'est pas exacte, et que même les scientifiques peuvent se tromper.»

Comme l'explique Maurice Al-lais, plus nous nous trompons, plus nous devons accepter des opinions différentes des nôtres. Et c'est



# Une vie extraterrestre tout près de nous ?

■ Une nouvelle discipline progresse à pas de géant : l'exobiologie. Elle a bénéficié ces deux dernières années de découvertes cruciales. Les prochaines missions d'exploration du système solaire apporteront-elles enfin la preuve irréfutable de la vie extraterrestre ?

PAR FRANÇOIS RAULIN,  
PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ PARIS XII



**D**epuis plusieurs années, la vie se déplace... du moins dans l'esprit des chercheurs. Dans leur quête d'une vie "ailleurs", ceux-ci ont créé un nouveau mot, l'exobiologie. Il ne désigne pas seulement la recherche de la vie extraterrestre, mais, de façon générale, l'étude de la vie et plus précisément de ses origines, de son évolution, de sa distribution et des processus et structures qui y sont associés. Ces deux dernières années ont été très riches en nouvelles à sensation, rebondissements et découvertes réelles. Et, si nous n'avons toujours pas la preuve irréfutable d'une vie ailleurs, les indices, dans notre propre système solaire, sont de plus en plus nombreux.

Il y a quelques mois, la dernière nouvelle en provenance d'Europe, l'un des plus importants satellites de la planète géante Jupiter, a fait grand bruit. La NASA annonçait, en effet, y avoir découvert des icebergs. Depuis la rencontre de la sonde *Voyager 1* avec Jupiter, en 1979, les données relatives à Europe ont permis de construire des modèles de struc-

ture interne de ce satellite de glace. L'un des plus plausibles suppose que, sous une couche de glace d'eau de quelques kilomètres d'épaisseur, dont la partie supérieure constitue la surface du satellite, se trouve un océan d'eau liquide de plusieurs kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres d'épaisseur, recouvrant lui-même un large noyau de silicates déshydratés.

#### **SOUS LES ICEBERGS, UNE MER FERTILE ?**

Europe a alors retenu toute l'attention des exobiologistes : rares sont les lieux du système solaire où l'on pourrait trouver de l'eau liquide. La présence éventuelle de ce solvant indispensable à la vie conduit aux questions suivantes : peut-il y avoir une vie sur Europe ? Si oui, comment la mettre en évidence ?

Des éléments de réponse sont fournis par la vie sous-marine développée dans les fonds abyssaux, où la lumière ne peut pénétrer et où la photosynthèse biologique est remplacée par la ■ ■ ■

## **Le sous-marin et les extraterrestres**

La NASA songe déjà à l'exploration des océans hypothétiques d'Europe.

Le *Cryobot* fait fondre la croûte de glace de ce satellite de Jupiter, et libère dans l'eau le sous-marin *Hydrobot*, équipé pour y rechercher la vie.

chimiosynthèse, grâce aux gaz émis par les sources chaudes et à la présence de sulfures minéraux. Si les supposés océans d'Europe possèdent eux aussi des geysers actifs, il est raisonnable d'envisager qu'une chimie prébiotique a pu se mettre en place dans ces événements marins et entraîner l'apparition de systèmes vivants qui ont pu ensuite se développer dans ce même environnement. Encore faut-il que ces océans, dont l'éventualité ne repose que sur un modèle théorique, existent réellement.

Ainsi, le 10 avril dernier, la NASA diffuse sur Internet une image fascinante : une photographie de la surface d'Europe prise le 20 février à une distance d'à peine 580 km par la sonde Galileo (devenue satellite artificiel de Jupiter depuis décembre 1995). Cette image montre clairement de gros icebergs sur une surface de plaques d'eau glacée – vision semblable à celle des mers polaires terrestres gelées. Cela suggère fortement que la surface d'Europe est faite d'une mince couche de glace d'eau, recouvrant un réservoir d'eau liquide ou de neige fondante. Non seulement la probabilité de rencontrer des océans sur Europe s'en trouve renforcée, mais aussi celle d'y découvrir un volcanisme sous-marin (voir schéma ci-contre).

### UN TÉMOIGNAGE TOMBE DU CIEL

Y a-t-il de la vie dans ces océans qui sont de moins en moins hypothétiques ? De futures missions sont à l'étude, mais il faudra certainement attendre les années 2000 pour que les projets se concrétisent.

En attendant, les astronomes peuvent, depuis août 1996, étudier

la vie extraterrestre... sur Terre. En effet, l'année dernière, la NASA a annoncé la découverte de traces d'une vie primitive martienne, éteinte, dans une météorite (voir *Science & Vie* n° 948, p. 46). Plusieurs groupes de scientifiques américains ont travaillé en étroite collaboration, pendant près de

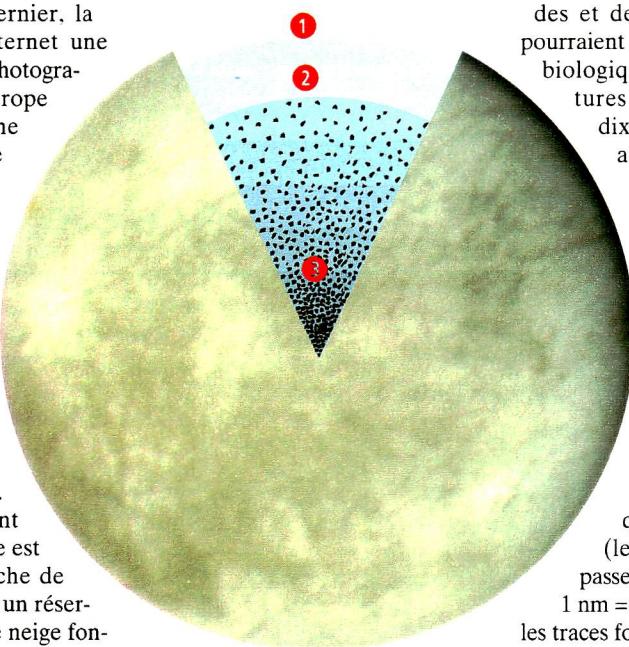
David McKay, ont donc étudié les composants de la météorite ALH84001 (trouvée en Antarctique en 1984 sur le site d'Allan Hills). Ils ont ainsi mis en évidence plusieurs indices troublants, en particulier la présence dans des interstices de larges bandes de dépôts de carbonates, dont le carbone a une composition isotopique indiquant une origine martienne. Au voisinage de ces "globules de carbonates", ils ont noté la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ainsi que d'oxydes et de sulfures de fer, qui pourraient provenir d'une activité biologique ; et celle de structures longues de quelques dixièmes de micromètre au maximum, dont la forme est semblable à celle des cyanobactéries terrestres (mais dont les dimensions sont environ cent fois inférieures).

Pour David McKay et ses collègues, l'interprétation la plus simple de ce faisceau d'observations est biologique. Les nanostructures (leurs dimensions ne dépassent pas 200 nanomètres ; 1 nm =  $10^{-9}$  m) observées sont les traces fossiles de bactéries martiennes, organismes primitifs analogues aux micro-organismes terrestres, même s'ils sont bien plus petits. La présence de grains de magnétite (oxyde de fer) et de pyrite (sulfure de fer) est due à une minéralisation biologique. Les HAP auraient été synthétisés par les nanobactéries martiennes, ce qui expliquerait leur présence dans une météorite non carbonée.

Les auteurs proposent le scénario suivant : il y a 3,6 milliards d'années, les nanobactéries martiennes pénètrent dans les interstices de cette roche, qui baigne dans l'eau,

## Les entrailles d'Europe

**Selon le modèle le plus plausible, une "fine" croûte de glace ① recouvre un océan ② pouvant atteindre 100 km de profondeur. Le noyau du satellite ③ est constitué de silicates déshydratés.**



deux ans, pour examiner dans les moindres détails – et dans le plus grand secret – l'une des rares météorites dites SNC. Ces météorites (on en connaît une douzaine seulement) présentent une composition et une structure indiquant qu'elles proviennent de la planète rouge.

A l'aide de techniques de pointe (microscopie électronique à haute performance, microanalyse chimique, utilisation de salles blanches permettant d'éviter toute contamination), les chercheurs, sous la houlette du géologue de la NASA

alors abondante à la surface de Mars. Au cours des milliards d'années qui suivent, la planète perd cette eau liquide et la majeure partie de son atmosphère, qui devait être beaucoup plus dense qu'elle ne l'est aujourd'hui (la pression actuelle à la surface de Mars est environ 1/130 de la pression à la surface de notre planète).

Les conditions sont devenues hostiles à la vie, qui a dû progressivement disparaître de la planète rouge. Les micro-organismes de la roche martienne sont morts, mais il y est demeuré leur trace fossiliée. Il y a 16 millions d'années, un objet "extramartien" est venu s'écraser à la surface de Mars, projetant une météorite dans l'espace interplanétaire. Elle y restera jusqu'au moment où, il y a environ 13000 ans, capturée par l'attraction terrestre, elle traverse notre atmosphère et se retrouve placée au "réfrigérateur", à la surface de l'Antarctique.

#### THÉORIE SÉDUISANTE MAIS PEU CONVAINCANTE

Cette interprétation va être largement contestée au cours des mois qui suivent la publication de la découverte. En particulier, l'histoire thermique de la roche, et plus précisément celle des globules de carbonate, n'est pas claire : d'après la composition isotopique des carbonates, il semblerait qu'ils se soient formés à haute température (plus de 500 °C), ce qui est tout à fait incompatible avec une origine biologique. Les HAP ne fournissent pas non plus un indice convaincant : on les trouve dans beaucoup de météorites et l'hypothèse d'une origine biologique martienne n'est pas

indispensable pour expliquer leur présence. Enfin, la détection de nanostructures d'origine biologique est également mise en doute : il pourrait s'agir d'un artefact de préparation de l'échantillon !

En quelques mois, nous sommes donc passés d'une quasi-certitude à une hypothèse peu probable. Mars demeure pourtant le meilleur "candidat" du système solaire pour la recherche de la vie extraterrestre. Il ne fait pas de doute que l'eau liquide était largement présente à sa surface il y a 3,6 milliards d'années, ce qui implique une atmosphère dense et des conditions compatibles avec la vie, au moment même où les systèmes vivants commençaient à envahir la Terre.

Comme la Terre et Mars se ressemblaient alors largement, on peut supposer que la chimie prébiotique qui a permis l'apparition de la vie sur notre planète a suivi le même chemin sur Mars. Nous pensions en détenir enfin la preuve en août 1996.

Il semble que ce ne soit plus le cas.

Toutefois, l'étude de la météorite ALH84001 aura certainement d'importantes conséquences en exobiologie : la découverte des HAP – si leur origine martienne est confirmée –, démontre la présence de composés carbonés complexes à la surface de la planète rouge, en dépit de l'irradiation qu'elle subit actuellement. (La mission *Viking*

## Mars et la Terre, une jeunesse semblable, deux destinées

n'avait pas réussi à détecter le moindre composé.) L'étude montre aussi la nécessité d'examiner en détail les autres météorites martiennes dont nous disposons.

Très prochainement, nous devrions en savoir davantage, grâce ■■■



### Un chaos de glaces dérivantes

Le satellite Europe, photographié par Galileo à seulement 580 km de distance, présente en surface de véritables icebergs qui ont dérivé sur une surface fluide : un indice fort de la présence d'un océan en sub-surface.

■■■ aux nombreuses missions d'exploration martienne déjà en route ou simplement programmées. La sonde *Mars Global Surveyor*, lancée

## Années 2000, l'odyssée martienne...

en novembre 1996, devrait se mettre en orbite le mois prochain, et permettre de cartographier la surface de la planète. *Mars Pathfinder*, lancée un mois plus tard, a comme on le sait atteint Mars le 4 juillet dernier. La station fixe a été déployée, et le petit véhicule robot a prélevé en divers en-

## Quand l'eau sculpte la roche

Cette image de la surface de Mars envoyée par *Mars Pathfinder* montre des roches obliques, qui ont été érodées dans la même direction : une preuve que l'eau a coulé en abondance sur la planète rouge.

## Artefact ou bacille ?

En observant un échantillon de la météorite ALH84001 au microscope électronique à balayage à haute résolution, on a découvert des structures ovoïdes, mesurant au plus 200 nanomètres de longueur. S'agit-il de traces fossiles de micro-organismes martiens ?

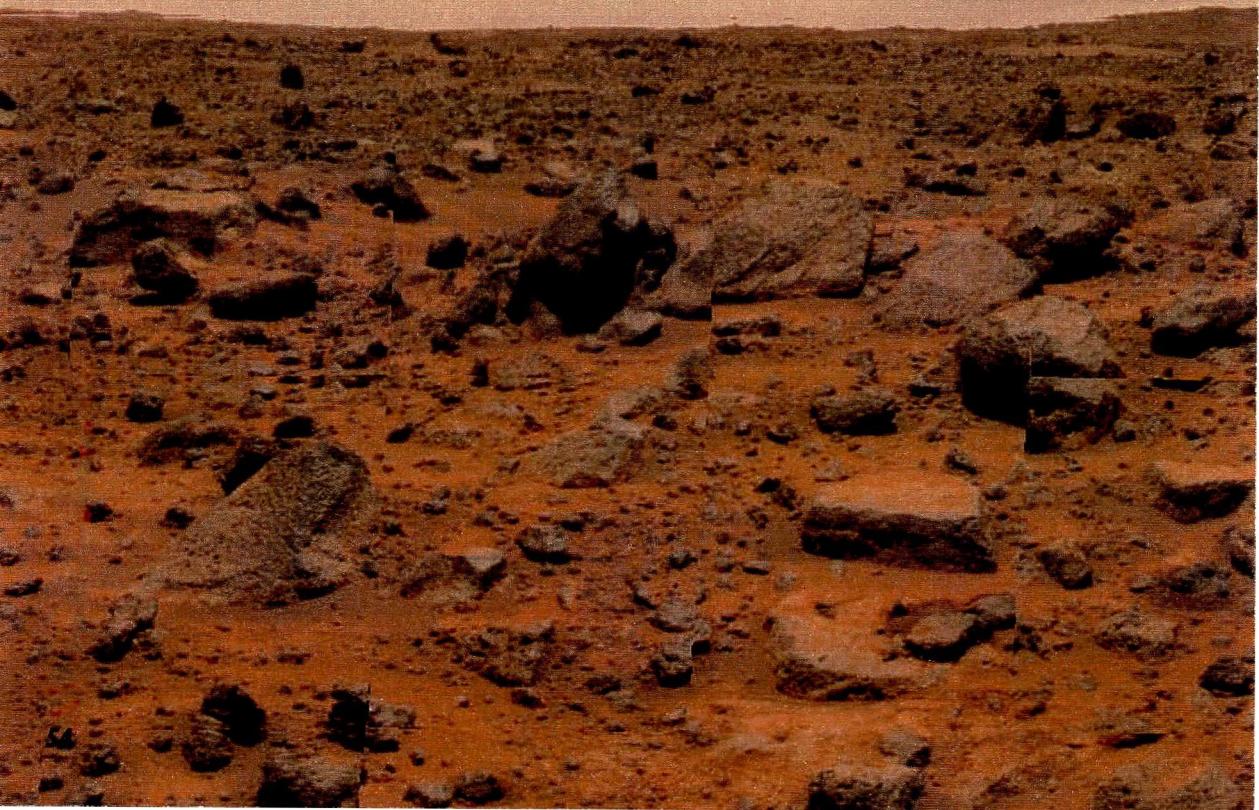


droits des échantillons du sol martien pour déterminer sa composition chimique. Cependant, ces missions, qui devraient permettre de mieux connaître le passé géologique de la planète, ne sont pas conçues pour mettre en évidence une activité biologique, présente ou passée, dans l'environnement martien ni même pour rechercher la présence de composés organiques.

Il en ira de même des missions japonaise *Planet-B* et américaine *Mars Surveyor Program 1998*, prévues pour l'année prochaine. En

revanche, le début du XX<sup>e</sup> siècle devrait être fructueux pour l'exobiologie martienne. Plusieurs missions sont d'ores et déjà prévues ou étudiées par la NASA et par l'ESA (Agence spatiale européenne), dans le but de procéder à l'analyse fine, y compris moléculaire et biologique, du sol martien, soit *in situ*, soit sur des échantillons rapportés sur la Terre.

Les exobiologistes attendent aussi beaucoup de l'étude de Titan, un satellite de Saturne – même si la présence de vie y est exclue. En



effet, après sa rencontre avec Jupiter, la sonde *Voyager 1* est entrée en 1980 dans le système de la planète aux anneaux et nous a fait découvrir son principal satellite, qui est devenu depuis un objet d'étude privilégié de l'exobiologie.

Plus grand satellite de Saturne et deuxième du système solaire par la taille (après Ganymède, satellite de Jupiter), Titan est surtout le seul à posséder une atmosphère dense. Les données recueillies par *Voyager* mettent clairement en évidence la présence d'une atmosphère plus de quatre fois plus dense que celle de la Terre (la pression à la surface est de 1,5 bar et la température de -180 °C), composée principalement d'azote, avec une fraction notable de méthane.

D'après les modèles de laboratoire, il s'agit d'une des compositions les plus favorables à la synthèse de composés prébiotiques. Or, les observations de *Voyager* font aussi apparaître la présence de nombreux

## Sommets blancs

**Les deux pôles de Mars sont recouverts de calottes faites de neige carbonique et de glace d'eau. La plus importante est celle du pôle Nord (ci-dessous).**



composés organiques : hydrocarbures et composés organo-azotés – acide cyanhydrique (HCN), cyanogène (C<sub>2</sub>N<sub>2</sub>) et cyanoacétylène (HC<sub>3</sub>N) trois composés jouant un rôle important dans la chimie prébiotique.

## Planète rouge

**La mission *Viking* n'a pas pu mettre en évidence la vie sur Mars, qui reste cependant un site privilégié pour la recherche de vie extraterrestre, du moins éteinte.**

Ainsi, Titan est le siège d'une chimie organique complexe, non seulement dans la phase gazeuse, mais aussi dans celle, solide, des

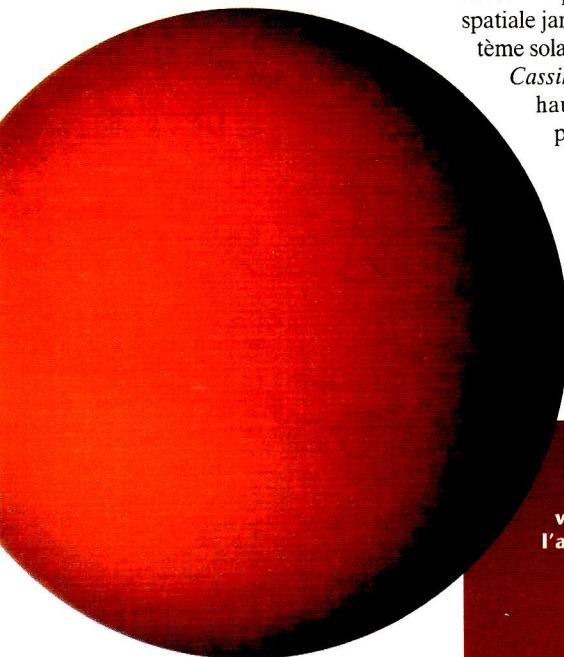


## Arpenteur martien

**Le vaisseau *Mars Global Surveyor*, lancé le 6 novembre 1996, doit atteindre Mars le 10 septembre. Il se mettra en orbite autour de la planète et effectuera un premier relevé topographique.**



■ ■ ■ aérosols présents au sein de son atmosphère et qui masquent d'ailleurs sa surface. Depuis 4,5 milliards d'années, cette chimie met en jeu des couplages physiques entre les trois principaux éléments de ce qu'on peut appeler le "géofluide" de Titan : gaz, aérosols et masses liquides – supposées – à la surface ou en subsurface. Mais ce liquide n'est pas de l'eau ; les basses températures de l'environnement de Titan sont incompatibles avec l'eau liquide. Les modèles laissent plutôt supposer la



présence de lacs ou de petites mers de méthane et d'éthane liquides à la surface ou au-dessous.

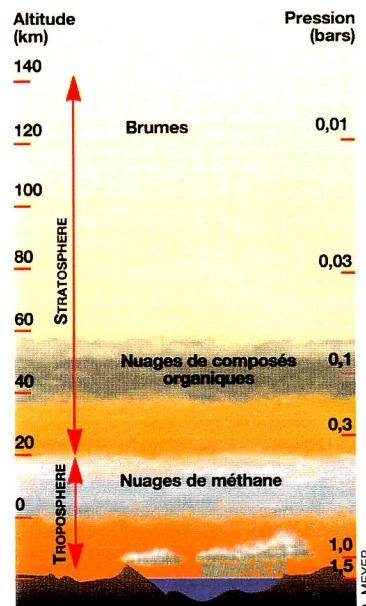
Il semble alors exclu que la vie ait pu se développer sur Titan. Le satellite de Saturne est cependant l'un des objets les plus intéressants du système solaire pour l'exobiologie : par ses nombreuses analogies avec notre planète, par sa chimie organique complexe, c'est un véritable réacteur de chimie pré-biotique à l'échelle planétaire.

Depuis le survol de Titan par les sondes *Voyager* en 1980 et 1981, d'autres observations ont été faites, à

partir du sol ou d'observatoires en orbite (*Hubble*, *ISO*), ainsi que sur les modèles expérimentaux et théoriques élaborés en laboratoire. Toutefois, beaucoup de questions, telles que la réelle nature chimique des aérosols et la complexité de la chimie organique dans la troposphère et à la surface de Titan, ne seront résolues qu'en y allant voir de très près. C'est précisément l'un des objectifs majeurs de la mission *Cassini-Huygens*, qui doit partir en octobre prochain.

Pour cette mission, la NASA va lancer la plus gigantesque sonde spatiale jamais envoyée dans le système solaire extérieur. Le vaisseau

*Cassini* – près de 7 mètres de hauteur, une masse totale proche des 6 tonnes, une antenne de 4 mètres – sera arraché à l'attraction terrestre par les 1000 tonnes d'une fusée *Titan IVB*. *Cassini* transportera douze instruments scientifiques et une son-



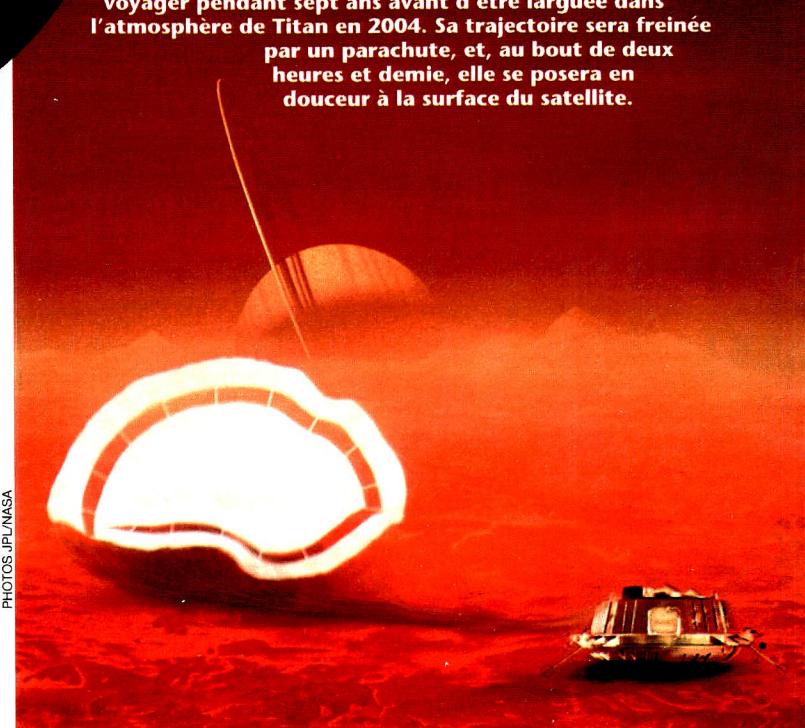
A. MEYER

## L'atmosphère de Titan

**Titan possède une atmosphère qui rappelle celle de la Terre par sa structure thermique – la répartition des températures selon l'altitude. Il y existe une troposphère et une stratosphère.**

## Atterrissage en douceur

**Accrochée au vaisseau *Cassini*, la sonde *Huygens* va voyager pendant sept ans avant d'être larguée dans l'atmosphère de Titan en 2004. Sa trajectoire sera freinée par un parachute, et, au bout de deux heures et demie, elle se posera en douceur à la surface du satellite.**



PHOTOS JPL/NASA

de atmosphérique européenne, *Huygens*, elle-même porteuse de six expériences scientifiques.

Après un voyage de sept ans, passant par Vénus, par la Terre, puis par Jupiter – pour utiliser l'assistance gravitationnelle de ces planètes –, *Cassini* atteindra le système de Saturne en 2004. Pendant quatre ans, il y deviendra un satellite artificiel de la planète ; ses instruments lui permettront de l'observer, ainsi que ses satellites.

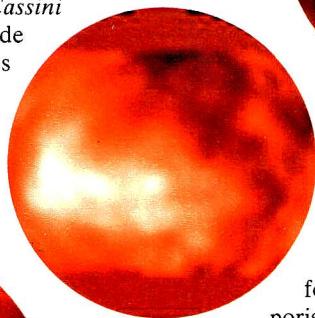
Lors de sa première orbite autour de Saturne, *Cassini* larguera la sonde *Huygens*. Quelques semaines plus tard, *Huygens* pénétrera dans l'atmosphère de Titan. Après un freinage efficace,

grâce à un premier parachute, et avec la protection d'un bouclier thermique (largué vers 170 km d'altitude), la sonde, retenue par son parachute principal, effectuera des analyses systématiques pendant les deux heures et demie de descente. Après le contact avec la surface, si la sonde survit, ce qui est très probable, plusieurs des instruments poursuivront leurs observations pendant quelques minutes, donnant de précieuses informations sur la surface.

L'instrument américain GC-MS (conçu sous la direction de Hasso Niemann, du centre Goddard de la NASA, avec plusieurs collaborateurs français) et le français ACP (mis au point sous la direction de Guy Israël, du service d'aéronomie du CNRS) joueront un rôle important. GC-MS est un chromatogra-

## A visage découvert

**La surface de Titan, masquée par des brouillards et des brumes, se dévoile si on l'observe dans le proche infrarouge. En opérant dans ce domaine, le télescope spatial *Hubble* a pu saisir des images montrant l'absence d'un océan global et la variété des reliefs.**



Rosetta l'a été beaucoup moins. Or, elle fournira sans doute les informations les plus précieuses sur la composition chimique du noyau cométaire, notamment sur la nature des matériaux organiques complexes qui y sont vraisemblablement présents.

## Titan, une usine chimique à l'échelle du système solaire

phe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse. ACP est un collecteur d'aérosols équipé d'un four, destiné à les vaporiser à diverses températures. ACP utilise GC-MS comme instrument d'analyse. Ils devraient fournir des informations cruciales sur la composition moléculaire des gaz et des aérosols de Titan, donc sur la complexité atteinte par la chimie organique de ce satellite.

### À LA RENCONTRE DES COMÈTES

Les derniers candidats à la possession de molécules prébiotiques sont les vagabondes du système solaire – les comètes. La richesse supposée en matière organique de leur noyau et le rôle qu'elle ont pu jouer dans la chimie prébiotique de la Terre en font des objets d'étude privilégiés pour l'exobiologie. Par ailleurs, la collision spectaculaire, en 1994, de la comète P/Schoemaker-Levy 9 avec Jupiter, puis la découverte, en 1995, de Hale-Bopp, dont les pérégrinations dans le ciel de 1997 resteront un souvenir remarquable (voir *Science & Vie* n° 957, p. 90), et celle de Hyakutake, en 1996, ont été largement décrites par les médias. L'évolution de la mission cométaire

Pour cette mission de l'ESA, un vaisseau ira à la rencontre de la comète Wirtanen, la suivra pendant plusieurs années et larguera un module robotisé à la surface de son noyau. Le lancement est prévu pour 2003, l'arrivée au voisinage de la comète pour... 2011 et le largage du module pour 2013. D'ici là, on aura peut-être trouvé les premiers indices de vie extraterrestre sur l'une des planètes (ou l'un des satellites) du système solaire. ■

François Raulin a été l'un des principaux conférenciers du Festival d'astronomie de Haute-Maurienne-Vanoise qui s'est déroulé en août à Lanslebourg-Mont-Cenis. Tous les ans, au mois d'août, ce festival ouvert à tous les publics réunit pendant une semaine les plus grands astronomes professionnels pour des séminaires, des conférences et des séances d'observation. Rens. : 04 79 05 91 57.

# Le prion garde son terrible secret

■ La nature de l'agent responsable des encéphalopathies spongiformes reste mystérieuse.

Est-ce un prion ou une autre entité ?

Les scientifiques sont divisés. Heureusement, la controverse fait avancer la connaissance de ces effrayantes maladies.

PAR GÉRALDINE MAGNAN

# Peur sans frontière

**L'“affaire de la vache folle” n'inquiète pas uniquement l'Europe. Aux Etats-Unis, les médias accordent une large place aux dernières études publiées.**

# 'Mad Cow' Menace

## Transmission Between Species Is Said to Raise Strain's Virulence

By Denise Grady  
New York Times Service

**A**vril 1996 : un vent de panique souffle sur la communauté européenne. Les acteurs du monde de la santé, de l'élevage et de l'alimentation, ainsi que les milieux politique, économique, et médiatique s'affolent. La revue médicale britannique *The Lancet* vient d'annoncer l'existence d'un lien hypothétique entre l'épidémie d'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB), qui sévit principalement en Grande-Bretagne, et une nouvelle forme de la maladie de Creutzfeldt-Jakob (MCJ). Autrement dit, il suffirait de manger un steak de vache folle pour sombrer dans une démence à l'issue fatale ! Si l'hypothèse se révélait exacte, le tohu-bohu serait justifié (voir *Science & Vie* n° 944, p. 98, et n° 954, p. 19).

**DÉJÀ 170 000 VACHES  
FOLLES EN EUROPE**

Dix-sept mois plus tard, les recherches continuent, les résultats s'accumulent... Mais les scientifiques n'ont toujours pas percé le secret de ces maladies neurodégénératives que sont les encéphalopathies spongiformes transmissibles. Ces diverses affections, d'origine génétique et infectieuse, touchent aussi bien les hommes que les animaux, dont le cerveau se crible alors de trous et se met à ressembler

à une éponge. Mais, quel que soit le type de maladie, les cas sont rares. Sauf chez les ovins – où la tremblante du mouton fut décrite dès le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle – et chez les bovins, qui “officiellement” sont frappés par l’ESB depuis 1986. Actuellement, la maladie s’est déclarée chez 170 000 vaches environ, après qu’elles ont ingéré des farines animales contenant des carcasses de moutons malades. Dix-neuf personnes sont mortes en Grande-Bretagne et une en France des suites de la nouvelle variante de la MCJ. L’agent responsable n’est toujours pas clairement identifié.

En 1982, Stanley Prusiner, professeur de neurologie et de biochimie à l'université de Californie (San Francisco), isolait une fraction infectieuse à partir d'un cerveau de hamster atteint de tremblante. Celle-ci ne contenait ni champignon, ni bactérie, ni virus, mais seulement une protéine. Ainsi va naître l'hypothèse du prion, particule protéique infectieuse.

« Hérésie ! » s'exclame la majorité de la communauté scientifique, pour laquelle il est impossible qu'une protéine isolée, dépourvue

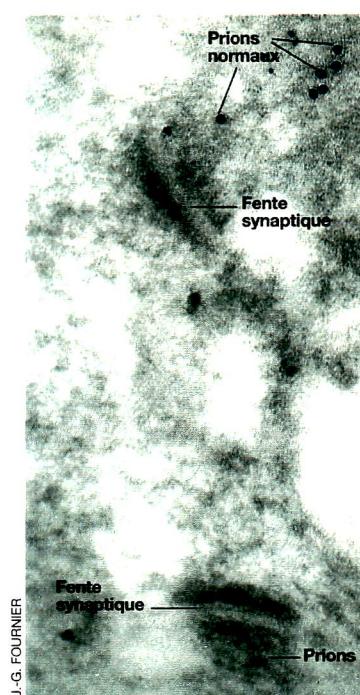
## Discrete signature

**"Signature" de la nouvelle variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob : la formation d'une plaque dite amyloïde dans le cerveau, observée au microscope électronique (amas rose). Elle révèle une accumulation de prions.**

■ ■ ■ d'acide nucléique (ADN ou ARN, support du patrimoine génétique), soit un vecteur d'information. Mais le chercheur américain continue dans cette voie. Trois ans plus tard, son équipe s'aperçoit avec stupéfaction que le prion est un constituant normal de la quasi-totalité de nos cellules.

Chez l'homme, c'est le chromosome 20 qui porte le gène codant pour la protéine du prion. De lui dépend la structure primaire de la molécule, c'est-à-dire l'enchaînement des acides aminés, constituants élémentaires d'une protéine. Or, la structure primaire de la protéine normale du prion (appelée  $\text{PrP}_C$  : protéine du prion cellulaire) est identique à celle de la protéine identifiée dans les cerveaux malades (nommée  $\text{PrP}_{Sc}$  : protéine du prion de *scrapie* – tremblante en anglais). Il semble donc peu probable que le prion soit l'agent des encéphalopathies.

Cependant, Stanley Prusiner s'entête. Il montre que la différence entre la  $\text{PrP}_C$  et la  $\text{PrP}_{Sc}$  réside dans



leur structure tridimensionnelle, c'est-à-dire dans leur conformation spatiale. Pour un même enchaînement d'acides aminés, il existerait

## Un rôle dans le signal nerveux

Dans le cerveau, on observe la présence de prions normaux à proximité des fentes synaptiques (entre deux neurones). Les prions joueraient un rôle dans la transmission nerveuse.

une forme normale et une forme pathologique. Le scientifique défie ainsi un autre dogme de la biologie, selon lequel la structure tridimensionnelle d'une protéine dépend de sa structure primaire.

## LE MYSTÉRIEUX "FACTEUR X"

Aujourd'hui, les modèles construits par l'équipe californienne sont en partie validés. Pour la forme normale du prion, la chaîne d'acides aminés s'enroule jusqu'à former plusieurs hélices  $\alpha$ , alors que la forme pathologique contiendrait également des feuillets  $\beta$ , sortes de tôles ondulées réfractaires aux ciseaux des enzymes cellulaires qui dégradent normalement les protéines (voir schéma ci-contre). Aussi la forme pathologique s'accumule-t-elle dans les

## Comment les neurones éclatent

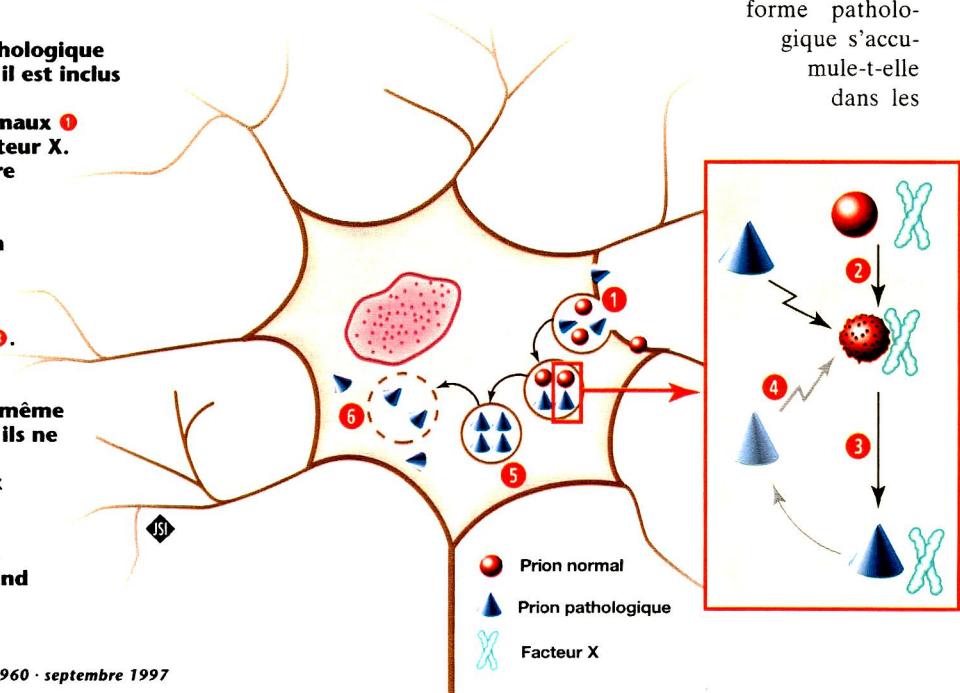
Quand un prion pathologique atteint un neurone, il est inclus dans une "vésicule"

avec des prions normaux ① et le mystérieux facteur X.

Ce dernier partenaire aide le prion pathologique à transformer le prion normal en prion intermédiaire ②, qui devient à son tour pathologique ③.

Il peut alors déclencher une nouvelle fois la même réaction ④. Comme ils ne sont pas dégradés, les prions anormaux s'accumulent ⑤.

Trop pleine, la vésicule éclate ⑥. Son contenu se répand dans le neurone qui éclatera à son tour.



# Le prion fait de la résistance

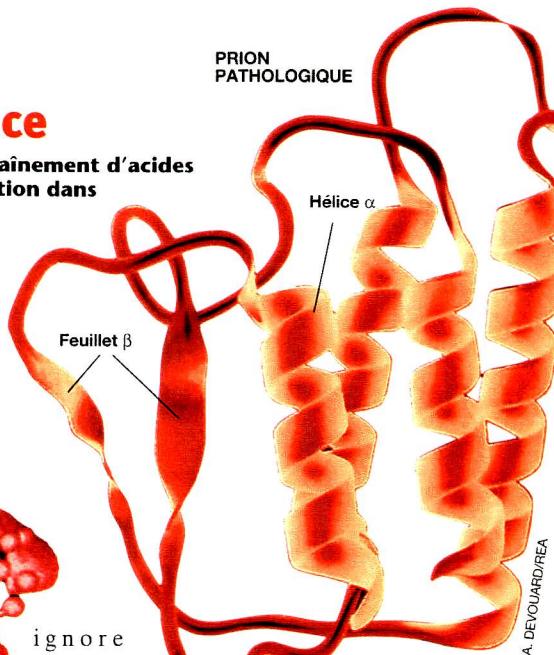
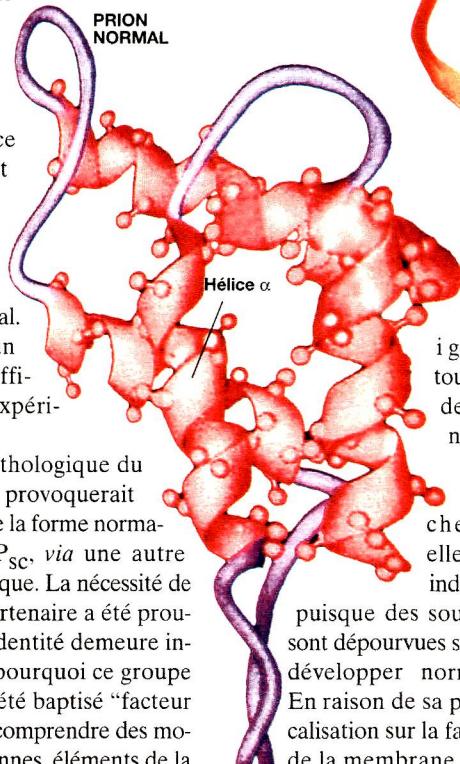
Les prions pathologiques présentent le même enchaînement d'acides aminés que les prions normaux, mais leur organisation dans l'espace est différente. Outre les hélices  $\alpha$ , le prion pathologique possède des feuillets  $\beta$  qui lui confèrent une résistance particulière.

Voilà pourquoi il n'est pas dégradé.

cellules du cerveau, que ce trop-plein finit par faire éclater. L'équipe américaine semble tenir le coupable idéal. Elle propose un schéma qui s'affine au fil des expérimentations.

La forme pathologique du prion –  $\text{PrP}_{\text{Sc}}$  – provoquerait la conversion de la forme normale  $\text{PrP}_{\text{C}}$  en  $\text{PrP}_{\text{Sc}}$ , via une autre structure protéique. La nécessité de ce troisième partenaire a été prouvée, mais son identité demeure inconnue. C'est pourquoi ce groupe de protéines a été baptisé "facteur X". Il pourrait comprendre des molécules chaperonnes, éléments de la machinerie cellulaire normalement chargés d'assurer le repliement correct des protéines. L'interaction du facteur X et de la forme cellulaire du prion ( $\text{PrP}_{\text{C}}$ ) conduirait la protéine à un état intermédiaire,  $\text{PrP}^*$ . La présence d'un prion pathologique ( $\text{PrP}_{\text{Sc}}$ ) transformerait ensuite la  $\text{PrP}^*$  en deuxième prion pathologique, qui engendrerait à son tour la réaction. « La  $\text{PrP}_{\text{Sc}}$  est en quelque sorte le moule à partir duquel se formera la prochaine génération de  $\text{PrP}_{\text{Sc}}$  » résume Stanley Prusiner (voir schéma ci-contre).

L'accumulation de la forme pathologique du prion est responsable des lésions cérébrales et de la formation des plaques amyloïdes identifiées dans les cerveaux malades (voir photo p. 58). En revanche, on



A. DEVOUARD/REA

ignore tout du rôle de la protéine normale.

Pour certains chercheurs, elle n'est pas indispensable,

puisque des souris qui en sont dépourvues semblent se développer normalement. En raison de sa possible localisation sur la face externe de la membrane cellulaire, on lui accorde parfois une fonction de communication intercellulaire.

D'autres scientifiques lui auraient trouvé une activité dans le maintien du rythme veille/sommeil, ce qui pourrait être en relation avec l'insomnie fatale familiale, forme rarissime d'encéphalopathie spongiforme humaine. Mais, plus probablement, le prion cellulaire serait impliqué dans la transmission synaptique : il favoriserait le passage du message nerveux d'un neurone à l'autre.

Jean-Guy Fournier, chercheur de l'INSERM, à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, à Paris, reste prudent. A l'aide de la microscopie électronique et de techniques sophistiquées de détection moléculai-

re, il travaille à la localisation des formes normale et pathologique de prions chez le hamster. « La protéine du prion cellulaire a certainement des fonctions multiples. Elle est présente dans de nombreux organes et sa localisation cellulaire semble varier d'un tissu à l'autre. Cette protéine a forcément une fonction liée au type de cellule qui la fabrique. Si elle agit dans la transmission du message nerveux, elle joue sans doute un rôle différent dans l'estomac... »

Quant à la forme pathologique du prion, on la trouve non seulement dans le cerveau et la moelle épinière, mais aussi dans la rate, les ganglions lymphatiques, les amyg-

## A quoi servent les prions "normaux" de l'organisme ?

dales et certaines parties de l'intestin. On la détecte également, en faible quantité, dans d'autres tissus périphériques. Ce qui permet d'imaginer un cheminement des prions anormaux dans l'organisme, ■■■

■ ■ ■ à la suite d'une contamination par ingestion. Le schéma se vérifie partiellement chez le hamster.

Jean-Guy Fournier suppose que la protéine pathologique parviendrait jusqu'à l'intestin. Puis elle emprunterait un passage privilégié *via* les cellules M, qui établissent un

cas atypiques de la MCJ. D'autre part, certains arguments cliniques et neuropathologiques, tels que la durée d'incubation de la maladie et le profil des lésions cérébrales observées, sont très inquiétants. De plus, les prions pathologiques marquent leur présence d'une signature biochimique particulière, distincte d'un type d'encéphalopathie à l'autre. Or, le marquage moléculaire observé chez les malades atteints de la nouvelle forme de MCJ est étrangement similaire à celui qu'on trouve dans le cerveau des vaches folles. Si cela ne constitue pas une preuve, c'est quand même un élément accablant.

Ainsi, l'agent responsable de l'ESB franchirait la barrière d'espèce. On la croyait

pourtant solide. En effet, pour qu'il se produise une accumulation de prions anormaux, il faut que la forme cellulaire ( $\text{PrP}_C$ ) se convertisse en forme pathologique ( $\text{PrP}_{\text{Sc}}$ ). A cet effet, la structure primaire du prion cellulaire doit être identique – ou très semblable – à celle de la forme pathologique. Voilà pourquoi, quand on inocule des  $\text{PrP}_{\text{Sc}}$  de hamster à une souris, celle-ci ne contracte pas la maladie. En revanche, les souris transgéniques, qui possèdent le gène de la  $\text{PrP}$  de hamster, sont sensibles aux prions de hamster. Pourtant, c'est bien l'agent de la tremblante du mouton qui a contaminé les vaches...

### ASSOCIATION DE MALFAITEURS...

Même s'il existe une grande similitude entre les protéines de ces deux espèces, comment une  $\text{PrP}_{\text{Sc}}$  de mouton a-t-elle pu transformer une  $\text{PrP}_C$  de vache en  $\text{PrP}_{\text{Sc}}$  de vache ? Quinze chercheurs américains et britanniques, partisans de l'hypothèse des prions, viennent de montrer (1), pour la première fois, qu'un prion pathologique de vache ou de mouton peut transformer un prion cellulaire humain en protéine anormale. Réalisées en tube à essai, ces conversions sont très limitées et on ne peut pas être certain de la pureté des échantillons utilisés. De plus, les rendements des expériences sont les mêmes que l'on utilise un prion bovin ou un prion ovin. Or, il n'a jamais été question d'un quelconque lien entre la trem-

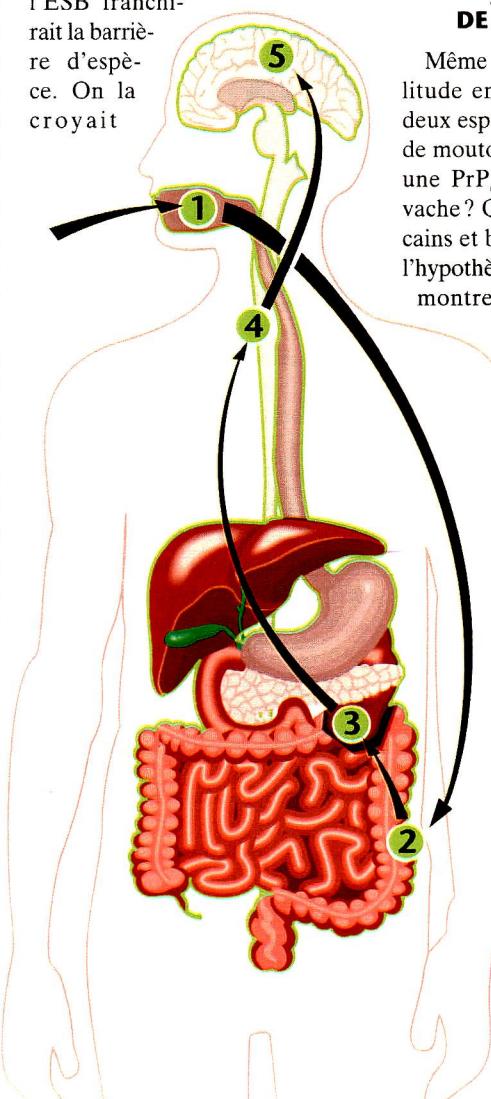
## L'homme a levé la barrière d'espèce en bouleversant l'ordre naturel

contact direct entre l'intérieur de l'intestin et les follicules lymphoïdes, organes du système immunitaire. Ensuite, en remontant le long des filets nerveux, la protéine pathologique gagnerait la rate, où elle commence à s'accumuler. Le nerf splanchnique peut alors la conduire jusqu'à la moelle épinière, voie royale pour atteindre l'objectif final : le cerveau. Le prion anormal y entame sa réplication par conversion des protéines cellulaires (voir schéma ci-contre).

Les redoutables prions présents dans certains organes des vaches folles suivent-ils cette filière pour contaminer l'espèce humaine ? Rien n'est encore prouvé, mais de lourds soupçons pèsent sur cette transmission éventuelle. D'une part, les données épidémiologiques montrent des similitudes géographiques et temporelles entre l'épidémie d'ESB et l'apparition des

## Les voies de la contamination

Après ingestion ①, les prions parviennent jusqu'à l'intestin ②. Puis les protéines pathologiques gagnent la rate ③ via les tissus lymphoïdes. Elles empruntent ensuite le nerf splanchnique pour atteindre la moelle épinière ④ qui les conduit directement au cerveau ⑤.



blante du mouton et la MCJ chez l'homme. L'extrapolation des résultats obtenus *in vitro* est donc très délicate et n'explique pas le franchissement de la barrière d'espèce.

Si l'hypothèse de la protéine seule, avancée par Stanley Prusiner, se heurte à cet obstacle, les détracteurs de cette théorie s'en accommodent plus facilement. Cette poignée de scientifiques pense que, si la protéine du prion joue un rôle incontestable dans les encéphalopathies spongiformes, elle n'agit certainement pas seule. Elle accompagnerait un acide nucléique étranger, véritable agent de la maladie. Celui-ci se cache à l'intérieur d'une sorte de coque protectrice formée de prions anormaux. Ce serait pour cette raison qu'on ne le détecte pas et que le système immunitaire de l'hôte reste silencieux. On appelle cette entité virino.

Même s'il n'est toujours qu'une construction intellectuelle, qui reste à valider, le virino expliquerait de façon plus convaincante la fragilité de la barrière d'espèce. En effet, l'agent semble étroitement lié à la protéine du prion de l'hôte. Il en a besoin pour se multiplier. Il est donc adapté à l'hôte qu'il infecte, ce qui l'empêche de contaminer d'autres espèces.

Mais, comme les hommes interviennent dans la nature, il leur arrive de rompre l'équilibre

biologique établi. Les procédés de fabrication des farines animales destinées à l'alimentation bovine ont ainsi conduit à une manipulation de l'agent de la tremblante présent dans les carcasses de moutons. Selon Jean-Guy Fournier, « l'agent a été plus ou moins tripoté et a perdu son adaptation. Par le protocole de la transformation des farines, on a en quelque sorte créé un nouvel agent, capable de se multiplier sans la protéine de l'hôte. Maintenant, l'agent de l'ESB se trouve dans une phase de nouvelle adaptation. C'est-à-dire qu'il peut s'attaquer à plusieurs espèces et que, progressivement, il s'adaptera à chacune ».

Cette hypothèse est sous-tendue par les expériences de Corinne Lasmézas et Jean-Philippe Deslys, chercheurs au laboratoire de neurovirologie expérimentale du CEA (Fontenay-aux-Roses, Hauts-de-Seine) dirigé par Dominique Dormont. Ils ont réussi à transmettre l'agent bovin à des souris, qui

ont développé la maladie sans qu'on détecte la forme pathologique du prion lors de la première transmission. (Elle a surgi lorsque l'agent infectieux s'est adapté à l'espèce souris.) Ainsi, ce n'est pas la PrP<sub>Sc</sub> qui est directement infectieuse. Une autre étude, récemment publiée par la revue américaine *Science*, confirmerait ces travaux : Laura Manuelidis, de l'université Yale (Connecticut), vient d'observer le même phénomène chez le rat.

## CONTROVERSE INTERNATIONALE

Curieusement, Stanley Prusiner reste coi face à ses résultats. Il faut dire que, dans le petit monde des encéphalopathies spongiformes, on murmure que le neurobiochimiste rêve de prix Nobel. Les avancées de l'équipe française risquent de compromettre cette espérance...

Mais, si l'agent responsable de la maladie est un corps étranger, comment expliquer les formes familiales d'encéphalopathies spongiformes

humaines, telles que l'insomnie fatale familiale, le syndrome de Gerstmann-Straußler-Scheinker ou encore 10 % des cas de la maladie de Creutzfeldt-Jakob ? Aux yeux des partisans de l'hypothèse du virino, ■■■

## Des Français en première ligne

**Des chercheurs français du CEA, Corinne Lasmézas et Jean-Philippe Deslys, tentent de prouver que le prion n'agit pas seul. Leur équipe a récemment obtenu des résultats prometteurs...**

■ ■ ■ les anomalies observées sur le gène de la protéine du prion ne seraient que des prédispositions génétiques qui accroîtraient le degré de virulence de l'agent. Si la maladie présente un caractère génétique, la cause en est bien le virino. On parle de susceptibilité génétique.

## On ne prendra jamais trop de mesures de protection

Mais, pour trancher, il faudrait identifier ce mystérieux agent secret. Pour Dominique Dormont, fervent défenseur de cette théorie, « si elle est la meilleure, son gros défaut est de ne pas avoir reçu l'ombre d'une expérimentation ». La communauté scientifique nage donc en pleine controverse. Les chercheurs attendent l'expérience décisive. En quoi consisterait-elle ? D'après Jean-Guy Fournier, il pourrait s'agir « soit de synthétiser de toutes pièces un prion, qui se révèlerait directement infectieux; soit d'isoler véritablement un agent différent du prion qui transmettrait la maladie ».

Quelle que soit sa nature, l'agent responsable de la maladie de la vache folle pose un grave problème de santé publique. Tout le monde s'accorde à dire que les mesures de protection sont loin d'être surestimées. Les farines animales, qui ont provoqué le désastre, sont interdites depuis 1988 et les animaux malades sont régulièrement abattus. Mais, comme la période d'incubation des encéphalopathies spongiformes est particulièrement longue (environ cinq ans chez la vache et jusqu'à trente ans chez l'homme), les organes des individus asymptomatiques sont potentiellement dangereux. Plus de 30 000 bovins nés après l'interdiction des farines sont atteints d'ESB, ce qui laisse supposer une

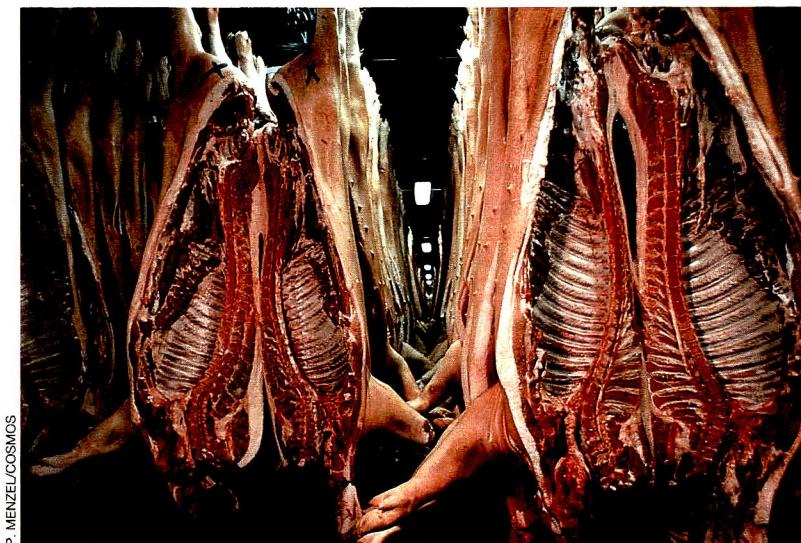
transmission verticale, de la vache au veau. Les modèles statistiques évaluent à 900 000 le nombre de bovins porteurs de la maladie qui sont passés dans le circuit alimentaire humain. Effrayant !

Surtout quand on sait que certains tissus périphériques et le sang peuvent être infectieux alors que la maladie est encore silencieuse. Voilà pourquoi le gouvernement a décidé d'exclure du don du sang et d'organes toute personne ayant reçu des hormones de croissance extraits d'hypophyses humaines, ainsi que tout individu ayant reçu une transfusion de sang douteuse. Les personnes susceptibles d'être directement touchées par la maladie sont exclues du don du sang depuis 1992.

tremblante n'est pas inactivé, et une température de 360 °C pendant une heure ne supprime pas totalement son caractère infectieux.

Même si le danger de dissémination de l'agent dans des lots sanguins est faible (et non prouvé selon l'OMS), il ne faut pas le négliger. Tant qu'on ne disposera pas d'un test de dépistage pratique et fiable, le risque ne sera pas nul. Car les mailles du filet administratif sont larges. Un individu contaminé qui ignore son état peut passer au travers. En ce qui concerne la contamination par voie alimentaire, le péril semble moindre, surtout si l'on s'abstient de consommer cervelle et abats bovins.

Mais qu'en est-il du steak ? En



## Faut-il avoir peur du steak ?

***A priori, la viande de vache folle n'est pas infectieuse. Mais les abats et le système nerveux contiennent les dangereux prions. Peuvent-ils contaminer la carcasse ? On l'ignore pour l'instant.***

Et tous les lots de produits sanguins des personnes à risque ont été retirés en 1994.

Face à l'exceptionnelle résistance des agents responsables des encéphalopathies, ces mesures sont indispensables. Lorsqu'il est soumis pendant vingt-quatre heures à une température de 160 °C, l'agent de la

laboratoire, quand on disséque finement l'animal, les muscles ne sont absolument pas infectieux. Mais, dans les abattoirs, on partage brutalement les carcasses en deux. Impossible d'exclure que la viande soit alors contaminée par simple contact avec la moelle épinière ou avec les abats... ■

Protégez  
vous  
du sida.  
Protégez  
les  
autres.

**Vous ne savez pas  
comment elle va réagir  
si vous lui parlez de préservatif ?  
Ça vous fait un point commun  
avec elle.**

Pour en parler, Sida Info Service : 0 800 840 800 (24h / 24, anonyme, confidentiel et gratuit.)

CETTE CAMPAGNE DE PRÉVENTION ET D'INFORMATION EST RÉALISÉE À L'INITIATIVE DU ► MINISTÈRE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITÉ -  
SECRÉTARIAT D'ÉTAT À LA SANTÉ



# Les mystères du nombre $\pi$

■ On connaît maintenant 51 milliards de décimales du nombre  $\pi$  ! Mais cette prouesse vertigineuse n'entame guère son mystère. Au royaume de la nécessité mathématique, la suite aléatoire de  $\pi$  reste pour les chercheurs une énigme envoûtante.

PAR ROMAN IKONICOFF

**A**u royaume enchanté des nombres, peuplé de "créatures" aux singulières propriétés, le nombre  $\pi$  (qui vaut approximativement 3,141592) règne en maître. D'abord, parce qu'il est une constante mathématique : on le retrouve dans de nombreuses équations, des plus simples (en géométrie) aux plus complexes (en statistiques et en physique quantique). Ensuite – et surtout –, parce qu'il intrigue les mathématiciens

depuis plus de quatre millénaires (les premières traces d'évaluation numérique de  $\pi$  remontent aux Babyloniens, 2 000 ans avant notre ère).

Derrière une définition désarmante de simplicité –  $\pi$  est le rapport du périmètre d'un cercle à son diamètre –, se cache un

## L'étoile des maths

Le nombre  $\pi$  (3,1415...) intrigue doublement les mathématiciens. D'abord, il possède une infinité de décimales qui se suivent, semble-t-il, de manière aléatoire. Ensuite, c'est une constante mathématique présente dans de nombreuses équations, notamment dans celles qui décrivent des lois statistiques. De ce fait, si l'on mesure les positions des étoiles sur la voûte céleste (dont la répartition est statistiquement aléatoire), on peut obtenir une approximation de  $\pi$ . En effet, on a établi qu'il existe, en statistique, un rapport entre la position relative de deux étoiles et la valeur  $6/\pi^2$ .

nombre dont les décimales, en quantité infinie, paraissent surgir au hasard. Comment concilier le fait que  $\pi$  est parfaitement déterminé et le fait qu'il a une suite infinie de décimales organisée de manière aléatoire ? Aidés par les derniers calculs des décimales de  $\pi$ , les chercheurs en informatique théorique lèvent enfin un pan du voile qui recouvre ce mystère.

Le plus récent calcul des décimales de  $\pi$  date de quelques semaines. Il a été exécuté au Centre de calcul de l'université de

Tokyo, par Yasumasa Kanada (qui a battu son record de 1995). Il a fallu dix heures de labeur informatique, orchestré par 1 024 microprocesseurs montés en parallèle, pour approcher  $\pi$  avec l'effarante précision de 51 milliards de chiffres, après la virgule !

A quoi bon ? Dans le but de trouver une "logique" à cette suite de décimales. Comme l'indique le logicien Jean-Paul De-

lahaye, chercheur au Laboratoire d'informatique fondamentale de l'université de Lille et auteur du livre *le Fascinant Nombre  $\pi$*  (Bibliothèque Pour la science, Belin), « les mathématiciens vont scruter la répartition statistique de ces 51 milliards de chiffres, à la recherche d'une loi ou d'un "motif" s'y dissimulant ». Hélas, le précédent record de calcul des décimales de  $\pi$  (6,4 milliards) n'avait permis de déceler aucune "anomalie" : il n'a fait que ■ ■ ■



## Le premier record de $\pi$

**Il fut établi, en 250 av. J.-C., par Archimède de Syracuse, qui obtint les trois premières décimales de  $\pi$  : 3,141 ! Il avait conçu une méthode basée sur l'encadrement d'un cercle par une succession de polygones aux côtés en nombre croissant (voir illustration page précédente).**

fallu construire toute une théorie autour du concept d'aléatoire, car les résultats des siècles précédents, s'ils ont été d'une importance capitale pour le progrès des mathématiques, disaient peu de chose de la répartition pour le moins hasardeuse des décimales de  $\pi$ . Ce n'est pourtant pas faute d'avoir essayé.

Dès 1766, le mathématicien français Jean Henri Lambert (1728-1777) démontre que  $\pi$  est un nombre "irrationnel", c'est-à-dire que la suite de ses décimales ne se répète jamais identique à elle-même. Le terme "irrationnel"

porte la trace du "choc" subi par les pythagoriciens (école de mathématiciens grecs des VI<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> siècles avant notre ère, fondée par Pythagore) lorsqu'ils découvrirent que le nombre  $\sqrt{2}$  – longueur de la diagonale d'un carré dont les côtés mesurent 1 – avait cette propriété (1). Mais  $\pi$  allait se révéler plus déconcertant encore.

Les mathématiciens éprouvent face aux nombres le sentiment du dompteur face au fauve. Si l'animal est docile, le dompteur est le maître. Sinon, le combat s'engage : en manipulant de mille façons les nombres qu'ils créent (ou découvrent), les mathématiciens s'escriment à les dresser, en les forçant à entrer dans des catégories établies (nombres entiers, rationnels, algébriques...). Mais

(1) Les pythagoriciens découvrirent en réalité que  $\sqrt{2}$  n'est pas rationnel, c'est-à-dire qu'il ne s'obtient jamais en divisant un nombre entier par un autre. Ce qui équivaut à dire que la suite des décimales de  $\sqrt{2}$  n'est pas périodique.

## Naissance d'un calcul

**Les premières traces de calcul de  $\pi$  remontent aux Babyloniens,**

**2 000 ans avant J.-C.**  
**Leur méthode consistait à calculer le périmètre d'un hexagone inscrit dans un cercle (de rayon 1). Ils obtinrent ainsi la valeur de 3,25 pour  $\pi$ .**

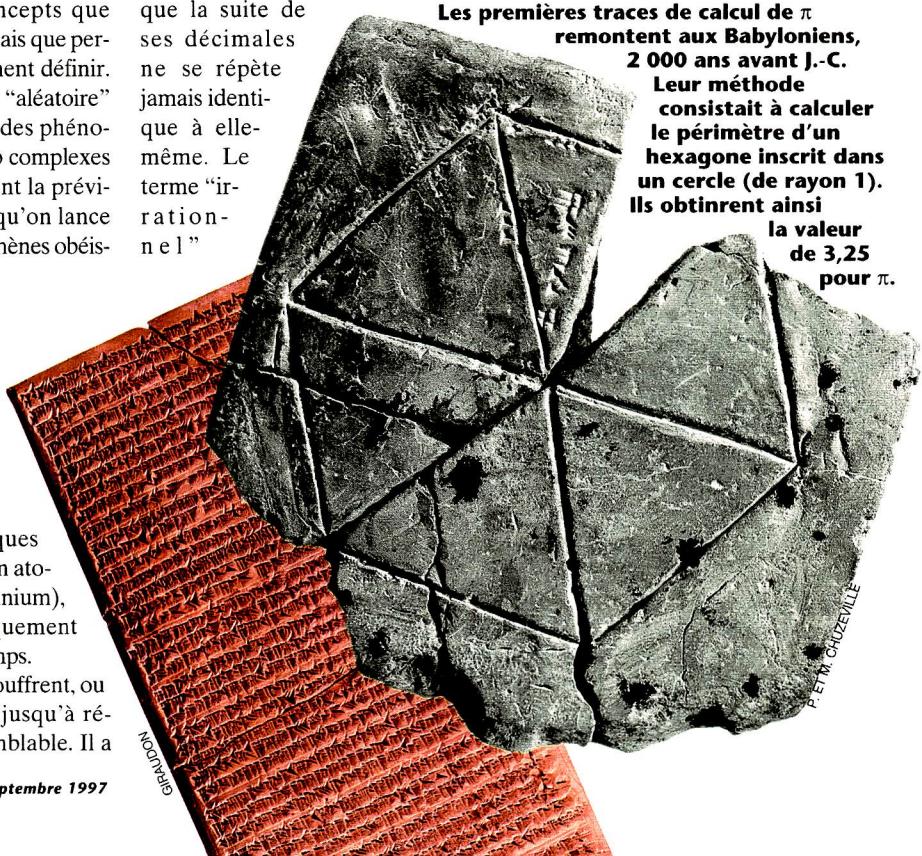
■ ■ ■ renvoyer les scientifiques à l'épineux problème de l'"aléatoire". Car, si l'intuition perçoit bien le sens d'aléatoire (comme celui de "hasard" ou de "chaos"), le mot relève de cette classe de concepts que tout le monde connaît mais que personne ne sait véritablement définir.

En physique, le terme "aléatoire" s'applique aussi bien à des phénomènes dont les lois, trop complexes ou inconnues, interdisent la prévision (par exemple lorsqu'on lance des dés) qu'à des phénomènes obéis-

## L'aléatoire absolu est impossible à atteindre

sant à des lois statistiques (comme la désintégration atomique d'un noyau d'uranium), qui sont donc intrinsèquement indéterminés dans le temps.

Les mathématiques souffrent, ou du moins ont souffert jusqu'à récemment, d'un flou semblable. Il a



## DES NOMBRES GRANDS COMME DES UNIVERS

$\pi$  pourrait bien être un nombre-univers. Les nombres-univers jouissent de la caractéristique suivante : la suite de chiffres qui les compose contient toutes les séquences possibles. En un lieu donné de la suite, votre numéro de téléphone y figure... Si l'on transforme les chiffres en lettres, on y trouve, quelque part, tous les livres qui ont été écrits

depuis la naissance de l'écriture. Y figure même le livre qui raconte l'avenir de l'humanité et celui qui détaille votre biographie jusqu'au dernier jour. Bien entendu, des versions erronées de ces narrations sont également inscrites dans le nombre-univers... Cette masse d'informations est noyée dans une mer de lettres dépourvue de sens.

Les nombres-univers sont majoritaires dans l'ensemble des nombres. Pourtant, nous n'en connaissons qu'une infime parcelle. Ainsi, le nombre 0,123456789101112... (composé de la suite des entiers naturels) est un nombre-univers.  $\pi$  en est-il un, lui aussi ? Impossible de le dire, *a priori*. Car, pour le savoir, il faudrait disposer de

la totalité de ses décimales, c'est-à-dire une infinité, ce qui est exclu (1). Cependant, il existe un moyen indirect de prouver que  $\pi$  est un nombre-univers : montrer qu'il est normal (voir article ci-contre).

(1) Si l'on construisait un ordinateur dont la mémoire occuperait le volume de l'Univers visible – taille maximale possible –, on ne pourrait dépasser la précision de 10<sup>77</sup> chiffres décimaux de  $\pi$ .

il arrive qu'un nombre échappe à toute classification. Alors, la lutte se prolonge, et les armes s'affinent.

Ainsi, bien que  $\sqrt{2}$  ne soit pas rationnel, on est parvenu à l'inclure dans l'ensemble des nombres algébriques. Ce dernier est formé des solutions d'équations (à coefficients entiers) du type  $2x^2 + x - 1 = 0$ . Si on remplace  $x$  par -1 ou par 0,5, on obtient bien 0 = 0. Les nombres -1 et 0,5 sont algébriques.  $\sqrt{2}$  (et  $-\sqrt{2}$ ) est solution de l'équation  $x^2 - 2 = 0$ . Il est donc lui aussi algébrique. Dès lors, le fauve est dompté : les mathématiciens peuvent lui attribuer

les caractéristiques propres aux nombres algébriques.  $\pi$ , l'entête, ne se soumet pas : aucune équation algébrique ne peut l'emprisonner.

Afin de le "loger", les mathématiciens ont dû ériger, au XVIII<sup>e</sup> siècle, un nouvel ensemble, celui des nombres "transcendants". Cet ensemble est défini négativement : un nombre transcendant est un nombre qui n'est pas algébrique. Bien qu'elle soit l'un des plus beaux résultats en théorie des nombres, la transcendance de  $\pi$  éclaire peu le débat sur la nature – aléatoire ou déterminée – de la suite de ses décimales.

Malgré toutes ces avancées, jusqu'à la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, le mystère restait donc entier. Puis, la théorie de la complexité (branche récente de l'informatique théorique) reprit le flambeau cédé par l'arithmétique. Munis de nouveaux outils issus de la logique et de l'informatique, les mathématiciens ont apporté un début de réponse au problème de l'aléatoire : ils se sont aperçus qu'il existe plusieurs degrés d'aléatoire, que l'aléatoire absolu est quasiment impossible à atteindre et que, *in fine*,  $\pi$  ne l'est que faiblement.

Le premier à avoir élevé l'aléa- ■ ■ ■



### Le dernier record

Aujourd'hui, les superordinateurs ont fait faire un bond de géant au calcul de  $\pi$  : le Japonais Yasumasa Kanada (de l'université de Tokyo) vient de le doter de 51 milliards de décimales.

toire au rang d'objet mathématique défini de manière satisfaisante et univoque fut le mathématicien suédois Pier Martin-Löf. En parallèle avec trois autres logiciens, fondateurs de la théorie de la complexité, Ray Solomonoff, Andreï Kolmogorov et Gregory Chaitin, Martin-Löf établit, en 1965, qu'une suite aléatoire possède toutes les propriétés vérifiables qui ont une "probabilité 1" d'être observées. On

## Un univers peuplé d'êtres qu'on ne peut concevoir...

pourrait croire à un jeu de langage, mais, en mathématiques, la définition acquiert un sens profond.

Une propriété vérifiable est, par exemple, "les nuits alternent avec les jours", ou, dans le domaine mathématique, "à partir du centième rang, telle suite devient périodique"... Une probabilité 1 traduit la certitude qu'un événement se produise. Ainsi, la probabilité qu'il pleuve à Paris au moins une fois par an est quasiment égale à 1.

### IRRATIONALITÉ, TRANSCENDANCE, UNIVERSALITÉ...

Prenons le nombre  $1/3$ , qui s'écrit aussi  $0,33333333\dots$  Il a deux propriétés vérifiables : "c'est un nombre formé d'une suite infinie de 3" et "à partir du deuxième rang, la suite est périodique". Peut-on conclure, d'après la définition de Martin-Löf, que cette suite est aléatoire – ce qui est manifestement faux ? Bien sûr que non ! Car, si elle possède des propriétés vérifiables, la probabilité de les "observer" est égale non pas à 1, mais à 0.

Mieux encore : on démontre que la chance de "tomber" sur une suite infinie périodique – par exemple,

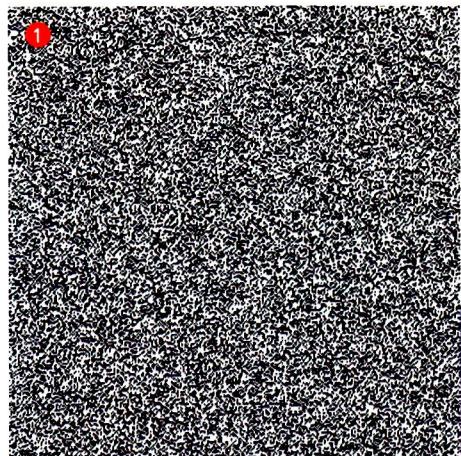
le nombre  $0,123123123\dots$  – est quasiment nulle ! *Exit* aussi les nombres entiers, les nombres rationnels... Tous ceux qui composent notre univers quotidien (23 F, 130 km/h, 1/3 du budget, etc.) sont si rares au pays des nombres qu'ils n'existent pour ainsi dire pas. Notre imagination elle-même n'accède qu'à des régions infimes de ce paysage.

Paradoxalement, les nombres majoritaires – ceux qui ont une probabilité 1 d'être observés –, nous ne les rencontrons ni ne les imaginons presque jamais... Le terme "observés" a donc un sens particulier : il signifie qu'un homme qui se promènerait dans le royaume des nombres verrait surtout ceux qui ont des propriétés dont la probabilité est égale à 1. Ainsi, depuis des siècles, on a inventé un univers majoritairement peu-peuplé d'êtres qu'on est incapable de concevoir.

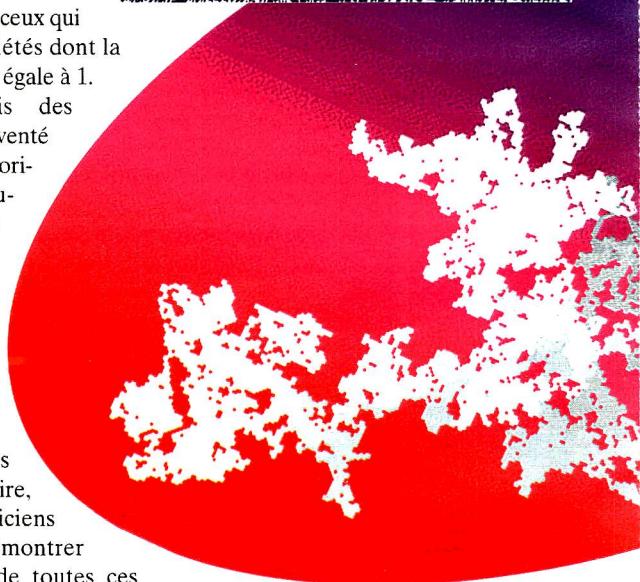
Toujours est-il que, pour prouver que la suite des décimales de  $\pi$  est aléatoire, les mathématiciens doivent démontrer qu'elle possède toutes ces propriétés. Mais comme elles se dérobent à leurs regards...

Quelles sont ces propriétés ? Il en existe des quantités : l'irrationalité, la transcendance, l'universalité (voir encadré), la normalité... Ainsi, on suppose que  $\pi$  est un nombre "normal". Un nombre est dit normal si tous les chiffres pris un à un, tous les couples de deux chiffres, tous les

couples de trois chiffres, etc., apparaissent avec les mêmes fréquences dans la suite qui le compose. Si la suite des décimales de  $\pi$  est normale, on doit constater que : 1) chacun des dix chiffres 0, 1, 2..., 9 est présent dans la proportion de 1/10 ; 2) chacun des cent couples 00, 01..., 99 est



DR



présent dans la proportion de 1/100 ; 3) chacun des mille triplés 000, 001..., 999 est présent dans la proportion de 1/1 000 ; et ainsi de suite...

Les mathématiciens ont analysé la suite des décimales de  $\pi$  obtenue lors du précédent record (6,4 milliards). Leurs calculs ont montré que  $\pi$  est proche de la normalité. Mais une constatation numérique

n'a pas valeur de démonstration. En toute rigueur, il faudrait établir par la théorie que la suite infinie des décimales de  $\pi$  est normale. Hélas, nul n'y est parvenu. Bref, hormis l'irrationalité et la transcendance, on ignore si la suite des décimales de  $\pi$  possède d'autres propriétés ayant "une probabilité 1 d'être observées", donc si elle est aléatoire.

Doit-on abandonner l'espoir de l'établir ? Heureusement, non. C'est l'informatique théorique qui a fourni la réponse la plus satisfaisante – plus précisément la "théorie de la complexité algorithmique", énoncée par le logicien russe An-

dreï Kolmogorov (voir *Science & Vie* n° 954, p. 48). Selon la théorie, le degré d'aléatoire (ou de complexité) d'un objet mathématique est proportionnel à la taille du plus petit programme informatique (programme minimal) qui le décrit.

Exemple : la suite 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16... est peu complexe, car elle peut être "compressée" en un programme informatique extrêmement court, du type "pour  $n$  allant de 0 à 8, multiplier  $n$  par 2 et afficher le résultat". Ce programme occupera peu de place dans la mémoire de l'ordinateur. En revanche, la suite 2, 5, 7, 8, 7, 101, 56,

4, 9... (écrite au hasard) est très complexe (très aléatoire), car, dans le programme le plus court qui la décrit – "afficher les chiffres 2, 5, 7, 8, 7, 101, 56, 4, 9" –, tous les termes de la suite doivent être explicités. Ce programme occupe dans la mémoire de la machine une place considérable. On dit alors que la suite est incompressible.

### EN FAIT, $\pi$ EST RELATIVEMENT SIMPLE !

En 1970, on démontra qu'une suite incompressible (au sens de Kolmogorov) est aléatoire (au sens de Martin-Löf). Ce résultat offrit aux mathématiciens un moyen pratique (la recherche du programme le plus court) pour évaluer une propriété théorique (le degré d'aléatoire). Malheureusement, la théorie de la complexité de Kolmogorov ne donne pas de méthode générale pour trouver le programme minimal (2). Les informaticiens n'ont que rarement un moyen de savoir si, une fois trouvé un programme court, il n'en existe pas de plus court. Mais un travail de recherche au cas par cas suffit à majorer cette taille minimale.

Avec ce nouvel outil, où placer  $\pi$  dans l'échelle de la complexité ? La longueur du plus court programme de calcul de  $\pi$  aujourd'hui connu en donne une bonne idée :  $\pi$  n'est pas absolument aléatoire (ou aléatoire au sens de Martin-Löf), car il existe des programmes informatiques courts de calcul de ses décimales (comme ceux dont s'est servi Kanada).  $\pi$  est même relativement simple. Car, un programme informatique peut reconnaître ses décimales et en prévoir la suite. Vraisemblablement  $\pi$  est faiblement aléatoire, bien que ce ne soit pas encore démontré. Après plus de 4 000 ans de recherche, les mathématiciens commencent enfin à apprivoiser  $\pi$ . ■

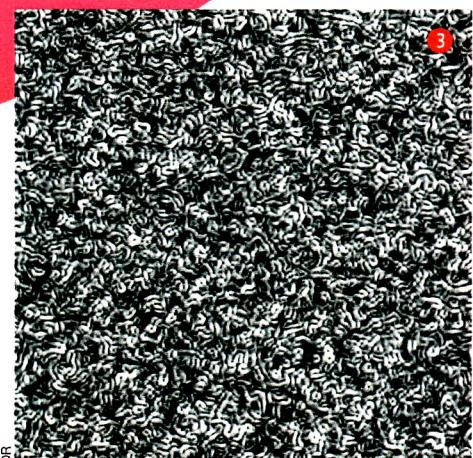
## La recherche d'un motif

**Y aurait-il un ordre dans la suite des décimales de  $\pi$  ? Pour le savoir, les mathématiciens cherchent, notamment, à déceler un "motif" remarquable dans les représentations graphiques des décimales de  $\pi$ .**

**Les graphiques ① et ③ illustrent (avec des traitements différents) le codage des 90 000 premières décimales exprimées en langage binaire : les points blancs représentent les "1" et les points noirs les "0". Sur le graphique ②, on a reporté chacun des chiffres binaires de la manière suivante : quand c'est un 0, on avance d'une case et on s'oriente vers la droite, et ainsi de suite. Or, on n'a décelé aucun motif significatif : pour l'instant, la suite des décimales de  $\pi$  demeure aléatoire...**

2

3



DR

(2) On dit que la propriété "être le programme minimal" est indécidable (voir *Science & Vie* n° 954, p. 48).

# ÉVOLUTION



# L'homme, cette merveille aléatoire...

**Q**uelle est la créature qui, ayant connu un développement extraordinaire et su résister aux revers du temps, domine la Terre, transforme la nature, colonise tous les milieux, même les plus extrêmes ? Inutile de nous ren- gorer, cette merveille de la nature, ce n'est pas l'homme,

c'est la bactérie. Voilà la plus belle réussite de l'évolution...

Nous nous étions pourtant façonné une belle image de nous-mêmes : trônant au sommet d'un arbre de la vie, nous étions l'aboutissement programmé d'un cheminement du vivant vers la perfection. Fiers de notre "complexité" et de notre plus précieux tré-

■ « Nous sommes de glorieux accidents »,

**dit Stephen Jay Gould. Ikonoclaste, le paléobiologiste américain ?**

**Il faut pourtant se résigner : l'homme n'est pas le sommet inéluctable de la vie. Et, surtout, il n'y a pas de "progrès" dans l'évolution.**

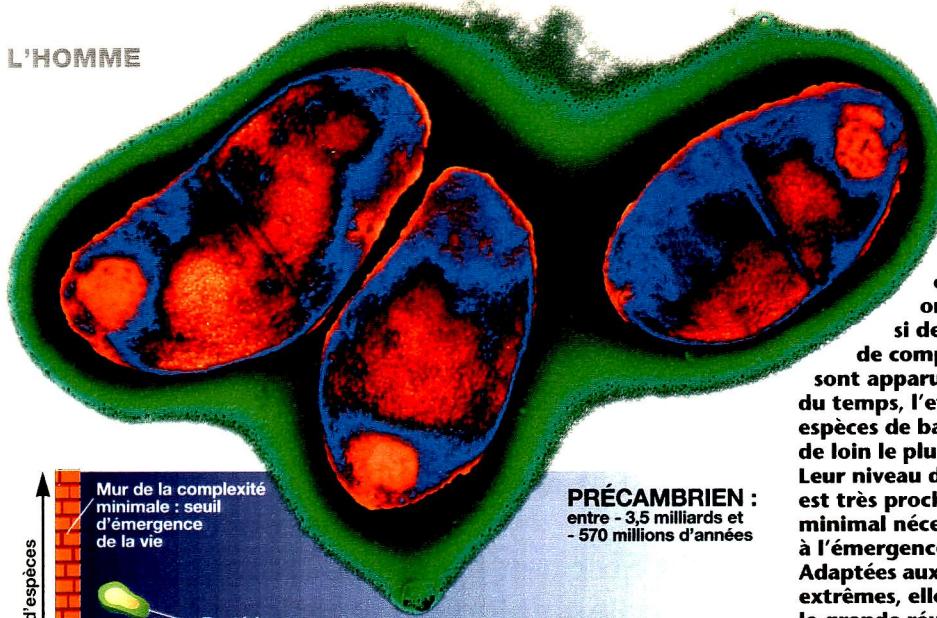
PAR CATHERINE CHAUVEAU

sor, la conscience... Pendant des siècles et des siècles, nous avons cru être faits à l'image d'un dieu. Eblouis par nos prouesses intellectuelles et technologiques, nous avons érigé le parangon de notre évolution culturelle – le fameux progrès – en modèle du fonctionnement de la nature tout entière.

Mais ce n'était qu'illusion. Illusion due à la confusion des mots et des idées, à nos préjugés, à notre psychologie, et aux limites propres à la pensée humaine. L'"évidence" ■ ■ ■

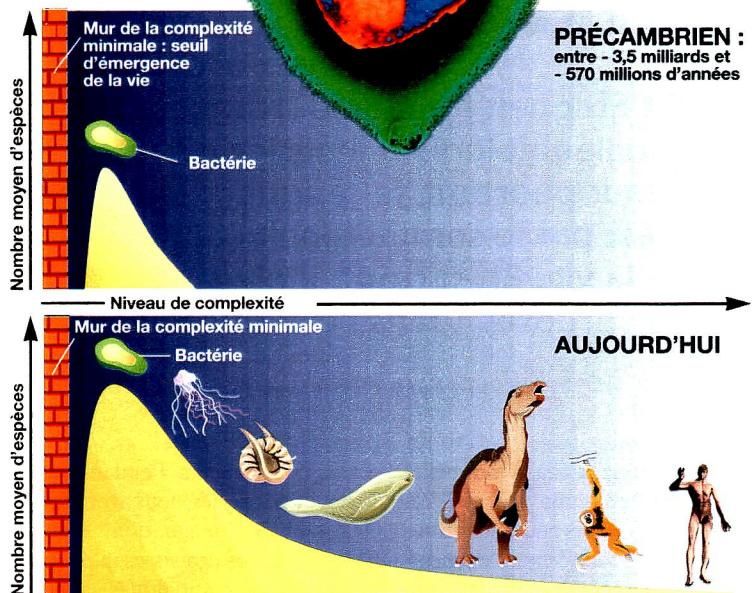
## Il nous remet à notre place

**Paradoxalement novatrices, les théories sur l'évolution de Stephen Jay Gould, paléobiologiste et professeur à Harvard, bousculent notre vision anthropocentrique de la marche du vivant.**



**Elles ont survécu !**

En comparant ces deux courbes, on constate que, si des espèces de complexité croissante sont apparues au cours du temps, l'effectif des espèces de bactéries reste de loin le plus important. Leur niveau de complexité est très proche du niveau minimal nécessaire à l'émergence de la vie. Adaptées aux milieux extrêmes, elles sont la grande réussite de l'évolution (ci-contre, bactérie diploblastique).



■ ■ ■ a volé en éclats : l'homme n'est pas l'être le plus évolué, et l'évolution n'est pas la marche vers le progrès.

Depuis plusieurs années, paléontologues et généticiens nous remettent gentiment à notre place, place

la devise de la Société américaine de paléontologie, "Je brise pour révéler", ou plutôt, en latin, "*Frango ut patefaciam*".

Il ne cesse de bousculer les idées reçues, de clarifier le vocabulaire et les concepts scientifiques, de lutter contre les distorsions interprétatives (voir encadré). Selon lui, loin d'être le résultat de l'inéluctable progression de la vie, l'homme ne doit son existence, comme toutes les autres espèces, qu'à une série d'événements imprévisibles et aléatoires.

Sa dernière mise au point porte ainsi sur la notion de progrès dans l'évolution, qu'à l'image de plusieurs de ses confrères il juge totalement erronée. La confusion tient largement à l'emploi du terme "évolution" pour désigner la théorie de

## Le darwinisme, une vision non progressiste du vivant

qui se révèle infiniment modeste au sein de l'évolution du vivant. Le plus farouche démolisseur de vérités toutes faites, le paléobiologiste américain Stephen Jay Gould, a adopté, au propre comme au figuré,

Darwin. En langage courant, il équivaut en effet à "modification avec amélioration". Or, comme le souligne Gould, l'élément le plus novateur dans le darwinisme, c'est paradoxalement la vision non progressiste de la vie.

### LA PETITE IRONIE DE LA VIE

Dans la première édition de l'*Origine des espèces* (1859), Darwin choisit d'ailleurs l'expression neutre de « descendance avec modification » pour qualifier sa théorie. « Est-ce à la suite d'un accord tacite ou stratégique avec Herbert Spencer, le philosophe du progrès, que Darwin accepta en fin de compte ce travestissement de sa pensée ? L'idée de progrès servit-elle à atténuer aux yeux de la majorité de ses contemporains l'horreur inspirée par la "cruelle" sélection naturelle ? » se demande Armand de Ricqlès, professeur en biologie évolutive à l'université Paris VII. Il faut dire aussi que Darwin vivait dans l'Angleterre victorienne, colonisatrice et industrielle, qui justifiait sa politique au nom du progrès...

En outre, le sens commun donne l'illusion du progrès, puisqu'on

## STEPHEN JAY GOULD L'ÉQUILIBRISTE

Volontiers provocateur, Stephen Jay Gould est à la fois un brillant scientifique et un vulgarisateur de talent. A contre-courant de l'hyper-spécialisation contemporaine, il propose des synthèses inédites et des visions d'ensemble qui renouvellent considérablement les recherches et relancent le débat d'idées. Parallèlement, il se bat contre les utilisations abusives de la science dans les champs de la société, de la morale et de la religion.

Conscient qu'aucun chercheur n'échappe aux schémas mentaux qui nous guident tous, Stephen Jay Gould reconnaît que ses convictions (de gauche), qui influent sur sa vision du monde, ont pu également influencer sa vision de l'évolution. Et, si ses hypothèses ne convainquent pas toujours le monde scientifique, elles incitent à réagir, à rebondir, à redéfinir, bref, à mettre nos idées en mouvement plutôt qu'à les anesthésier dans le confort ouaté de la certitude.

Ses premiers travaux scientifiques – sur des gastéropodes terrestres – touchent aux problèmes de l'analyse morphologique. En raison des faibles possibilités de variation de la construction de leur coquille, plusieurs espèces de gastéropodes, bien qu'adaptées à des micro-environnements distincts, développent des morphologies semblables. C'est donc sur

d'autres critères que doit se fonder la différenciation des espèces : ceux de la croissance d'une partie de l'individu relativement à sa croissance globale.

Ces critères, alliés à des techniques statistiques, lui servent à reclasser des reptiles mammaliens (1), les pelycosaures, en distinguant les morphologies d'espèces différentes de celles qui correspondent à des phases de croissance au sein d'une même espèce. Ce qui l'amène à contester la thèse en vigueur sur le rapport entre ontogenèse – développement de l'individu – et phylogénèse – développement de l'espèce.

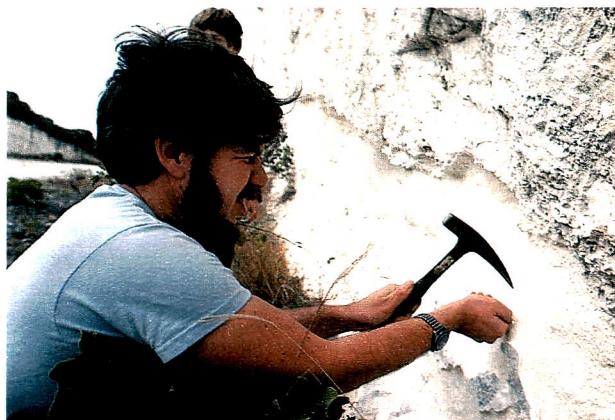
Alors que la théorie de la récapitulation prône que chaque stade de l'ontogenèse correspond à un stade de la phylogénèse, Gould pense que les relations entre ontogenèse et phylogénèse peuvent prendre de multiples formes. Il insiste alors sur le phénomène "petites causes, grands effets" : si, lors de la formation de l'individu, un gène agit un peu trop tôt ou un peu trop tard, il en résultera automatiquement d'importantes modifications morphologiques. Ce travail a fixé le point de départ des recherches actuelles sur les mécanismes de l'évolution.

En 1972, Gould met le feu aux poudres, avec son collègue Niles Eldredge, en sou-

(1) Ordre fossile comportant notamment les ancêtres des mammifères.

tenant que les innovations morphologiques importantes se produisent non pas de façon lente et graduelle, mais soudainement et assez rapidement à l'échelle des

vants seraient non pas les mieux adaptés ou les plus évolués ou les "élus", mais ceux qui auraient eu la chance de se trouver au bon endroit au bon moment. Sépa-



Stephen Jay Gould, casseur de roches et à la recherche du secret du vivant.

temps géologiques. Cette théorie, dite des équilibres ponctués, présente l'évolution comme une alternance de phases d'équilibre, de crise et de ponctuation. La longue stabilité d'une population serait soudain bouleversée par de profonds changements de l'environnement.

A la suite d'une extinction massive ou du dispersement de la population, il se constituerait des groupes comportant de faibles effectifs d'individus, qui représenteraient donc un échantillonnage biaisé des gènes de la population ancestrale. Les survi-

rees, évoluant dans des milieux distincts, ces sous-populations connaîtraient une révolution génétique relativement rapide et seraient susceptibles de devenir de nouvelles espèces.

Si cette vision correspond mieux que la théorie graduelle aux archives paléontologiques et aux résultats de la génétique, elle n'en reste pas moins difficile à généraliser. Seuls des ensembles fossiles abondants, précisément classés et couvrant une vaste aire géographique permettent la démonstration. Or, le cas est rare.

peut voir schématiquement l'histoire de la vie comme le passage d'organismes unicellulaires – donc simples à nos yeux – à des animaux et à des végétaux très variés, qui nous paraissent donc compliqués. Seulement, « on ne peut penser l'évolution comme il semble facile de l'expliquer. Le recours à l'évidence est une malhonnêteté intel-

lectuelle », affirme le paléontologue Pascal Tassy (CNRS, Muséum d'histoire naturelle).

Selon Gould, l'idée de progrès fondée sur la complexité croissante des individus tient à une erreur de raisonnement. Au lieu d'observer la totalité des variations sur toute la durée du vivant, on choisit l'histoire d'une lignée, ou celle d'une es-

pèce qui nous semble particulièrement réussie, puis on généralise à partir de ce seul exemple. Mais « la petite ironie de la vie », comme dit Gould, c'est que nous considérons les lignées aboutissant à une seule espèce comme des réussites dans la marche vers le progrès, alors qu'on est en présence de témoins ultimes, à la vigueur tarie, donc de ■■■

■ ■ ■ l'évolution de groupes ratés.

Les équidés et l'homme sont ainsi souvent présentés comme les vainqueurs de l'évolution des mammifères, alors que, en termes de nombres d'espèces et de vigueur évolutive, ce sont incontestable-

## L'homme : un gros cerveau et des dents pitoyables

ment les rats, les chauves-souris et les antilopes qui méritent la palme.

Notre vision est également biaisée par un usage "naïf" des statistiques. Leurs résultats apparaissent comme des données concrètes, comme des tendances du réel; ce ne sont en réalité que des valeurs abstraites, des moyennes, à manier avec circonspection. Mais elles justifient trop souvent nos préjugés. Nous assimilons, par exemple, les tendances observées aux mouvements réels d'un groupe, alors qu'elles peuvent ne résulter que de

variations d'éléments extrêmes, sur lesquels nous nous focalisons, et que les mouvements réels sont divers. De la même façon, lorsque deux phénomènes se développent simultanément dans la même direction, nous établissons entre eux un lien de cause à effet, alors que, dans la majorité des cas, la corrélation est fortuite. Là encore, il faut prendre en compte la totalité des variations d'un système, qui reflètent la réalité, et non les valeurs moyennes, qui la travestissent.

Ainsi, si nous dessinons le graphique de l'évolution globale du vivant, nous avons l'impression qu'il s'étire inexorablement vers plus de complexité, et nous concluons que le vivant est régi par une tendance au progrès. Illusion d'optique ! Seules de rares espèces se situent à un seuil élevé de complexité; la majorité se bouscule aux alentours du seuil de complexité minimale depuis l'émergence de la vie. Ce biais de la courbe relève d'un principe de physique statistique, les séries markoviennes (1) – que Gould qua-

(1) Du nom du mathématicien russe Andréï Markov (1856-1922).

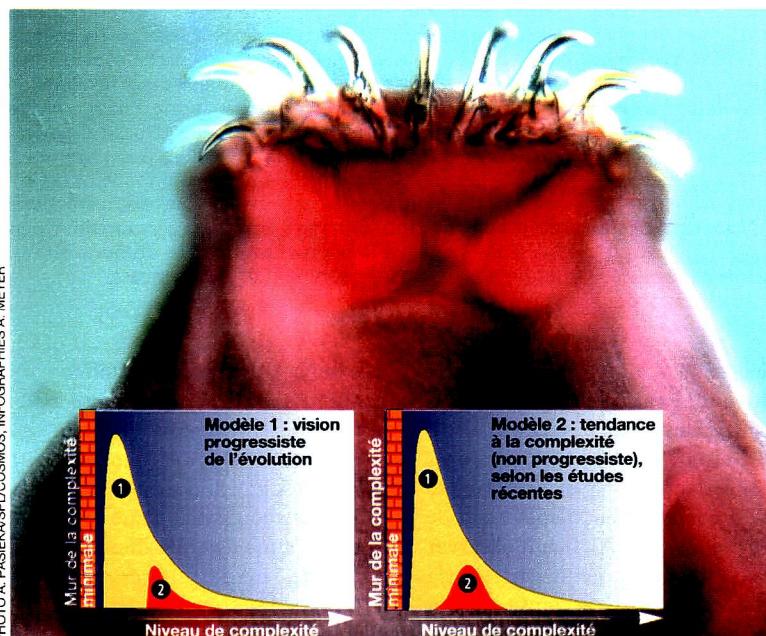
lifie de "marche de l'ivrogne" –, et non d'un déterminisme évolutif.

Ainsi qu'il l'explique, « un système en mouvement rectiligne, physiquement limité par un "mur" à une extrémité et soumis à une dynamique purement aléatoire, voit inéluctablement sa position moyenne s'éloigner du mur, quelle que soit sa position de départ. Une mesure moyenne ou extrême du vivant peut progresser dans une direction donnée, même si aucun avantage évolutif ou aucune tendance intrinsèque ne favorise ce mouvement ». Les espèces fondatrices naissant contre le "mur" de la complexité minimale (le seuil d'émergence de la vie) ne peuvent que progresser. En revanche, les espèces plus complexes et plus tardives peuvent progresser mais aussi régresser.

### LA SOPHISTICATION, UN HANDICAP ?

Gould opte même pour « une petite préférence des lignées pour une diminution de la complexité ». Il raisonne ainsi : la sélection naturelle entraîne des adaptations à des changements environnementaux; ceux-ci étant purement aléatoires, les adaptations le sont forcément aussi. De plus, pour les organismes, la sophistication lui semble plus un handicap qu'un avantage.

Les espèces parasites animales et végétales constituent l'exemple le plus frappant d'une régression évolutive. Encore que tout dépende du



### Possible recul

**La tendance générale du vivant à la complexification (courbes à g.) est réfutée par des travaux récents (courbes à dr.). Si des organismes qui émergent au niveau minimal de complexité ①, comme les bactéries, ne peuvent que progresser, les lignées émergeant à un niveau plus complexe ② peuvent régresser. Les parasites (ici le ténia), régressent morphologiquement.**



## Fragile réussite

**Une infime variation de la séquence évolutive aurait suffi pour que l'homme ne voie jamais le jour. Si les dinosaures ne s'étaient pas éteints, quel aurait été l'avenir des mammifères, donc de l'homme ? L'*homo technologicus* tient à un fragile hasard. Le progrès existe certes dans la culture mais pas dans la nature.**

P. GONTIER/EURELIOS point de vue adopté. En biologie, il n'existe pas de définition précise de la complexité. Les chercheurs s'appuient donc au choix sur des critères morphologiques, sur des critères du développement de l'individu ou sur des critères de fonction. La complexité d'un individu est une notion bien floue...

En effet, tous les organismes sont des ensembles d'organes hyper-développés et d'organes en régression, voire résiduels, car tous les caractères n'évoluent pas à la même vitesse ni de la même façon. L'homme a un gros cerveau, mais, entre autres, des dents et des ongles pitoyables. Et, pour les biologistes, il n'y a aucune raison d'accorder plus de valeur à un élément qu'à un autre... « Le seul progrès dans l'évolution du vivant, c'est la survie et la prolongation des gènes. Aucun jugement de valeur n'y a sa place », conclut Armand de Ricqlès.

« Nous sommes de glorieux accidents », ironise Gould. Il aurait suffi d'une infime variation lors de l'une des étapes de la séquence qui a en-

gendré l'être humain pour que cette séquence suive un autre cours — qui n'aurait pas plus abouti à *Homo sapiens* qu'à un autre être doué de conscience.

La démonstration de Gould pourrait s'appeler le jeu de « qui perd gagne. » Revenons aux bactéries. Leur merveilleuse persistance, leur saisissante diversité, leur incroyable développement dans des conditions indépendantes de la photosynthèse nous enseignent des notions exaltantes sur le vivant. Se pourrait-il que la vie basée sur la photosynthèse, ne soit que l'une des possibilités du vivant ? Des phénomènes vitaux, souterrains, pourraient exister sur d'autres planètes (voir, dans ce numéro, l'article « Une vie extraterrestre tout près de nous ? »).

Certes, le beau cliché d'hier nous procurait réconfort et assurance, mais il nous faisait vivre dans un univers borné. Stephen Jay Gould

nous propose un monde ouvert, surprenant... Et nous incite à contempler la nature avec enthousiasme et bonne humeur. ■

### POUR EN SAVOIR PLUS

De S. J. Gould :

• *L'Éventail du vivant*, Seuil, à paraître ce mois-ci.

• *La Malmesure de l'homme*, réédition ce mois-ci chez Odile Jacob.

Les autres ouvrages de vulgarisation de S. J. Gould ont pratiquement tous été traduits en français.

• Dans le cadre des « Entretiens du xx<sup>e</sup> siècle » organisés par l'UNESCO, un face-à-face réunira Stephen Jay Gould et Edgar Morin sur le thème « Quel futur pour l'espèce humaine ? », le 9 septembre, à 18 heures, à la Maison de l'UNESCO, 7, place de Fontenoy, 75007 Paris. Rens. : 01 40 46 50 89.

J. BAUMSPACOSMOS

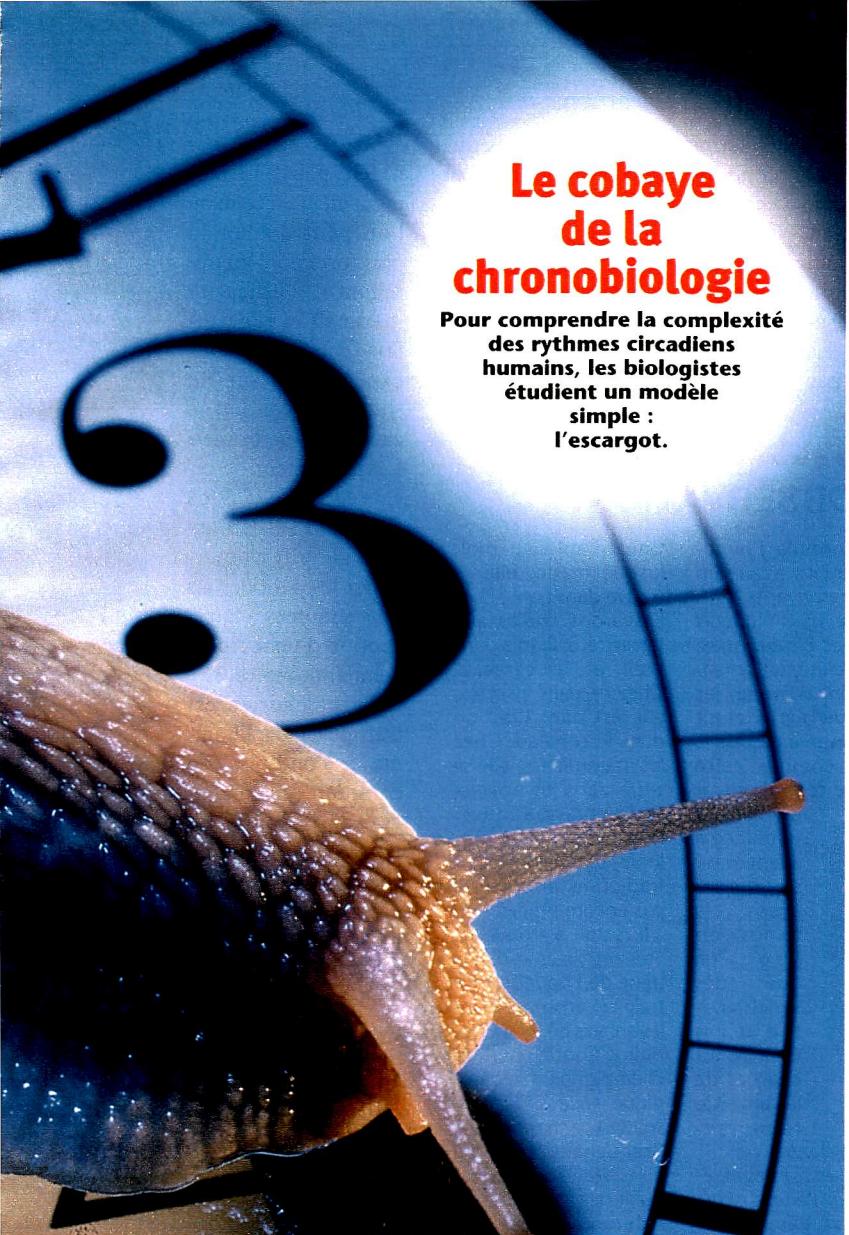


# Quand le corps se met à

■ Des chercheurs américains viennent d'identifier, d'isoler et de cloner le gène qui gouverne l'horloge interne de tous les êtres vivants. La meilleure connaissance des rythmes biologiques devrait déboucher sur des progrès considérables dans le traitement de nombreuses maladies.

PAR PIERRE ROSSION

**P**eut-on concevoir une société où les hommes dormiraient, mangeraient et travailleraient sans avoir d'horaire, où les coqs chanteraient à toute heure du jour et de la nuit, où le muguet fleurirait toute l'année, bref, une société où l'on aurait perdu toute notion du temps ? Eh bien, oui, et elle est même à portée de la main.



## Le cobaye de la chronobiologie

**Pour comprendre la complexité des rythmes circadiens humains, les biologistes étudient un modèle simple : l'escargot.**

H. RAGUET/REA/ELIOS

ce par le Pr Jay Dunlap (Dartmouth College, New Hampshire, Etats-Unis), biologiste de réputation internationale. Cette découverte, qui a fait l'objet de trois importants articles dans la revue de référence américaine *Cell* (mai 1997) devrait susciter de nombreuses interventions, à Paris, du 7 au 11 septembre, lors du congrès international de chronobiologie, organisé par le Pr Yvan Touitou (faculté de médecine Pitié-Salpêtrière).

### UN CHEF D'ORCHESTRE

Ce gène règle les rythmes circadiens (1) par l'intermédiaire d'une protéine dont il commande la fabrication à des moments précis. Mais il doit aussi agir, indirectement, sur les rythmes ultradiens, dont la période est inférieure à 24 heures (battements du cœur, diverses phases du sommeil au cours de la nuit...), et sur les rythmes infradiens, dont la période peut être de plusieurs jours, d'un ou de plusieurs mois, voire d'une ou de plusieurs années (les règles de la femme, par exemple). En effet, les horloges qui président à ces rythmes ne sont pas indépendantes les unes des

autres (voir encadré page 83), les horloges ultradienne et infradienne étant toutes les deux réglées sur l'horloge centrale circadienne.

Les chercheurs sont non seulement parvenus à identifier le gène *clock*, mais aussi à l'isoler et à le ■■■

# la bonne heure

Il suffit de bricoler le ressort de l'horloge centrale qui, chez les êtres vivants, sonne l'heure des repas, du sommeil, du travail, de tout ce que l'on regroupe sous le terme de rythmes biologiques.

Ce ressort vient, en effet, d'être trouvé, chez la souris, par une équipe de chercheurs, dirigée par les Prs Fred Turek et Joseph Takaha-

shi (université Northwestern, à Evanston, Illinois). Il s'agit d'un gène, mis en évidence sur la cinquième paire de chromosomes de ce rongeur, et qu'on est sur le point d'identifier sur la quatrième paire de chromosomes de l'homme. A ce gène, les chercheurs ont donné le nom de *clock* (horloge, en anglais). Un exploit qualifié de tour de for-

(1) Rythmes ayant une période de 24 heures, impliqués notamment dans l'alternance veille-sommeil.

cloner. Ils ont surtout établi qu'il fonctionne au niveau des noyaux suprachiasmatiques (2), c'est-à-dire là où l'on supposait que se trouvait l'horloge centrale circadienne, avant qu'on en découvre le ressort.

« A mon avis, nous dit Fred Turek, le gène *clock* agit sur les rythmes biologiques circadiens par

l'intermédiaire d'autres gènes, qu'il contrôle, à la manière du chef d'orchestre qui dirige ses musiciens. »

La découverte du gène *clock* va avoir d'importantes applications en médecine. Les chronobiologistes savent, en effet, que les médicaments ont une action différente selon le moment où on les administre

(voir *Science & Vie* n° 937, p. 64). Le moment idéal est celui où l'on peut donner la plus forte dose en obtenant l'efficacité maximale et peu d'effets secondaires. Des expériences sur la souris ont conduit le cancérologue Francis Lévi, directeur de recherche au CNRS (hôpital Paul-Brousse, Villejuif) à déterminer les périodes les plus adaptées à la réception d'un médicament anticancéreux.

Ce calendrier est transposable à l'homme à condition de considérer que l'activité de la souris est nocturne, alors que chez l'homme elle est diurne. Autrement dit, le médicament qu'on donne à la souris à telle heure de la nuit doit être administré au malade à la même heure, mais le jour. Cependant, l'expérience montre que ce calendrier ne "fonctionne" vraiment que chez les trois quarts des cancéreux. Chez le quart restant, la maladie perturbe trop l'horloge circadienne pour que le traitement ait un effet positif.

## SUPPRIMER LES EFFETS DU DÉCALAGE HORAIRE

Mais, comme l'a montré Francis Lévi, les patients atteints d'un cancer du côlon constituent une exception. La chimiothérapie qui leur est appliquée selon les principes de la chronobiologie donne des résultats trois fois supérieurs à ceux de la chimiothérapie classique. La découverte du gène *clock* devrait permettre d'améliorer le traitement. Il suffira de mesurer à différentes

## DES SIÈCLES D'OBSERVATION

Les rythmes biologiques – dont l'étude constitue la chronobiologie – se rencontrent aussi bien chez les animaux que chez les végétaux, des plus simples aux plus compliqués, c'est-à-dire des bactéries jusqu'à l'homme. Chez l'homme, ils s'observent à tous les niveaux d'organisation, des cellules à la totalité de l'individu, en passant par les tissus et les organes.

Hippocrate fut parmi les premiers à énoncer l'importance. Cependant, il faudra attendre le début du XVIII<sup>e</sup> siècle pour qu'apparaissent les premières observations scientifiques. En 1729, le physicien et mathématicien français Jean-Jacques Dortous de Mairan rapporte que le mouvement en direction du soleil des fleurs de l'héliotrope persiste lorsque la plante est enfermée dans un lieu obscur.

En 1814, le médecin français Julien-Joseph Virey émit le premier l'idée que les rythmes biologiques sont réglés par des horloges internes. Puis, le biologiste allemand Erwin Bün-

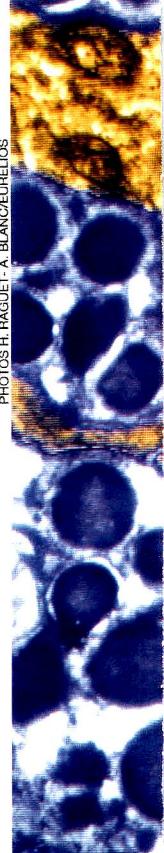
ning formula l'hypothèse qu'il y a, au sein des êtres vivants, non pas une, mais plusieurs horloges biologiques, circadienne, ultradienne et infradienne, les deux dernières étant réglées sur la première. Enfin, comme cette horloge centrale circadienne a tendance à avancer ou à retarder avec le temps, on suggéra que des synchroniseurs étaient chargés de la remettre régulièrement à l'heure.

Chez les plantes et les animaux, ce sont généralement des signaux de l'environnement (lumineux, thermique, sonore, odoriférant) qui stimulent ces synchroniseurs. En revanche, chez l'homme adulte, le stimulus est constitué par l'alternance métro, boulot, dodo.

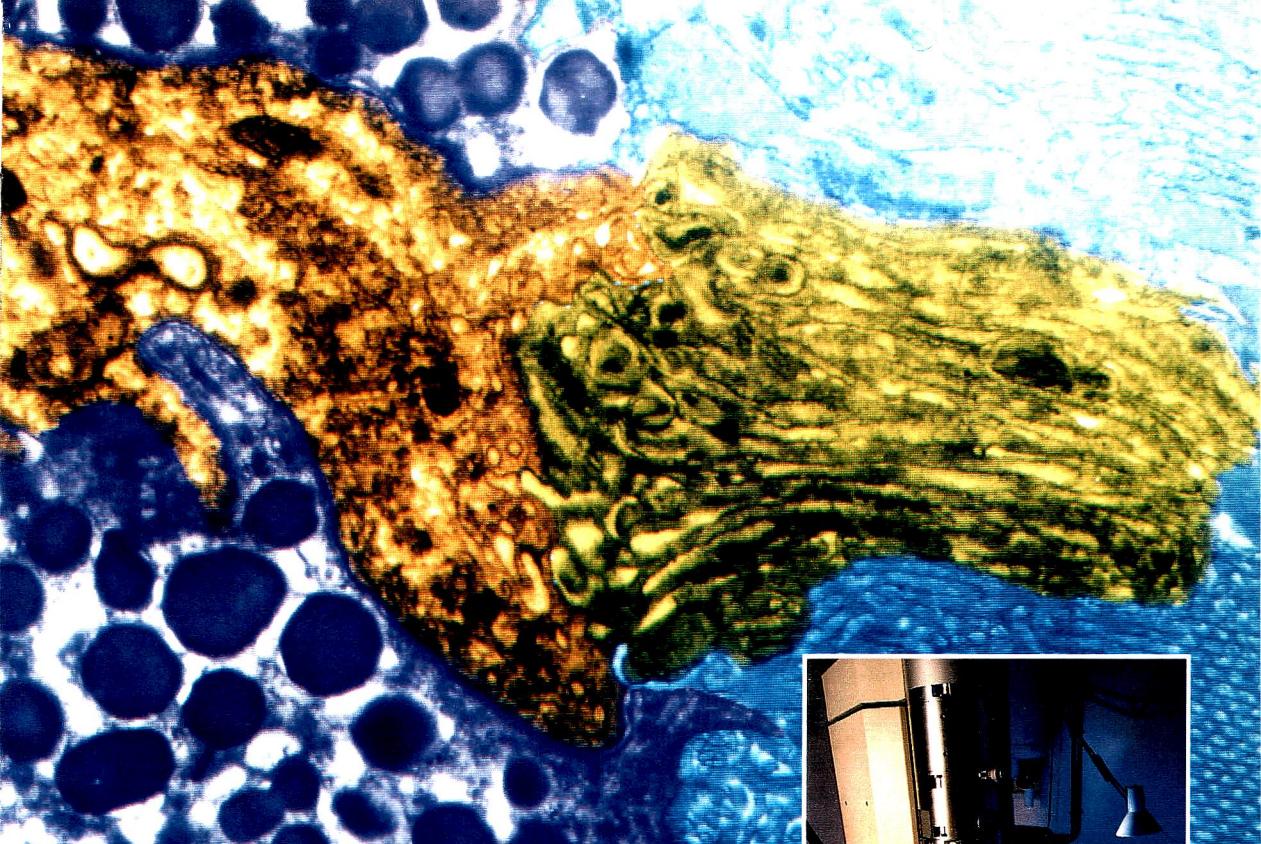
Chez des êtres unicellulaires contenus dans le plancton, tels que les gonyaulax, qui sont dépourvus de système nerveux, l'horloge centrale circadienne est localisée dans des oscillateurs biologiques actionnés par un jeu complexe d'enzymes.

Chez l'aplysie, mollusque marin, elle se trouve dans l'œil ; chez l'escargot, mollusque terrestre, à la fois dans l'œil et le cerveau. Chez certains insectes, elle est dans l'œil ou dans le cerveau. Chez les mammifères, elle se situe dans les noyaux suprachiasmatiques. Quant aux autres horloges, ultradienne et infradienne, on ne les a pas encore situées.

Il restait à trouver le "ressort", c'est-à-dire le gène de l'horloge centrale circadienne. Dans les années 80, on l'identifia d'abord chez un champignon microscopique, *Neurospora crassa*. On le baptisa *frq* (fréquence) et on constata qu'il provoquait des anomalies du rythme de la croissance. Puis, toujours dans les mêmes années, deux gènes, *per* (période) et *tim* (timeless, "sans temps"), furent localisés chez la drosophile, *Drosophila melanogaster*. Ces deux gènes travaillent en symbiose et se manifestent notamment dans l'alternance repos-activité et dans le rythme d'éclosion. Il fallait encore trouver le gène *clock* chez les mammifères. C'est l'exploit que viennent d'accomplir, chez la souris, Fred Turek et Joseph Takahashi.

PHOTOS H. RAGUET, A. BLANC/VERELLOS

(2) Amas de neurones du cerveau situés près de l'endroit où les nerfs des yeux s'entrecroisent.

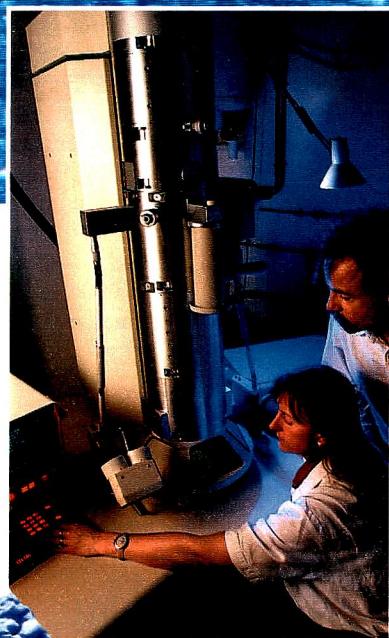


heures de la journée le taux de protéine produit par *clock*, et de déduire la périodicité des rythmes biologiques du patient. Il ne restera qu'à établir un calendrier précis adapté au malade.

De son côté, par des études sur le

rat, l'équipe du Pr Bernard Buisson, de la faculté des sciences et techniques de Saint-Etienne (3), cherche à déterminer le moment de la journée le plus propice à l'injection de médicaments anticoagulants. Là encore, le gène ■■■

(3) En collaboration avec une équipe stéphanoise du CHRU de Bellevue, spécialisée dans la lutte contre la thrombose (formation de caillots dans un vaisseau sanguin).



## Au cœur de l'œil

**Au centre de microscopie électronique de Saint-Etienne (ci-dessus), on étudie, dans l'œil de l'escargot (ci-contre), au niveau des cellules photoréceptrices de la rétine (photo du haut), les rythmes circadiens engendrés par la lumière du jour.**

clock pourrait lui être d'un grand secours.

Comme les noyaux supra-chiasmatiques et l'épiphyse, siège de sécrétion de la mélatonine, sont reliés nerveusement, on a de bonnes raisons de penser que le gène clock contrôle la sécrétion de la mélatonine, en agissant sur le gène qui la produit. On sait que cette hormone (voir *Science & Vie* n° 940, p. 82) est normalement sécrétée la nuit et qu'elle est en relation avec le sommeil. Or, lors d'un décalage horaire, cette hormone est sécrétée le jour et non plus la nuit. C'est pourquoi le voyageur de retour chez lui a envie de dormir en pleine journée. En absorbant cette hormone sous forme de complément alimentaire et en respectant certaines règles horaires, selon qu'on se dirige d'est en ouest ou d'ouest en est, les Américains sont parvenus à supprimer, mais de

PHOTOS H. RAGUET/VERELIOS



### Le plancton, au rythme de la lumière

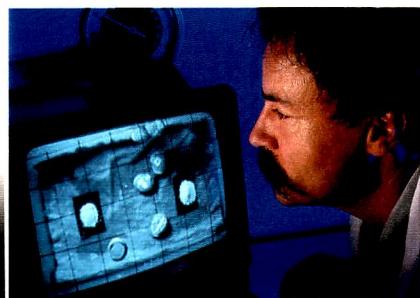
**Dans cet aquarium du laboratoire de Saint-Etienne, on analyse les migrations verticales – qui dépendent de la lumière – des crustacés planctoniques.**

façon très aléatoire, les effets du *jet-lag* (décalage horaire). Aléatoire, parce que le calendrier des prescriptions ne tient pas compte de la physiologie de chaque individu. En mesurant le taux de protéine produit par clock à différentes heures de la journée, on pourra déduire la périodicité de l'alter-

nance veille-sommeil de l'individu et établir un calendrier précis de la prise de la mélatonine.

Enfin, grâce à la découverte du gène clock, les chercheurs espèrent comprendre pourquoi on éprouve à heure fixe les sensations de faim, de soif et de sommeil. Pourquoi le risque d'infarctus est plus important le matin que le soir, tandis que les crises d'asthme sont plus fréquentes au crépuscule. Pourquoi les brebis mettent bas au printemps. Pourquoi les plantes fleurissent à périodes fixes, etc. A ces interrogations le congrès international de chronobiologie devrait apporter des amorces de réponse.

Mais, si la découverte du gène



### Un fil à la patte

**Grâce à un dispositif électronique relié à un fil collé sur la coquille de l'escargot (ci-contre), on peut suivre son rythme locomoteur circadien. Un écran vidéo permet de suivre les autres activités comportementales du mollusque (ci-dessus).**



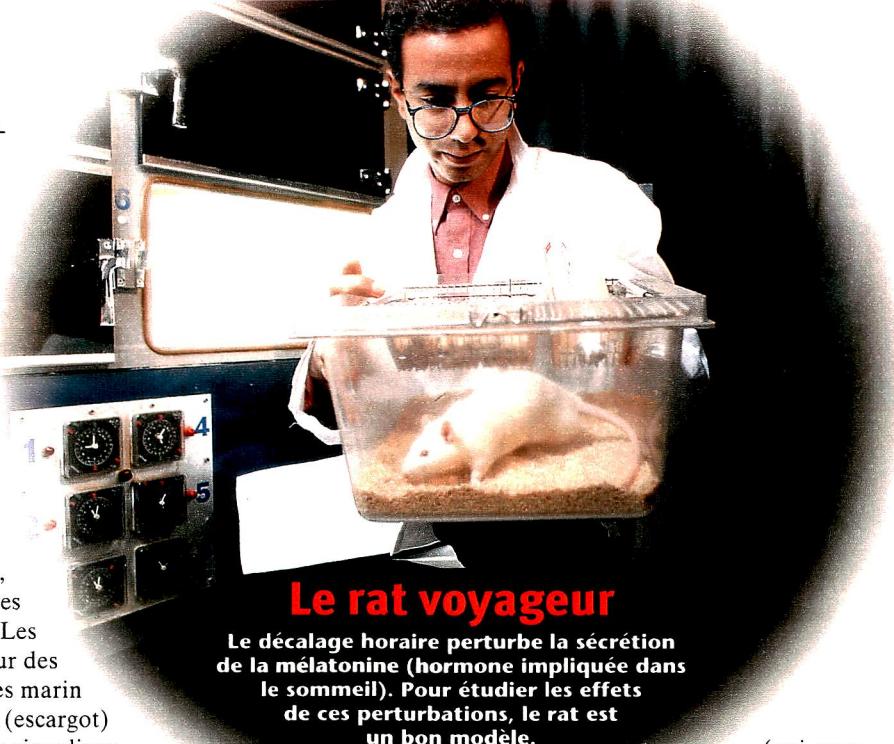
clock va éclaircir certaines questions, elle va en compliquer d'autres. Par exemple, pourquoi, chez la souris, ce gène produit-il sa protéine – certes en faible quantité – ailleurs que dans les noyaux suprachiasmatiques, à savoir dans les poumons, le cœur, les ovaires, les testicules, mais aussi dans d'autres régions du cerveau ? Les recherches menées sur des animaux – mollusques marin (aplysie) ou terrestre (escargot) – qui ont des rythmes circadiens, mais sont dépourvus de noyaux suprachiasmatiques, pourraient fournir une explication.

### D'ABORD DIURNE, LA TRUITE DEVIENT NOCTURNE

Les chercheurs devront également comprendre pourquoi un rythme circadien peut changer de périodicité, ainsi que vient de le montrer, chez l'homme, le Pr Alain Reiberg, pionnier de la chronobiologie en

France (4). Il a

mesuré le temps de réaction d'un groupe d'individus, tous droitiers, à des tests psychométriques faciles et constaté que les deux hémisphères du cerveau avaient un rythme circadien normal. Puis il a soumis ses patients à des tests psychométriques complexes, pour observer que l'hémisphère gauche



## Le rat voyageur

Le décalage horaire perturbe la sécrétion de la mélatonine (hormone impliquée dans le sommeil). Pour étudier les effets de ces perturbations, le rat est un bon modèle.

(qui commande la main droite) continuait à

fonctionner sur 24 heures, alors que l'hémisphère droit (qui commande la main gauche) passait à un rythme de trois fois 8 heures. Ces travaux ont été confirmés par le Pr Israël Ashkenazi, à l'université de Tel-Aviv. A ce jour, les chercheurs n'ont pas trouvé d'explication définitive pour rendre compte de ces phénomènes. Ils n'ont fait que les constater.

Un phénomène semblable s'observe chez la truite, qui, au début de sa vie, est diurne, puis, après un mois de transition, devient nocturne, comme l'ont montré les chercheurs de Saint-Etienne. Pour l'instant, les études sur le gène clock sont fondamentales, c'est-à-dire qu'elles visent à comprendre les mécanismes qu'il met en jeu. La prochaine étape pourrait consister à le bricoler. Pour le meilleur ou pour le pire ? ■

## DES SOURIS ET UN GÈNE

Pour découvrir le gène clock, les chercheurs américains sont partis de deux lignées de souris, l'une ayant un rythme circadien à peu près normal de 23 h 30 min, l'autre, un rythme anormalement lent de 25 heures. En comparant l'ADN (molécule porteuse des gènes de l'hérédité) des deux lignées, ils sont parvenus à localiser, sur la cinquième paire de chromosomes, un gène qui n'avait pas la

même séquence de bases (1) dans l'une et l'autre lignée.

Dans la version normale, les bases se trouvaient dans le bon ordre, tandis que, dans la version anormale, elles présentaient une altération – une mutation, disent les biologistes. Ainsi était mis en évidence le gène clock.

Pour en avoir la preuve, les chercheurs ont inoculé une copie mutée de clock à des souris normales. Celles-ci

ont acquis un rythme circadien de 25 heures. Puis ils ont injecté deux copies, toujours à des souris normales. Cette fois, le rythme circadien passa à 27 heures. Inversement, en introduisant une copie normale de clock dans des souris anormales, ils rétablirent le rythme circadien correct.

(1) Les bases de l'ADN sont l'adénine, la cytosine, la guanine et la thymine. Leur ordre de succession dans l'ADN définit le programme génétique.

(4) Directeur de recherche au CNRS (unité de chronobiologie et chronopharmacologie, Fondation Adolphe de Rothschild, Paris). Alain Reiberg est l'auteur de *les Rythmes biologiques* (PUF), *Chronobiologie et chronothérapie* (Flammarion), *les Rythmes biologiques : mode d'emploi* (Flammarion).

# Environnement: faibles doses, forts dangers ?

■ Benzène, amiante, rayonnements, pesticides... Nous absorbons à notre insu une foule de produits toxiques. Qui, même à faibles doses, peuvent provoquer cancers et leucémies. On commence à en chiffrer les risques, et la France s'inquiète enfin de ce problème de santé publique.

PAR HÉLENE GUILLEMOT



**C**haque jour, insidieuse-  
ment, la civilisation indus-  
trielle distille à faibles doses ses  
innombrables poisons. Nous ava-  
lons des pesticides avec nos ali-  
ments, respirons la pollution  
urbaine et le benzène des gaz  
d'échappement, inhalons l'amiane  
échappée des bâtiments, absor-  
bons les radiations ionisantes près  
des installations nucléaires et les  
ondes électro-magnétiques sous  
les lignes à haute ten-  
sion... Même les  
objets fami-

liers, ordinateurs de bureau ou té-  
léphones portables, sont suspec-  
tés d'émettre des ondes nocives!

**Pas un mois**  
s a n s  
que

les médias sonnent l'alerte à pro-  
pos d'un nouveau danger dissimu-  
lé dans notre environnement.  
Mais comment distinguer les fan-  
tasmes des réalités ? Comment  
évaluer la gravité des menaces ?  
Des chercheurs, des médecins, de  
plus en plus nombreux, com-  
mencent à prendre au sé-  
rieux ces risques autrefois  
négligés ou ignorés.  
Faibles risques pour  
chaque individu, mais qui, à l'échelle d'une  
population, peuvent  
devenir de vrais pro-  
blèmes de santé pu-  
blique.

Maintenant que  
les scientifiques ont  
identifié la plupart  
des grandes causes  
des maladies, ils  
en cherchent les  
sources mineu-  
res, cachées. Ils  
s'aperçoivent  
que ce que nous  
mangeons, bu-  
vons, respirons  
joue un rôle  
primordial  
dans de mul-  
tiples mal-  
adies – à com-  
mencer par  
les plus  
meu-  
trières :  
les af-

F. BOLUSSET/AUTO MOTO

## Un geste anodin...

Les vapeurs d'essence  
chargées de benzène  
toxique à haute dose –  
représentent sans  
doute un risque  
minime. Mais nous  
sommes chaque jour  
exposés à de  
multiples toxiques.  
Leurs effets sont-  
ils cumulables ?



fections cardio-vasculaires, et surtout les cancers, dont 70 % à 90 % ont des causes extérieures à l'organisme. Les principaux coupables sont connus depuis longtemps : le tabac et l'alcool provoquent environ le tiers des cancers. La nutrition aurait aussi une influence majeure – même si l'on ne dispose pas de données certaines sur le caractère plus ou moins cancérogène des divers aliments. Enfin, de 10 à 20 % des cancers sont imputables à des facteurs environnementaux (voir tableau ci-contre), souvent mal identifiés, mal évalués, ou toujours à découvrir...

### LEUCÉMIES ET LYMPHOMES EN NOMBRE CROISSANT

Le risque environnemental doit être pris d'autant plus au sérieux que, derrière l'accroissement régulier de l'espérance de vie, se cachent des chiffres fort inquiétants. Dans un colloque, en décembre 1996, la Société française de santé publique soulignait « la progression régulière d'un certain nombre de pathologies

## Chimie des villes

**Si l'exposition aux toxiques connus est strictement réglementée dans l'industrie chimique, il n'est pas toujours facile de mesurer les doses manipulées par les travailleurs.**

(principalement les cancers, les affections respiratoires et neurologiques et les atteintes à la reproduction), [qui] conduit à s'interroger sur le rôle des facteurs de risque environnementaux ». Ainsi, depuis dix ans, le nombre des leucémies de l'adulte a augmenté de 2,6 % en France et de 15 % aux Etats-Unis, tandis que les lymphomes (1) ont progressé de 67 % en France et de



B. DECOUT/REA

plus de 80 % outre-Atlantique !

Aux Etats-Unis en-

core, on a observé une hausse de 15 % des leucémies de l'enfant. Et les autres pays occidentaux sont également frappés...

Les premiers soupçons se portent évidemment sur certains cancérogènes bien connus à fortes doses, et présents autour de nous à faibles doses : les rayonnements ionisants, le benzène, l'amiante, par exemple. (L'appellation « faibles doses » n'a rien de scientifique : on qualifie de « faibles » les doses pour lesquelles, statistiquement, on

(1) Tumeur maligne des tissus lymphoïdes.

## Chimie des champs

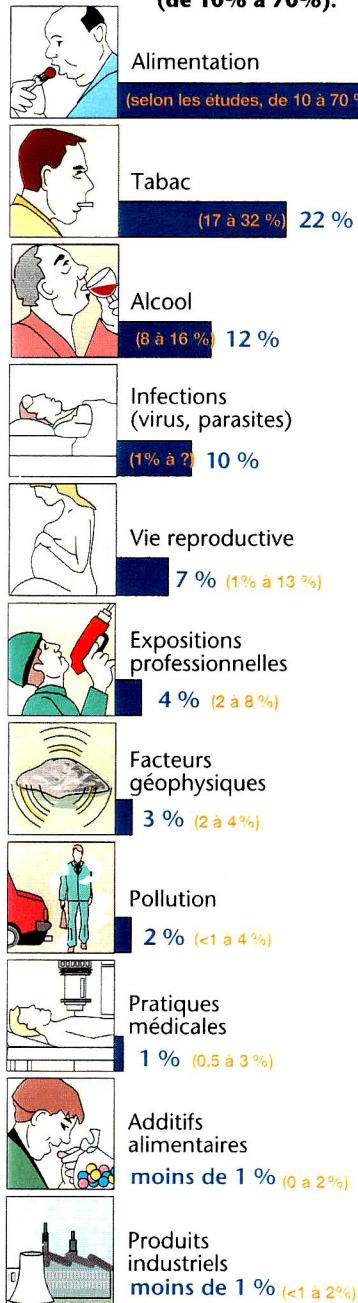
**L'emploi de pesticides, toxiques à hautes doses, se banalise. Mais l'on connaît encore mal leur impact en termes de santé publique.**



THIERRY

# Cancer : les coupables

**Selon les études, sur 100 décès par cancer, 22 en moyenne sont imputables au tabac et 12 à l'alcool. On peut aussi incriminer l'alimentation, mais avec une large marge d'incertitude (de 10 % à 70%).**



n'observe plus d'effet sur la santé; ou, plus pragmatiquement, les doses auxquelles est exposée la population.) Aux concentrations où on les trouve dans notre environnement, ces substances – ou rayonnements – présentent-elles encore un danger ? Et si oui, lequel ?

Le cas du benzène est exemplaire : à dose élevée, c'est un cancérogène reconnu. Pourtant, nous en respirons quotidiennement – dans la fumée de tabac,

les vapeurs d'essence (le super en contient environ 2,5 %) et les gaz d'échappement.

Pour évaluer le risque que présente l'absorption chronique de toxiques à faible dose, on procède par étapes : une fois constaté le caractère cancérogène de la substance, on établit une relation entre la dose et l'effet. Pour le benzène, cette relation a été calculée dans les années 70, à partir d'études auprès des travailleurs de la chimie (il est en effet plus aisés d'enquêter dans un milieu professionnel que dans la population générale : les expositions y sont plus contrastées, plus faciles à mesurer et plus élevées).

## CAUSES MULTIPLES, EFFETS IMPREVISIBLES

La relation dose-effet étant connue pour des expositions assez fortes, reste à en déduire le risque pour les faibles doses. A ce stade, il faut régler son compte à la fameuse question du "seuil", sur laquelle se focalise souvent – à tort – le débat. Cette question s'énonce ainsi : y a-t-il une dose limite, un "seuil", au-dessous duquel une substance toxique n'est plus dangereuse ? Ou bien toute dose, même la plus petite, peut-elle déclencher un cancer ?

Pour y répondre, il faut d'abord rappeler que le cancer est une maladie "multicausale" (on ne peut jamais lui attribuer une cause unique) et aussi maladie "sto-

chistique" (qui semble frapper au hasard). « Si vous trempez la main dans l'eau bouillante, vous vous brûlez à coup sûr : l'effet est "deterministe", explique Denis Bard, chef du laboratoire d'épidémiologie de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN). En revanche, il est impossible de prévoir si un individu exposé à un cancérogène donné développera ou non un

## Une seule molécule peut suffire à amorcer un cancer

cancer. » C'est seulement à l'échelle d'une population qu'on peut voir le nombre global de cancers s'accroître avec la dose absorbée. Au niveau individuel, on dira que la probabilité (ou le risque) d'avoir un cancer augmente avec la dose.

Selon les biologistes, la cancérogenèse se déroule en plusieurs étapes. Tout commence par une mutation dans l'ADN d'une cellule, induite par un agent dit "mutagène" (rayonnement, benzène ou autre). Il faut ensuite qu'un autre agent (le "promoteur") favorise la multiplication des cellules mutées. Or, pour la plupart des scientifiques, une seule molécule cancérogène, ou une seule particule ionisante, peut en principe entraîner une mutation dans l'ADN, donc initier un cancer. Donc, les cancérogènes agissent sans seuil. Mais la probabilité d'apparition d'un cancer dépend de la dose. Si elle est minuscule, cette probabilité est infime – mais jamais nulle.

A vrai dire, la question du seuil n'est pas tranchée : selon certains biologistes, pour de très faibles doses, l'organisme dispose d'un stock d'enzymes suffisant pour réparer le petit nombre de lésions occasionnées, et briser dans l'œuf le processus de cancérisation. Il fau-

■ ■ ■ droit donc atteindre une dose-seuil pour que le cancer se développe. Mais, pour d'autres chercheurs, ces mécanismes de réparation ne sont peut-être pas toujours efficaces...

## Comment estimer un risque qu'on ne peut pas mesurer ?

Cette polémique sur le seuil (qui concerne surtout les radiations, domaine où les enjeux sortent du cadre purement scientifique) a le don d'agacer la plupart des épidémiologistes (2). Seuil ou pas, pour eux, le problème n'est pas là. Comme le dit Philippe Hubert, chef du service d'évaluation et gestion des risques de l'IPSN, « le débat sur le seuil me paraît absurde, puisque ça

(2) L'épidémiologie est la branche de la médecine qui étudie la répartition (géographique, professionnelle...) des maladies et recherche les facteurs qui en sont la cause.

se passe là où l'on ne voit rien ». En effet, si le seuil est trop bas, il est inaccessible. Le risque diminuant avec la dose, une très faible dose – qui accroît le risque de cancer d'un millionième, par exemple – produira, statistiquement, un ou deux cancers supplémentaires dans une population d'un million de personnes – lesquelles contracteront, par ailleurs, des centaines de milliers de cancers ! Comment les repérer ? C'est *a priori* impossible.

La vraie question que posent les faibles doses n'est donc pas : existe-t-il un seuil (c'est invérifiable) ? Mais plutôt : comment estimer un risque quand on ne peut pas le mesurer, faute d'études statistiques assez puissantes ? Lorsqu'on a affaire à un cancérogène avéré (benzène, radiations, amiante...), on part du principe qu'il n'y a pas de seuil. Ce choix est dicté par le « principe de précaution » : c'est une hypothèse, qui échappera toujours à l'observation.

Revenons au benzène : puisque c'est un mutagène (ou plutôt, ses

produits de transformation dans l'organisme sont mutagènes, ce qui revient au même), on considère qu'il agit sans seuil. Sa relation dose-effet établie pour de fortes doses a donc été prolongée jusqu'aux faibles doses, conformément à l'hypothèse raisonnable que le risque est proportionnel à la dose. Un seul coefficient permet alors d'exprimer l'un en fonction de l'autre : ce « facteur d'excès de risque unitaire », qui vient d'être officiellement admis par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), associe la concentration de 1 microgramme par mètre cube ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de benzène respiré durant toute une vie à un excès de risque de mort par leucémie de 6 millions. En clair : parmi 1 million de personnes respirant 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de benzène pendant toute leur vie, on verrait apparaître six leucémies mortelles supplémentaires (3).

Partant de ce facteur unitaire, André Cicolella, toxicologue et chimiste chargé de projets à l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS), a cherché à estimer le risque encouru

(3) On ne doit pas parler de risque de cancer dû à l'exposition à un cancérogène, mais d'« excès de risque » par rapport au risque « naturel » de cancer dans une population non exposée à ce facteur.

## Poussières sur la ville

Le risque lié à la pollution urbaine est difficile à chiffrer. Néanmoins, une chose est sûre : les enfants et les personnes âgées ou atteintes de maladies cardio-vasculaires en sont les premières victimes.



Zone rurale

30 morts

2,5 morts

Transport



Remplissage réservoir et conduite auto

5,5

Tabagisme Actif

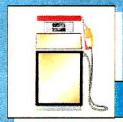


Passif

14

40 morts

Professionnelles



Benzène (chimie) carburants (garage)

4

Air intérieur



13

## Les victimes du benzène

En France, les divers modes d'exposition au benzène entraînent chaque année un excès de mortalité par leucémie, exprimé ci-dessus en "morts statistiques".

pour diverses sources de benzène. Il a reconstitué les expositions de la population française à partir de nombreuses données statistiques (sur la concentration du benzène dans les villes, le temps moyen passé en voiture, la consommation moyenne de cigarettes, le niveau d'exposition professionnelle, etc.).

Pour la première fois, son étude fait apparaître que le benzène "tue" 107

personnes par an en France par leucémie, et 64 par lymphome – le tabagisme et la pollution automobile étant les principales sources d'exposition (voir graphique ci-contre). Bien sûr, ces chiffres résultent d'un modèle fondé sur des hypothèses, et non d'une observation réelle. Mais ils fournissent les ordres de grandeur de dangers qui, justement, échappent à l'observation.

D'ailleurs, une vaste enquête épidémiologique sino-américaine de 1996, portant sur 73 000 travailleurs chinois exposés au benzène et sur 35 000 travailleurs témoins non exposés, a livré des résultats qui concordent avec la relation dose-effet. En s'appuyant sur ces recherches épidémiologiques, et aussi sur des expériences animales en la-

boratoire, l'INERIS vient de proposer à l'Union européenne de fixer la limite légale d'exposition du public au benzène à  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Concentration parfois dépassée dans certaines zones urbaines très polluées par la circulation automobile...

Selon l'étude de l'INERIS, le benzène serait donc responsable de moins de 2 % des décès par leucémies et lymphomes (171 sur 12 000 par an). Mais d'autres produits moins étudiés, issus eux aussi de la combustion de dérivés pétroliers – et qu'on retrouve dans les gaz d'échappement, la fumée du tabac, l'industrie chimique... –, sont peut-être tout aussi toxiques à faibles doses. Ainsi le butadiène est-il soupçonné d'induire un excès de risque de cancer comparable à celui du benzène...

## PRÈS DE 2000 DÉCÈS DUS À L'AMIANTE EN 1996

Autre cancérogène redoutable à fortes concentrations, l'amiante a fait et fera sans doute encore plus de victimes que le benzène, surtout chez les professionnels du bâtiment, les agents de maintenance, etc. (voir *Science & Vie* n° 954, p. 96). Là encore, pour des concentrations élevées (supérieures à mil-

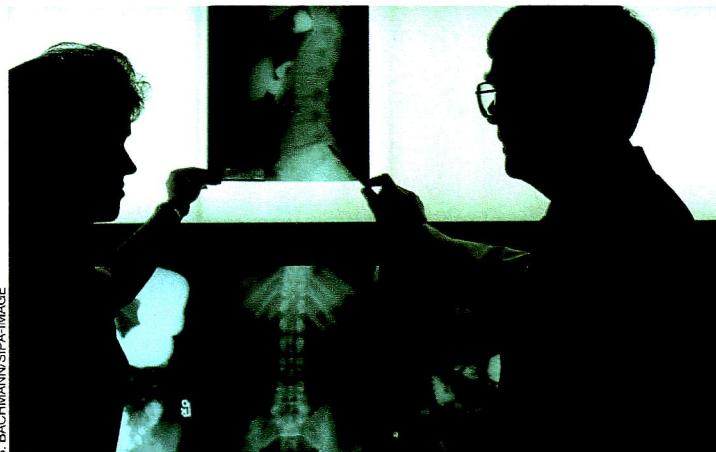
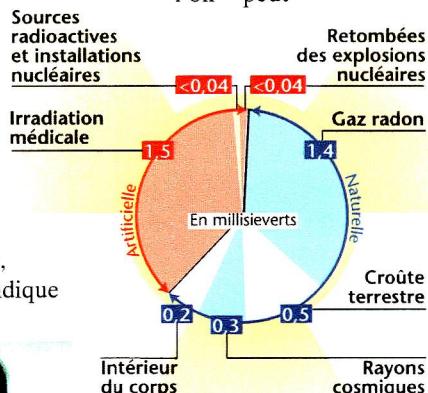


■ ■ ■ le fibres par litre), on a mesuré un excès de risque de cancer proportionnel à l'exposition. Et l'amiante étant un cancérogène "sans seuil", cette relation a été extrapolée aux faibles doses, ce qui, en principe, devrait permettre d'estimer l'augmentation de cancers due à de faibles doses d'amiante, à défaut de pouvoir l'observer. Sauf qu'on ne connaît pas les concentrations d'amiante auxquelles est exposée la population ! L'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) avance le chiffre de 1950 décès attribuables à l'amiante

équivaut à la consommation de 0,1 à 2 cigarettes par jour. Or, de nombreuses enquêtes épidémiologiques ont établi que, comme tout cancérogène, le tabac agit sans seuil : même les petits fumeurs courrent un risque appréciable (voir courbe, p. 92). Dans un rapport à l'Académie de médecine, en mai dernier, le Pr Serge Tubiana indique

par maladies cardio-vasculaires...

Les rayonnements ionisants constituent sans doute le facteur cancérogène le mieux étudié, grâce (si l'on peut



B. BACHMANN/SIPA-IMAGE

en 1996, mais se refuse à établir des projections à long terme, fondées sur des expositions trop incertaines.

Un autre facteur cancérogène a récemment défrayé la chronique : le tabagisme passif. Si le fait de fumer

que « le risque de cancer du poumon est multiplié par 1,1 à 1,77 chez des sujets exposés à l'âge adulte, et jusqu'à 3,25 s'il s'y ajoute une exposition au cours de l'enfance ». En France, une "estimation prudente" attribue à l'exposition à la fumée du conjoint un excès d'une centaine de cancers du poumon par an. En ajoutant l'exposition à la fumée des collègues de bureau, des amis, etc., on peut évaluer à 200 le nombre des cancers dus au tabagisme passif. Pour les maladies cardio-vasculaires, l'accroissement du risque relatif est du même ordre, mais, comme ces affections sont beaucoup plus fréquentes, on estime que le tabagisme passif accroît de 2 500 à 3 000 le nombre des décès annuels

## Nous sommes tous des irradiés !

Chaque Français est soumis à une irradiation moyenne de 4 millisieverts par an (2,4 mSv sont d'origine naturelle). Principale source d'irradiation artificielle : les examens médicaux (1,5 mSv par an contre 0,3 mSv en Suisse et aux Pays-Bas). Une directive européenne devrait bientôt réglementer la radiographie.

dire...) aux bombardements nucléaires d'Hiroshima et de Nagasaki. Depuis 1950, une fondation américano-japonaise a suivi les 76 000 survivants des deux tragédies, reconstitué la dose de radiations que chacun d'eux a reçue et répertorié les maladies et les décès survenus depuis. De 1950 à 1990, environ 5 800 survivants sont morts des suites de cancers "solides" (tous ceux qui n'affectent pas le sang et la lymphe) et plus de 200 de leucémies, ce qui représente 600 cancers et 100 leucémies de plus qu'on en attendrait dans une population non irradiée (en se basant sur les statistiques de mortalité au Japon). Cette étude épidémiologique, particulièrement soignée et

## Les parents fument, les enfants trinquent

ne peut être assimilé à un risque environnemental (c'est un risque choisi), en revanche, inhale la fumée d'autrui, c'est bien subir l'absorption d'un toxique à faible dose. On considère que l'exposition passive

complète, est la principale source servant à construire la courbe de référence dose-effet des rayonnements. (Elle est complétée par des travaux portant sur les mineurs exploitant l'uranium, les irradiations médicales, etc.) Cette courbe, établie pour de fortes expositions, a été extrapolée aux faibles doses, par l'introduction d'un facteur correctif tenant compte du "débit de dose" : en effet, pour une exposition donnée, le rayonnement est plus nocif s'il est absorbé d'un seul coup que s'il est étalé dans le temps.

### ETUDE MONDIALE SUR LES EMPLOYÉS DU NUCÉAIRE

Pour peu qu'on y consacre la "puissance statistique" nécessaire, on peut également étudier les conséquences des faibles doses de radiation, non plus seulement par extrapolation théorique, mais directement, sur le terrain. Tel est l'objectif du très ambitieux projet épidémiologique lancé par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). L'une de ses

## Baignade périlleuse ?

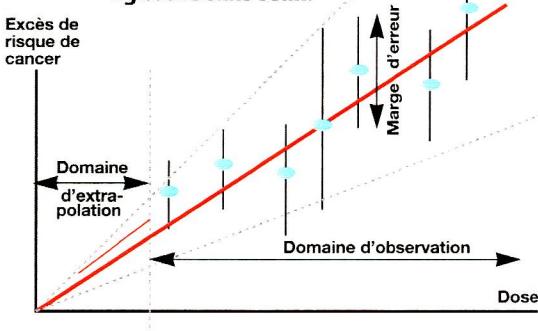
**A l'usine de retraitement des déchets radioactifs de La Hague, la radioactivité des effluents mesurée à la sortie du tuyau est très forte. Mais elle se dilue très rapidement, et les doses absorbées par la population sont l'objet d'un débat passionné.**



M. LAMBERT/GAMMA

## Faibles doses, risque calculé

**Pour de fortes doses de toxiques, les résultats d'études épidémiologiques (points bleus) permettent de tracer une droite (en rouge) reliant dose et risque de cancer. Cette relation est extrapolée pour les faibles doses, en considérant que les cancérogènes agissent sans seuil.**



équipes a d'abord repris sept enquêtes menées entre les années 40 et les années 80 aux Etats-Unis, au Canada et en Grande-Bretagne sur les travailleurs de l'industrie nucléaire, 96 000 personnes au total, réparties en plusieurs groupes en fonction des doses de rayonnement qu'elles ont absorbées. On a comparé le nombre des décès par cancers (environ 4 000, dont un peu plus de 100 leucémies) au nombre attendu dans une population équivalente en l'absence

de radiations. Verdict, publié à l'automne 1995 : on n'a pas trouvé d'excès de tumeurs solides, mais 10 leucémies en trop, chez les travailleurs les plus exposés. Résultat qui, là aussi, concorde avec la relation dose-effet extrapolée.

Pour prolonger la courbe en direction des faibles doses, et réduire la marge d'erreur, le CIRC mène actuellement des études similaires dans tous les pays dotés d'une industrie nucléaire (dont la France). Objectif : étudier à l'échelle du monde entier 500 000 travailleurs faiblement exposés pendant plusieurs années.

Pour de faibles doses de rayonnement, on a dit, la relation dose-effet est une simple droite, extra-

polée à partir des plus fortes doses. Un seul coefficient permet donc (comme dans le cas du benzène) d'exprimer le risque de cancer en fonction de la dose de radiation : ce facteur de risque est de 0,05 cancer supplémentaire par sievert (4) et par an. On peut alors se livrer à des "projections", afin de calculer le nombre de cancers ou de leucémies engendrés par une exposition connue.

### LE NUCÉAIRE AU CENTRE DE LA POLÉMIQUE

« Chaque Français absorbe en moyenne 4 millisieverts par an, dit Philippe Hubert. Par de simples multiplications, on en déduit qu'il y a chaque année, en France, 12 000 cancers "radio-induits". » On peut en détailler l'origine, sur la base des doses moyennes attribuées aux diverses sources de rayonnement (voir graphique, p. 90) : 4 200 cancers seraient dus au radon (gaz radioactif émis par le sol), 4 500 à l'irradiation médicale et moins d'une centaine à l'industrie nucléaire...

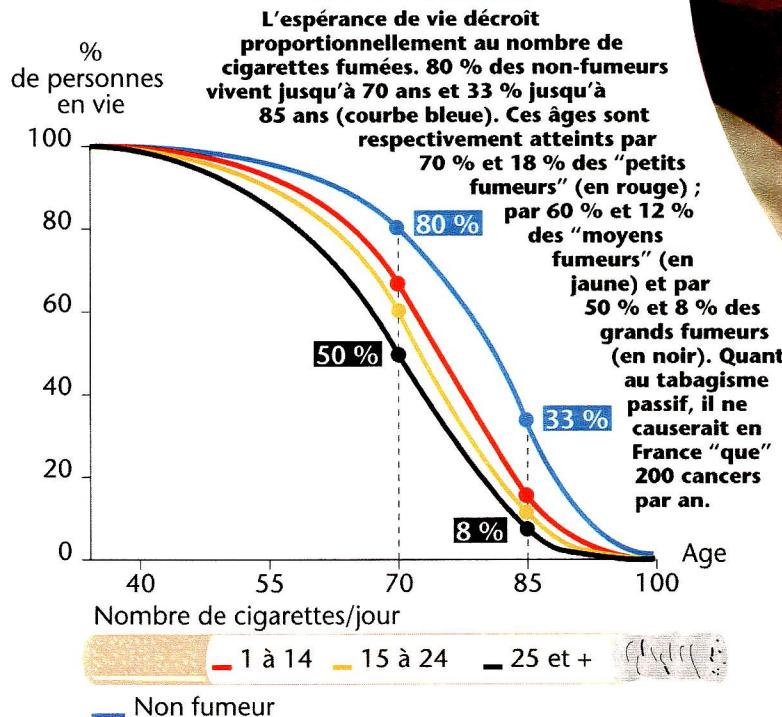
Tout le monde ne s'accorde pas sur cet excès de risque (relativement) faible attribué aux installations nucléaires. Une enquête rapportée par *Science & Vie* dès le mois de décembre 1995 (n° 939,

étude, le Dr Jean-François Viel, directeur de l'unité d'épidémiologie de l'université de Besançon, le risque de leucémie serait multiplié par 2,8 chez les enfants qui fréquentent les plages et consomment les poissons et les crustacés pêchés sur les côtes alentour.

Viel attribue ce risque à une contamination radioactive locale. Ses travaux ne font pas l'unanimité chez les épidémiologistes : certains en critiquent les méthodes, d'autres contestent le lien de causalité avec la radioactivité. Le comité scientifique créé à la demande du gouvernement n'a pas livré de

Évaluer des risques environnementaux est plus difficile encore quand on a affaire non pas à une substance identifiée, mais à des mélanges de nombreux polluants, comme c'est le cas de la pollution atmosphérique : particules, oxydes de soufre et d'azote, ozone... Pourtant, depuis quelques années, plusieurs études mettent en évidence des effets de la pollution sur la santé de certains groupes à risque (enfants, personnes âgées,

### Des vies en fumée...



## La pollution urbaine est un fléau, mais est-il mortel ?

p. 85), et qui a fait couler beaucoup d'encre, observe un excès de leucémies (4 cas au lieu de 1,4 attendu) près de La Hague, où se trouvent une usine de retraitement et un centre de stockage des déchets nucléaires. Selon l'auteur de cette

(4) Le sievert (Sv) mesure l'effet biologique du rayonnement sur les tissus.

conclusions définitives : il confirme l'existence d'un "agrégat" anormal de leucémies infantiles, mais, pour déterminer si les radiations de La Hague sont en cause, il recommande de nouvelles mesures de radioactivité et des "reconstructions de doses" plus poussées chez les enfants de la région.

malades). Parallèlement, les recherches de laboratoire montrent de plus en plus finement l'effet des poussières sur les bronches et la diminution des capacités respiratoires des asthmatiques soumis à certains polluants.

Selon une étude dirigée par Philippe Quénel, du Réseau national



de santé publique, l'oxyde de soufre et les particules provoqueraient chaque année entre 30 et 50 "décès prématurés" par maladies cardio-vasculaires à Lyon, et de 260 à 350 en région parisienne. Ces chiffres ne convainquent pas Catherine Hill, chef du département de biostatistique et d'épidémiologie de l'Institut Gustave-Roussy, à Paris : « C'est un exercice périlleux que de rapprocher les variations de taux de certains polluants et les variations de mortalité journalière. Quant à la déduction du nombre de décès, elle est carrément acrobatique ! » « Il s'agit d'estimations, toujours entachées d'incertitude, mais qui donnent des

ordres de grandeur, estime, quant à lui, Marcel Goldberg, directeur de l'unité Épidémiologie de l'environnement professionnel et général de l'INSERM. Ces dernières années, une bonne centaine de travaux ont été publiés sur la pollution atmosphérique : la plupart ont mis en évidence des risques qu'on n'apercevait pas il y a dix ans. »

### LEUCÉMIE ET MAGNÉTISME : PAS DE CORRELATION

Contrairement aux cas que nous avons cités, les champs électromagnétiques ne sont pas jugés toxiques à fortes doses. Pourtant, une étude américaine de 1979 a constaté un excès de leucémies

chez les enfants qui habitaient à proximité de lignes à haute tension. D'autres enquêtes ont suivi, les unes corroborant, les autres infirmant cette observation.

Des épidémiologistes de l'INSERM ont collaboré avec EDF et la compagnie d'électricité canadienne Hydro-Québec dans le but de savoir si le travail sur les lignes électriques affecte la santé. Conclusion... plutôt floue : « On voit de petites augmentations de cancer, mais ce n'est pas très clair », dit Marcel Goldberg.

Cependant, en juillet dernier, une équipe de l'Institut national du cancer américain a publié dans le *New England Journal of Medicine* (NEJM) une enquête rigoureuse mesurant systématiquement l'exposition aux champs magnétiques de 638 enfants atteints de leucémie et de 620 enfants témoins. Résultat : aucune corrélation entre risque de leucémie et champ magnétique. « Il est temps de cesser de gaspiller nos crédits de recherche, commente l'éditorialiste du NEJM. Nous devrions les orienter vers des recherches capables de découvrir les vraies causes biologiques des leucémies. »

Cette série d'exemples, nullement exhaustive, montre bien la difficulté de mesurer les effets des faibles doses, et la fragilité des études épidémiologiques, souvent contredites, presque toujours critiquées... C'est pourquoi les épidémiologistes passent les enquêtes au crible d'un certain nombre de critères méthodologiques. Comme dans les sondages, de nombreux biais peuvent fausser les résultats : la mémoire des personnes interro- ■■■

gées est sujette à caution, le groupe de contrôle que l'on compare au groupe de malades doit être vraiment représentatif... Même bien conduite, une étude ne sera jugée pleinement convaincante que si le risque découvert est important (un risque de cancer multiplié par 1,5, ou même par 2 ou 3, peut être le

## Le système sanitaire français est inadapté

fruit du hasard ou de facteurs inconnus), si l'effet mesuré correspond à un mécanisme biologique, et – surtout – si d'autres enquêtes corroborent les résultats. Une étude qui ne remplit pas ces conditions sera certes prise en considération, mais avec davantage de prudence, et elle devra être confirmée par d'autres.

### UN DÉSERT DE DONNÉES ENVIRONNEMENTALES

Ces incertitudes et ces difficultés ne doivent pas servir de prétexte pour négliger les risques environnementaux. Bien sûr, ceux-ci ne pèsent pas lourd face aux ravages de l'alcool et du tabac, au point que toute enquête épidémiologique, quel qu'en soit le thème, prend d'abord en compte le fait qu'on est fumeur ou pas... De plus, le niveau socio-économique – mode de vie, habitat, travail, alimentation... – joue, dans l'état de santé de la population, un rôle bien plus déterminant que la pollution. Individuellement, les expositions aux faibles doses de toxiques constituent des risques souvent très faibles, mais, collectivement, l'excès de cancers peut être important si de nombreuses personnes sont exposées au facteur de risque – ce qui est le cas pour le benzène, la pollution ur-

baine, les rayonnements, etc.

Pourtant, une partie de la communauté scientifique a du mal à prendre au sérieux ces risques "invisibles". « Certains biologistes ont tendance à ne croire que ce qu'ils voient, et se défient des projections issues de calculs statistiques », déplore Philippe Hubert. Travers bien français, au dire de beaucoup d'épidémiologistes. « Ni les pouvoirs publics, ni les autorités de la recherche ne s'intéressent aux risques professionnels ou environnementaux, ce qui explique le désert de données sur la réalité française ! regrette Marcel Goldberg. On considère que la santé, c'est l'affaire du médecin qui soigne le malade, et on néglige l'approche collective. »

Un constat semblable a été dressé

Mais la France commence à rattraper son retard : création d'un Réseau national de santé publique, d'un programme de recherche interministériel *Environnement et Santé*, mise en place de registres du cancer... Ainsi Jacqueline Clavel, épidémiologiste à l'INSERM, élabore depuis deux ans un registre national des leucémies de l'enfant, dans le but de rechercher les facteurs environnementaux à l'œuvre dans ces maladies. Des questionnaires sont adressés à tous les parents d'enfants leucémiques pour préciser le rôle de divers facteurs, tels que la profession des parents, le mode de vie... « Comme la leucémie est rare (430 enfants atteints par an), il faut une bonne description des cas à l'échelle nationale pour voir

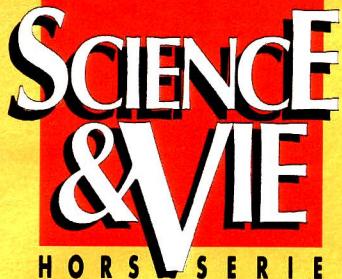


### Dans la ligne de mire

**A l'issue d'une longue polémique, la dernière grande enquête américaine sur les liens entre leucémie de l'enfant et exposition aux champs magnétiques innocentie les lignes à haute tension.**

se lors du colloque de la Société française de santé publique : on y a stigmatisé « l'inadaptation du système sanitaire français face aux problèmes de santé environnementale, la faiblesse et le peu de moyens de la recherche dans les disciplines scientifiques supports de l'évaluation des risques ». ■

émerger des facteurs de risque, commente Jacqueline Clavel. Pour le moment, les hypothèses sont maigres. » D'ici à cinq ou dix ans, peut-être cette enquête, ou une autre, révélera-t-elle un facteur de risque aujourd'hui insoupçonné. Car nous sommes environnés de cancérogènes... ■



**SCIENCE & VIE HORS SERIE**  
évolue pour mieux répondre aux  
attentes de ses lecteurs avec plus  
de photos et d'explications,  
plus de diversité  
et de facilité de lecture.

# QUI SOMMES-NOUS ?

Ce numéro de  
**SCIENCE & VIE HORS SERIE**  
traite d'un sujet  
qui nous concerne tous :  
**l'Homme.**

Quelles vont être les conséquences du  
formidable accroissement de notre population ?

Qu'est-ce qui nous sépare de l'animal ?  
Notre comportement ? Notre génome ?

Quelles sont les spécificités humaines ?

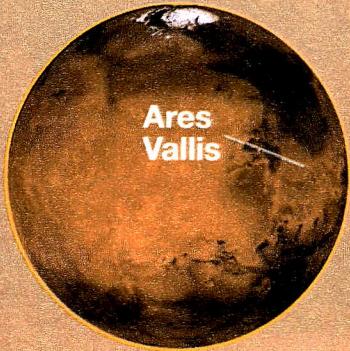
Quelle est l'origine des langues ?



**LE PROCHAIN**

**Parution septembre 97**

# Ici, Mars !



■ Elle a voyagé pendant 500 millions de kilomètres et s'est posée sur le sol martien à l'endroit prévu... La sonde *Mars Pathfinder* – et son petit véhicule tout-terrain "Rocky" *Sojourner* – ont soulevé l'enthousiasme du monde. Et font rêver à de prodigieuses découvertes scientifiques.

PAR JEAN-FRANÇOIS ROBREDO

## Vallée de larmes

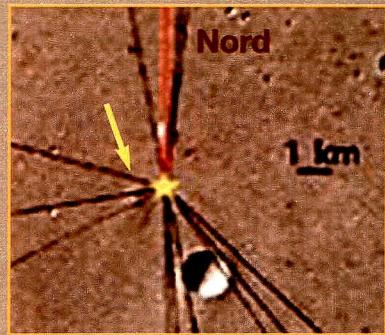
Deux surprises majeures : Twin Peaks, les collines jumelles (photo de fond, à droite) vues à la distance de 1 km, donnent pour la première fois du relief au sol martien ; et la quasi-certitude que l'eau a coulé en abondance (dix mille fois l'Amazone) dans cette vallée dont les pierres présentent des surfaces travaillées par les écoulements (par exemple, Wedge, la cale).

Wedge



## Tombée à pic

Sur cette image prise par *Viking* il y a vingt et un ans, on a pu localiser exactement le site d'atterrissement de la sonde *Mars Pathfinder*. On voit les Twin Peaks (flèche), situées à seulement 1 km de la sonde. La région Ares Vallis (photo page de gauche) semble être le lit d'un ancien fleuve.



Twin Peaks

Flat Top

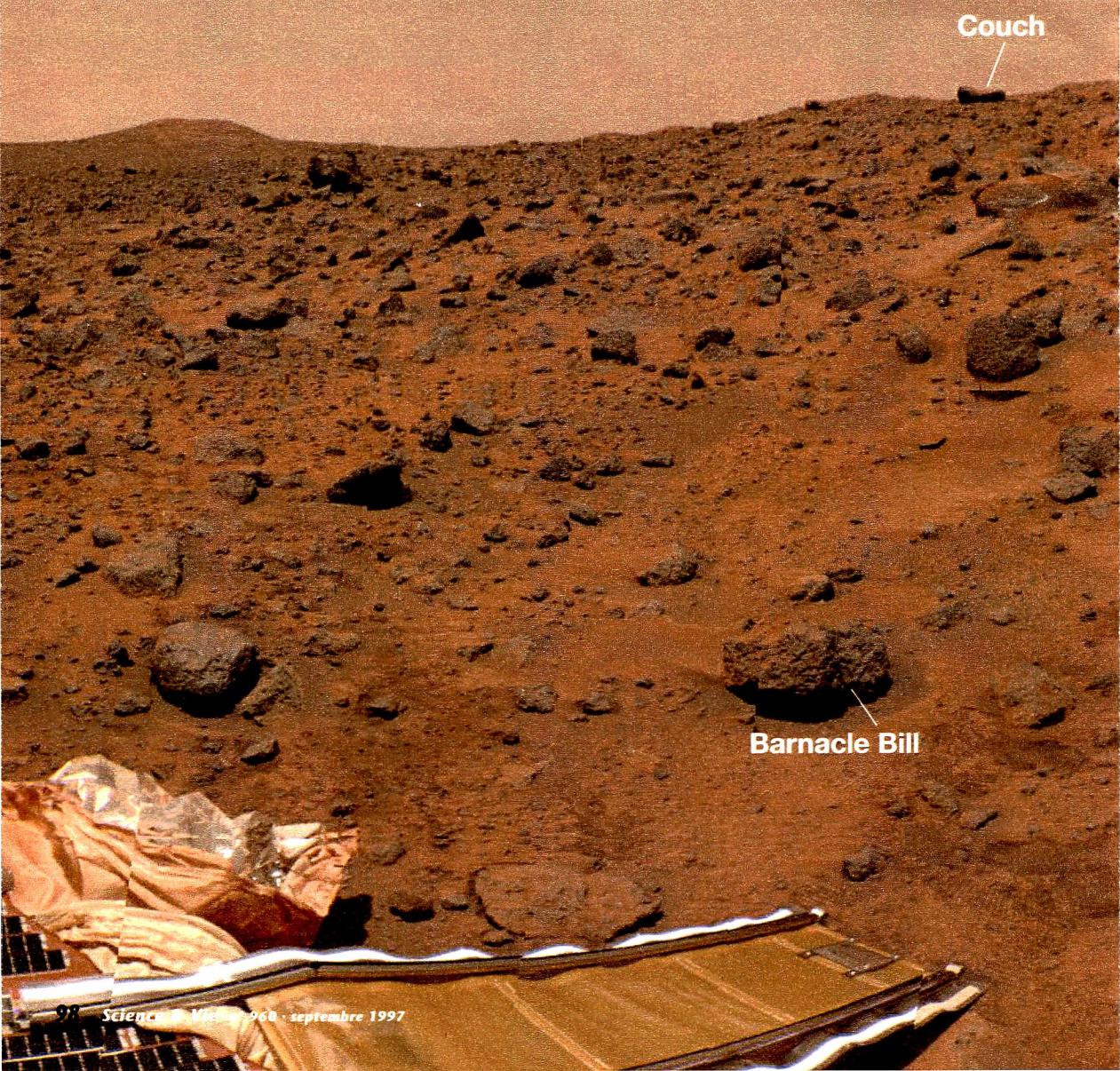
# Sous les collines, le DÉLUGE



CAHIER PHOTOS

ICI, MARS !

# Une AVENTURE de quelques mètres



# Rocky contre Yogi

La pierre géante Yogi, vue de la sonde (dont on aperçoit la rampe de descente sur la photo de fond) et du rover Rocky, alors qu'il s'en approchait lentement. C'est un basalte, probablement volcanique. Ce qui surprend le plus les scientifiques, c'est sa taille (plus de 1 m de hauteur) et sa morphologie : son origine pourrait être différente de celle des autres roches.



Yogi

## La planète qui rouille

Les premières analyses du sol ont confirmé la présence de fer en grande quantité, ce qui donne à la planète sa couleur rouge et fait dire qu'elle se dégrade, qu'elle "rouille" peu à peu. L'une des pierres les plus étonnantes (la première analysée) est Percebe Bill (rebaptisée Barnacle Bill), une roche volcanique de type andésite dont l'origine reste mystérieuse.

# A la recherche de la Vie

## La mission prolongée

Grâce à ses panneaux solaires (à gauche et à droite), *Mars Pathfinder*, ainsi que *Rocky Sojourner*, poursuivront leur exploration pendant plusieurs mois, alors qu'elle ne devait durer que quelques semaines. Outre des analyses géologiques, les scientifiques vont effectuer des mesures du climat (température de  $-10^{\circ}\text{C}$  le jour à  $-80^{\circ}\text{C}$  la nuit), de la composition de l'atmosphère, de la pression (mille fois moindre que sur Terre) et des vents.

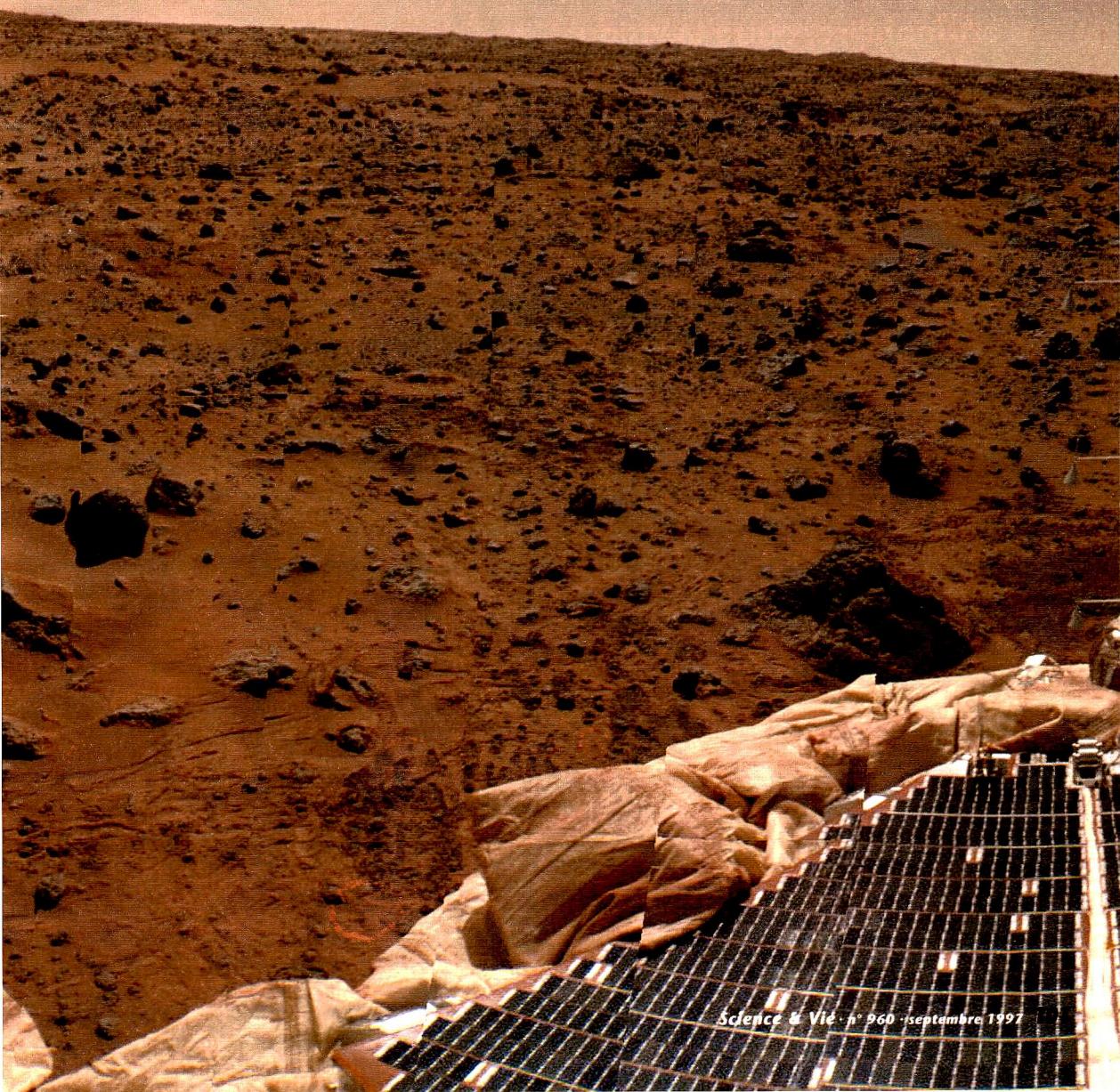
Casper

Scooby Doo

# Coucher de Soleil martien

Cette série d'images prises de la sonde est le premier coucher de Soleil martien vu par des Terriens...

L'atmosphère qui recouvre la planète (dont on peut distinguer les nuages), contient plus d'eau qu'on ne le pensait, mais pas assez d'oxygène pour qu'un être humain puisse la respirer. Cette donnée supplémentaire rend aux scientifiques l'espoir de trouver un jour des traces de vie. En souhaitant que ce seront des hommes, et non des robots, qui en feront la découverte.



# Comment la beauté vient au monde

■ **Le sentiment esthétique peut-il s'expliquer scientifiquement ? La contemplation d'une œuvre d'art mobilise, outre la vision, plusieurs régions du cerveau. Mais comment la beauté engendre-t-elle le plaisir ?**

PAR DELPHINE DEMAIGNAS

**L**a contemplation d'une œuvre d'art est évidemment une expérience esthétique. Certains scientifiques pensent que c'est aussi une expérience cérébrale... Semir Zeki, professeur de neurologie à l'University College de Londres, va jusqu'à fonder les principes esthétiques de l'art pictural sur les fonctions et les processus du cortex visuel. Peut-on éclairer l'art par la science ? Et surtout que peut nous apprendre la science sur une activité qui remonte aux origines de l'homme ?

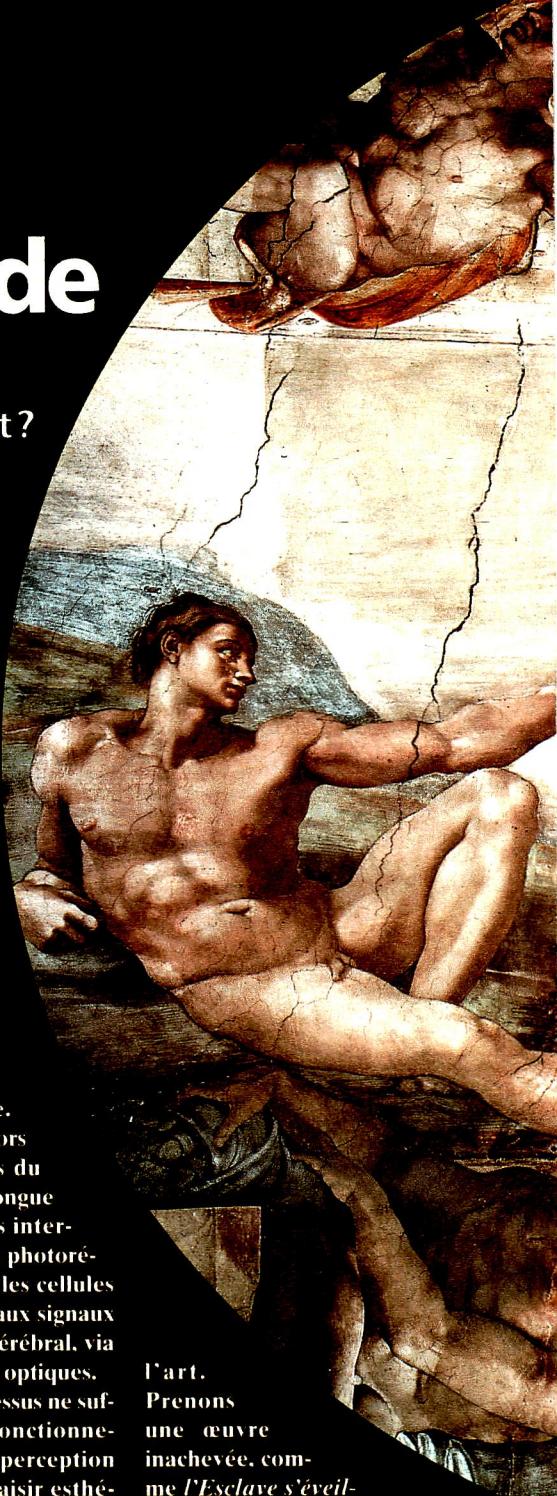
Quand un spectateur contemple un tableau comme le *Café de nuit* de Van Gogh, il n'imagine pas qu'il mobilise toutes les capacités de son cerveau. Au premier niveau de contemplation, la perception et la compréhension de la peinture font appel à une fonction sensorielle, la vision : le système visuel permet la perception brute des éléments physiques constitu-

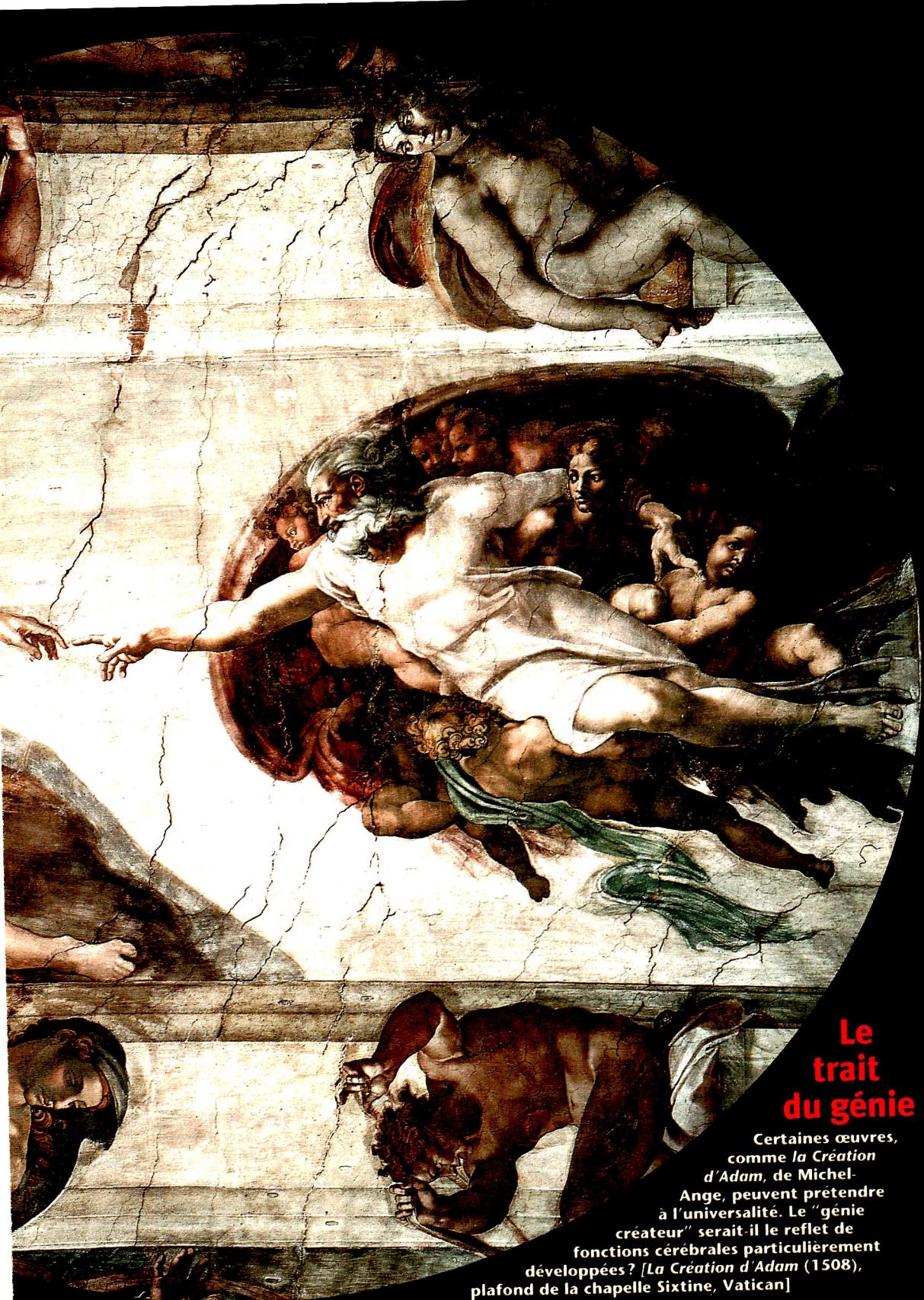
tifs de la toile.

L'observateur du *Café de nuit* balaie des yeux toute la surface, pour capter les couleurs violentes, les formes simples et l'impression de mouvement vers la porte. L'image se projette alors sur les aires visuelles du cerveau, grâce à une longue chaîne de connexions intercellulaires qui relie les photorécepteurs de la rétine (les cellules sensorielles sensibles aux signaux lumineux) au cortex cérébral, via les neurones des voies optiques.

Cependant, ce processus ne suffit pas à éclairer le fonctionnement complexe de la perception et encore moins le plaisir esthétique. En fait, privés de nos outils cérébraux, nous ne pourrions déchiffrer toutes les dimensions de

l'art. Prenons une œuvre inachevée, comme *l'Esclave s'éveillant*, de Michel-Ange : le cerveau devine la partie inexistante de la sculpture. Il lui donne ■ ■ ■





## Le trait du génie

Certaines œuvres, comme *la Création d'Adam*, de Michel-Ange, peuvent prétendre à l'universalité. Le "génie créateur" serait-il le reflet de fonctions cérébrales particulièrement développées ? [La *Création d'Adam* (1508), plafond de la chapelle Sixtine, Vatican]

■ ■ ■ une cohérence en lui prêtant des pieds, des bras et des mains qui n'existent pas. Et même un mouvement, une force à peine contenue, comme si effectivement cet esclave inachevé allait s'éveiller.

## Nous voyons l'art à travers le prisme de notre expérience

Ainsi, une représentation mentale va s'élaborer après le décodage des éléments physiques de la célèbre sculpture. Notre connaissance spontanée de l'inexistant – comme cette main prête à surgir du marbre – est le résultat d'un travail cérébral et non de celui de nos sens. Aussi Semir Zeki définit-il l'art comme « une extension des fonctions du cortex visuel ».

Néanmoins, pour concevoir mentalement le prolongement d'un objet inachevé, il faut bien avoir perçu la réalité qu'il incarne. En fait, nous avons déjà « observé » un jour une infinité de concepts – mains, pieds, bras... – et appris à les connaître pour ensuite les re-

connaître invariablement et spontanément. Cet apprentissage s'effectue à une période critique (jusqu'à 5 ans) pendant laquelle le cortex visuel de l'enfant se développe afin d'acquérir la trace mnésique des objets environnants et leur permanence.

Dès lors, l'individu identifiera toujours les formes familières représentées dans *le Café de nuit*, telles que le billard, les chaises ou les personnages. De la même façon, on reconnaîtra la feuille d'un arbre, même si on la voit jaune à l'automne ou verte au printemps, en plein soleil ou dans l'obscurité. Bien que la feuille réfléchisse une lumière de composition différente à chaque heure de la journée, la perception reste constante.

Pour Semir Zeki, le cerveau extrait de ces variations une « propriété invariante » de l'objet observé. Le concept « feuille » est inscrit dans le cerveau comme un état physique permanent. D'ailleurs, par sa seule évocation, on se la représente instantanément. Pour élaborer son dessin, l'artiste fait ainsi appel à sa mémoire, au stock inépuisable d'images internes qu'il a du monde extérieur. C'est de la même manière que procède l'ob-

## Le Café choc

**Le cortex perçoit d'emblée les caractéristiques physiques d'un tableau. Ici, les formes aux contours appuyés et les couleurs crues. [Le Café de nuit (1888), Van Gogh, Yale University Art Gallery, New Haven]**

servateur de la sculpture de Michel-Ange quand il en prolonge les parties manquantes.

Néanmoins, même si la reconnaissance des concepts est indispensable à la compréhension, elle n'est pas suffisante pour décoder toutes les formes d'expressions que recèle une œuvre d'art. Dans *le Cri*, d'Edvard Munch, une figure squelettique hurle d'angoisse. On devine la grande détresse du personnage, accentuée par la stridence des rouges du coucher de soleil. La toile possède une richesse expressive dont l'exploration ne se résume pas à la simple reconnaissance de concepts. L'œuvre d'art véhicule aussi, et surtout, la vision du monde du créateur. Comment la déchiffre-t-on ?

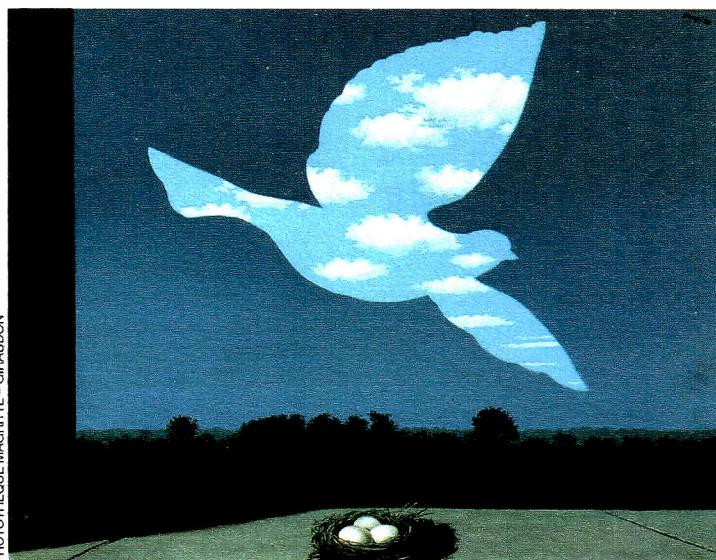
Pour Jean-Pierre Changeux,

## L'oiseau indécis

**Selon notre vécu, nous interprétons cet oiseau comme un symbole de liberté, de quiétude, de fuite... [Le Retour (1940), Magritte, musée des Beaux-Arts de Belgique, Bruxelles]**



Le Café choc



PHOTOTHÉQUE MAGRITTE - GIRAUDON

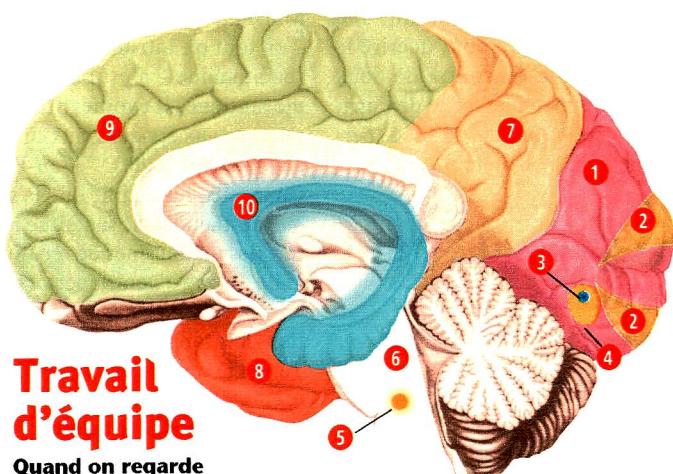


AKG

professeur de neurologie au Collège de France et amateur d'art, il existe, à côté du processus d'identification des objets, « un abondant répertoire des formes expressives qui se développe spontanément dans l'enfance ». L'enfant assimile une foule d'expressions élémentaires, qu'il a recueillies par mimétisme, principalement auprès de sa mère. Le peintre met en scène la détresse – comme dans le tableau de Munch –, mais aussi la souffrance, le chagrin, la haine, la joie, la surprise, la sensualité, l'indifférence, et tout le monde reconnaîtra ces sentiments.

### DIALOGUE IMAGINAIRE

Une sorte de « communication intersubjective » s'établit entre le spectateur et le créateur. Tous les deux projettent sur la toile ■ ■ ■



### Travail d'équipe

Quand on regarde un tableau, le lobe occipital ① (cerveau visuel) préside à la reconnaissance de ses caractères physiques (aires V3 ② et V4 ③ : formes et couleurs ; V5 ④ : mouvement). Le système réticulé ⑤ (dans le tronc cérébral ⑥) assure la vigilance. Le lobe pariétal ⑦ trie les informations, le lobe temporal ⑧ permet d'identifier les concepts. Le lobe frontal ⑨, uni au système limbique ⑩, favorise le sens critique et les émotions.

leurs propres images internes du monde et instaurent « un dialogue imaginaire avec le tableau ». On peut déjà parler de sensation de plaisir (ou de déplaisir). Finalement, l'objet d'art est le produit d'une reconstruction personnelle.

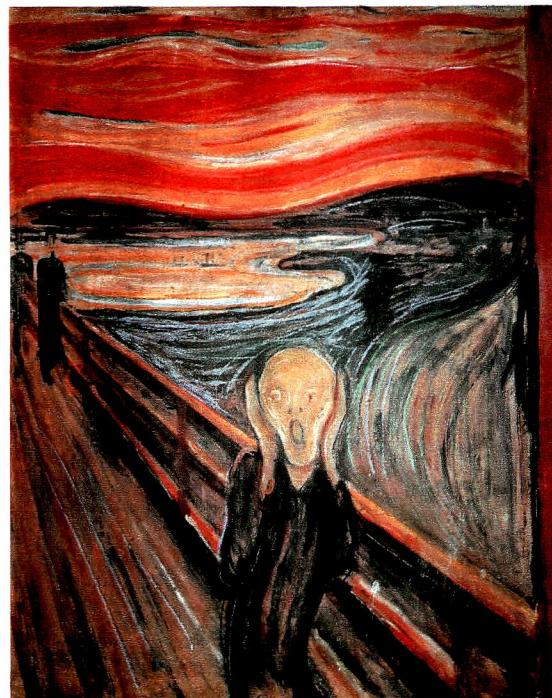
De plus, il suscite des sentiments qui peuvent passer de l'extase au rejet, via l'indifférence, et la beauté qu'on lui attribue comme le sens qu'on lui prête peuvent varier d'un individu à l'autre. Pourtant, les structures du cerveau restent globalement identiques chez tous.

Lorsqu'on observe *le Retour*, de René Magritte, l'oiseau peut faire l'objet de nombreuses interprétations.

Liberté, sécurité, envol, fuite, quiétude, paix, irréalité... : laquelle de ces notions rend objectivement compte de la toile ? En fait, une seule peut suffire pour décrire le résultat de la rencontre de deux structures mentales, celle de l'image perceptive et celle du vécu "personnel" du spectateur.

## Le "trop vu" peut nous lasser, le "trop nouveau" nous dépasser...

Ce spectateur est aussi tributaire d'un vécu "collectif" : il réagit en fonction de son appartenance culturelle – son époque, ses origines sociales et géographiques. Par conséquent, les principes esthétiques, qui ne demeurent pas constants, paraissent difficilement



caractères physiques de l'image perçue (à savoir les contours et les formes, les couleurs, les mouvements, les expressions élémentaires), universellement reconnaissables : l'autre, fait de symbolisme, dont l'interprétation et l'appréciation semblent aléatoires selon les individus. Ainsi, la création synthétiseraient un savoir-faire et un impact émotionnel qui favoriseraient l'émergence du sentiment esthétique.

Si l'on concilie l'art et la science, on admet qu'une part de subjectivité gouverne le plaisir artistique. D'ailleurs, Jean-Pierre Changeux définit globalement le bonheur esthétique comme la « sensation

de bien-être » qu'on ressent face à une œuvre d'art "reconnue".

### L'ENFANCE DE L'ART

Représenter ou comprendre la "beauté" exige sans doute plus qu'une somme de règles physiologiques ou de propriétés invariantes. Qu'est-ce qui fait de *La Joconde*, de Léonard de Vinci ou de *la Création d'Adam*, de Michel-Ange, des chefs-d'œuvre universels ? On pourrait se demander si les grands artistes ont des fonctions cérébrales particulièrement développées ou même s'il existe un gène du génie. Actuellement, la science n'est pas en mesure de le dire.

Le don est-il inné ou acquis ? La controverse est toujours aussi vive. Selon Jean-Pierre Changeux, à partir d'une prédisposition héréditaire, il s'opère une croissance ou/et une dégénérescence de certains territoires cérébraux et de certains cir-

## Agression stridente

**L'angoisse, comme toutes les émotions, appartient à notre répertoire d'expressions élémentaires constitué depuis l'enfance. [Le Cri (1893), Edvard Munch, Nasjonalgalleriet, Oslo]**

mesurables. Par ailleurs, le neuro-psychiatre Roger Vigouroux, professeur à la faculté de médecine de Marseille, souligne que le cerveau – en tant qu'instrument de la pensée humaine – n'est pas un système statique. Il évolue, progresse, s'adapte aux époques, aux cultures, aux technologies. Jean-Pierre Changeux, lui, estime que le sentiment esthétique ne saurait se réduire à des mécanismes de répétition.

Le "trop vu" entraînerait vite la lassitude du spectateur. Toute création doit sans cesse se renouveler. Tel est le cas de l'oiseau de Magritte, tout en ciel et en nuages, qui a surpris le monde artistique. A l'inverse, le "trop nouveau" pourrait susciter le rejet ou l'incompréhension. Comme ce fut le cas de la pyramide du Louvre, dont la modernité insérée dans une architecture ancienne choqua.

En fin de compte, l'art aurait deux visages : l'un, qui implique les

cuits neuronaux en fonction de l'expérience individuelle, des apprentissages et de la consolidation du talent. Le don nécessiterait un terrain génétique particulier, enrichi par le travail.

### CARTOGRAPHIE DU CORTEX

Cependant, sans emprisonner l'activité artistique dans un carcan scientifique, il reste possible d'en dégager certains mécanismes. Grâce à l'imagerie cérébrale, Semir Zeki a réalisé une cartographie du cortex visuel qui permet de localiser plusieurs zones d'activité en réponse à des stimuli sensoriels. Chacune de ces zones est spécialisée dans le "regard" de divers aspects de la scène. Certaines s'occupent des couleurs, d'autres des formes et des contours, d'autres encore des mouvements.

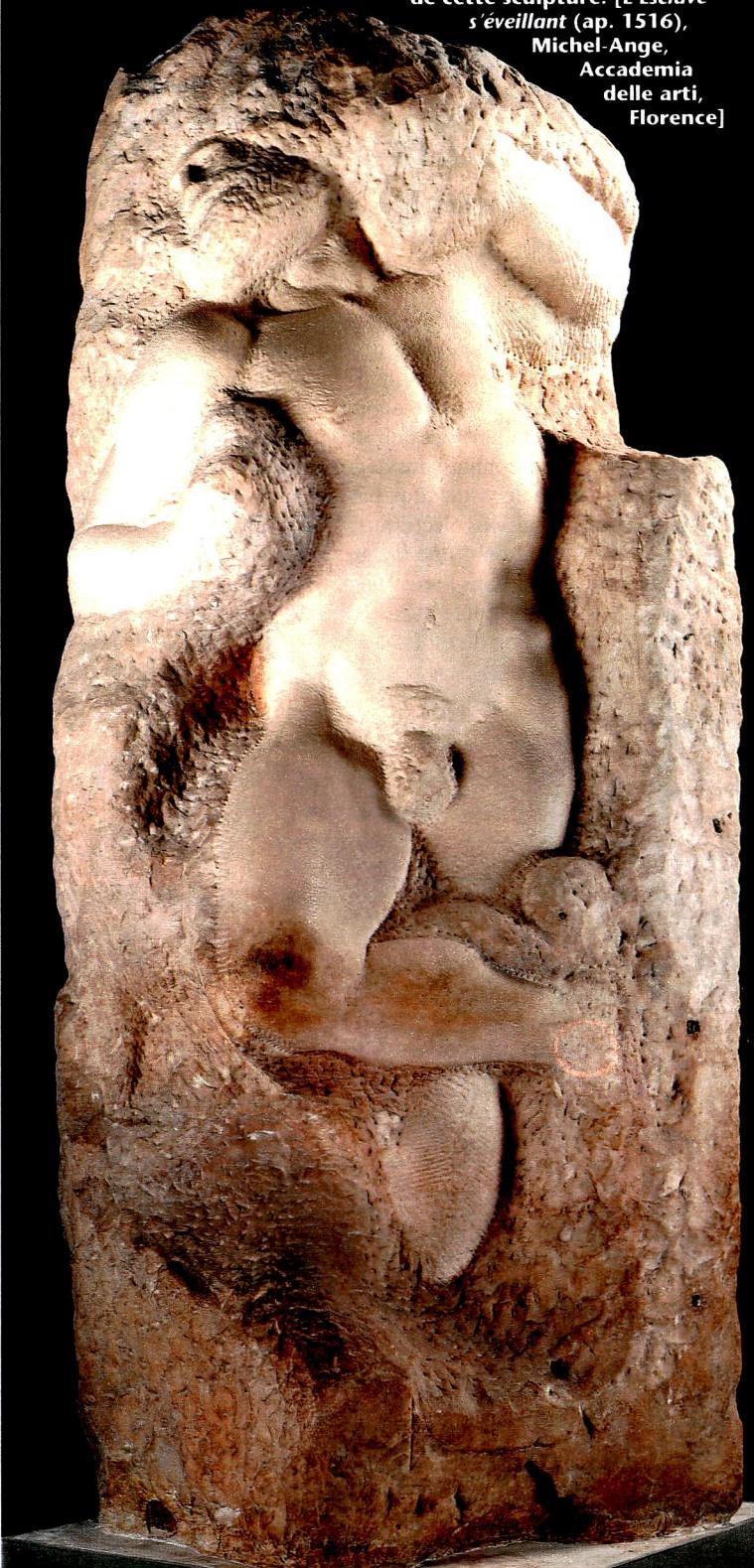
Ainsi, lorsque nous regardons les images laissées par Etienne Jules Marey (1), – par exemple celles représentant un saut sans élan –, une région spécifique du cortex visuel est activée, l'aire V5. Sans cette zone, nous ne pourrions vraisemblablement pas non plus déchiffrer les œuvres d'art cinématique qui donnent l'illusion du mouvement. De même, dans *le Café de nuit*, on appréhende les couleurs crues et les formes ordinaires au contour appuyé grâce aux régions spécialisées V4 et V3.

La construction d'une image cohérente dans le cerveau relèverait de l'activité simultanée de toutes ces aires et de leurs voies associatives. En créant des formes, des couleurs ou des mouvements, les artistes ne font qu'adapter leur art à la physiologie du cerveau. La création résulte de ce qui existe déjà dans le cortex visuel. D'ailleurs, Jean-Pierre Changeux définit le geste de l'artiste ■■■

(1) Ce physiologiste français, également inventeur, se consacra à l'étude du mouvement. Il a créé en 1882 la chronophotographie, ancêtre du cinématographe.

## Le corps réparé

Dès la prime enfance, nous mémorisons une infinité de concepts. Grâce au concept permanent de "corps humain", nous devinons la partie inexistante de cette sculpture. [L'Esclave s'éveillant (ap. 1516), Michel-Ange, Accademia delle arti, Florence]



comme « la traduction graphique des composantes cérébrales ».

Quant au spectateur du *Café de nuit* de Van Gogh, il active différentes zones du cortex cérébral par

## Tous les lobes cérébraux sont progressivement mobilisés

piliers hiérarchiques. Ce processus se décompose en cinq étapes distinctes mais intimement liées : la vision, le traitement de l'information, la perception, l'identification et l'émotion. Nous connaissons déjà le rôle du système visuel, qui, par une série d'impulsions électriques, suscite la formation d'une image sur la rétine, puis dans le cerveau. Roger Vigouroux ajoute que, à ce stade d'exploration du tableau, le système réticulé situé dans le tronc

PERRIN/SIPA IMAGE

cérébral remplit une fonction essentielle, celle de l'attention et de la vigilance : le spectateur focalise sur la toile son regard et son énergie.

Simultanément, intervient le traitement des informations visuelles correspondant aux composantes élémentaires du *Café*. Le lobe occipital – qui peut être qualifié de cerveau visuel – préside à cette opération, grâce, notamment, aux aires spécialisées dans l'identification des couleurs, des formes et des mouvements.

La perception met en jeu un mécanisme bien plus complexe : elle fait intervenir la mémoire, qui sélectionne dans un stock de modèles internes celui ou ceux qui correspondent à ce qu'on a sous les yeux. L'action du lobe pariétal, qui trie les informations, déclenche chez le spectateur du *Café de nuit* un processus de correspondance entre son vécu visuel et la peinture.

Selon le Pr Changeux, il y a un effet de « résonance » ou de « disso-

nance » entre l'objet représenté et celui qui est stocké dans la mémoire. La perception sert en quelque sorte à s'attribuer le tableau. Lorsqu'il y a résonance, l'émotion esthétique jaillit. Au même moment, l'identification des concepts et des expressions active, à partir des aires visuelles, les régions temporales et pariétales. Ces dernières permettent respectivement d'identifier la figure et de définir les relations spatiales entre les divers objets représentés. Cette mobilisation progressive de tous les lobes cérébraux autorise la conceptualisation de l'image et la synthèse des formes en une composition d'ensemble.

### LES DEUX HÉMISPÈRES DE LA PENSÉE ESTHÉTIQUE

Enfin, une œuvre d'art va engendrer l'émotion. Le lobe frontal joue ici un rôle essentiel, dans l'expression des désirs, des affects, des intentions, du sens critique et du jugement. Il établit des connexions avec

## La pyramide qui fit scandale

La pyramide du Louvre, inaugurée à Paris en 1989, a eu de nombreux détracteurs. Trop « osée », la confrontation des architectures ancienne et moderne ?

les aires temporales et pariétales, et s'unit au système limbique, (voir notre schéma du cerveau) – qu'on qualifie de cerveau des émotions. Aussi, mobilisant les plus hautes sphères de l'activité cérébrale, il permet au spectateur d'éprouver le sentiment esthétique.

On voit donc qu'il n'existe pas dans l'encéphale une région spécifique des capacités artistiques, qui serait semblable à l'aire de Broca pour le langage. Les deux hémisphères cérébraux participent de manière diffuse à la pensée esthétique. Le droit, qu'on nomme d'ailleurs le cerveau de l'art, analyse immédiatement, intuitivement et globalement le message, lui donne une connotation émotionnelle et saisit les données visio-spatiales de la réalité artistique.

Quant à l'hémisphère gauche, il travaille de façon analytique et séquentielle, permet les mécanismes



d'abstraction, de catégorisation et de verbalisation. Le sentiment artistique proviendrait à la fois des qualités affectives, intuitives, et des facultés de jugement, de raisonnement. Ce qui réconcilierait l'art et la science, l'émotion et la raison.

### LA LUMIÈRE DE LA RECHERCHE

La frontière entre création et science ne semble plus étanche. A titre d'exemple, dans une création d'Horacio Garcia Rossi exposée au Palais de la découverte, à Paris, l'art s'exprime à travers la science. Cette composition donne à voir au spectateur une forte luminosité, qui émane réellement du tableau, simplement peint avec une variété de couleurs savamment dosées. La juxtaposition des teintes est le fruit d'une recherche scientifique. Osmose concrète entre science et esthétisme... ■

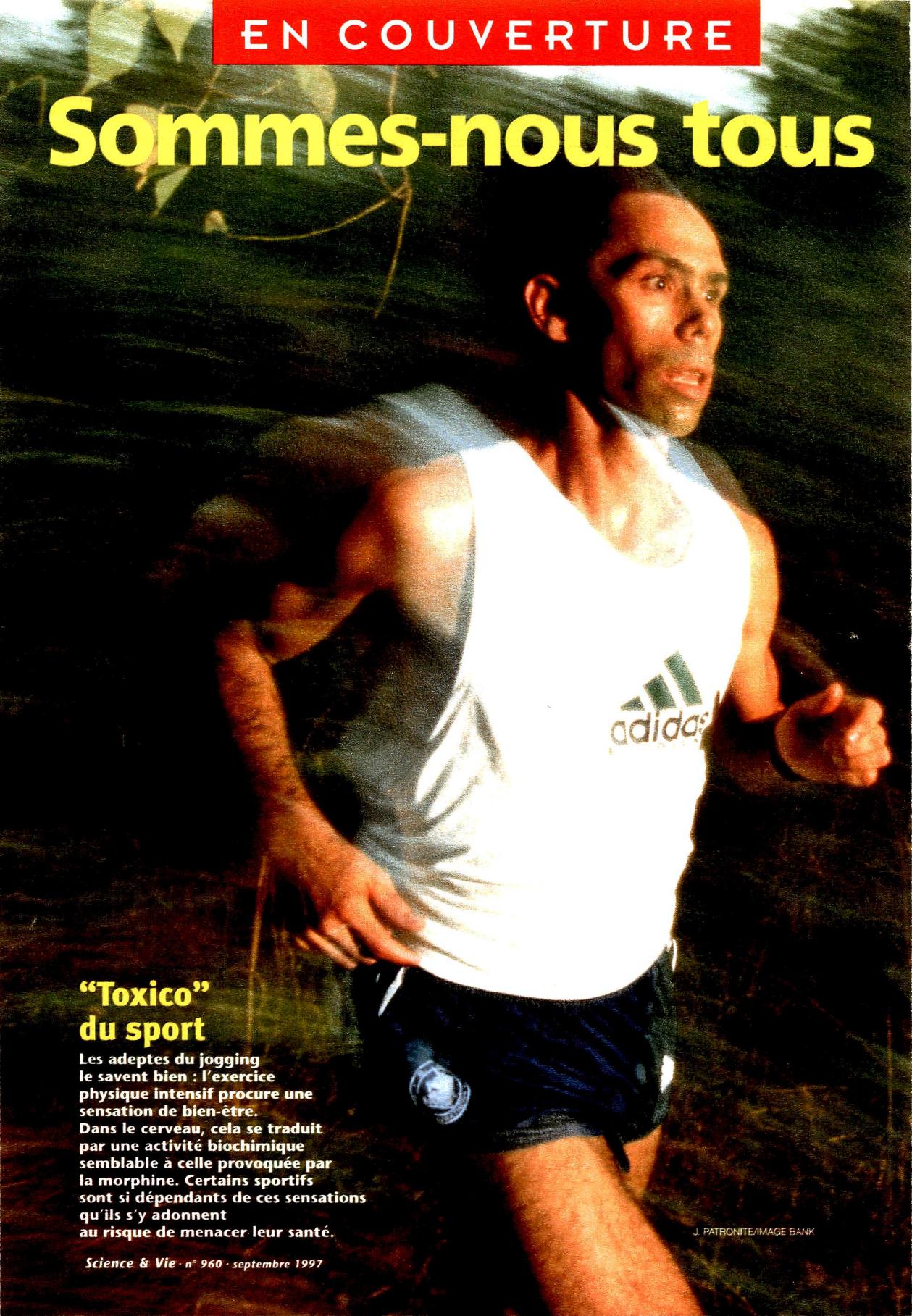
## Beauté éternelle

**Si les critères esthétiques varient en fonction de l'époque, quelques œuvres sont intemporelles. [La Joconde (1503-1507), Léonard de Vinci, musée du Louvre, Paris]**



EN COUVERTURE

# Sommes-nous tous

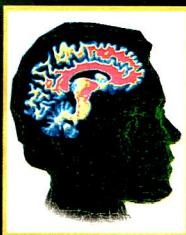


## “Toxico” du sport

Les adeptes du jogging le savent bien : l'exercice physique intensif procure une sensation de bien-être. Dans le cerveau, cela se traduit par une activité biochimique semblable à celle provoquée par la morphine. Certains sportifs sont si dépendants de ces sensations qu'ils s'y adonnent au risque de menacer leur santé.

J. PATRONITE/IMAGE BANK

# des drogués?



■ **Alcool, héroïne, tabac, ecstasy, somnifères, sexe, sport, pouvoir...**  
**Nous sommes tous drogués à quelque chose. Parce que notre cerveau sécrète une molécule, la dopamine, qui nous pousse à rechercher le plaisir. Plaisir à haut risque quand il ne se satisfait que dans l'abus...**

PAR PHILIPPE CHAMBON

**D**ans un laboratoire de pharmacologie, une série de cages. Dans chacune, un rat relié par une perfusion à un distributeur de cocaïne. Quand bon lui semble, en actionnant un petit levier, le rongeur peut s'injecter une dose de drogue. Il comprend vite le système et ne se prive pas de s'enivrer.

Quelques jours plus tard, les rats, toujours affublés de leur distributeur de cocaïne, frappent furieusement sur le levier, comme le ferait un homme sur le bouton d'une télécommande récalcitrante. Pourtant, le distributeur délivre la drogue sans faillir. Pourquoi donc les rongeurs s'acharnent-ils sur le levier ? Les scientifiques leur ont joué un mauvais tour : **tandis que les rats s'adonnaient tranquillement à leur vice, ils leur ont injecté une substance qui supprime l'effet de la drogue. Devenus de véritables toxicomanes, les rats ne savent plus que**

faire pour replonger dans leur chère ivresse.

Cette expérience, qui a été menée aux Etats-Unis il y a une vingtaine d'années, marque un tournant décisif dans la compréhension de la biologie de la dépendance. Son importance tient à la substance employée pour annihiler l'effet de la drogue : elle n'agit pas directement sur la cocaïne, mais neutralise une molécule naturellement présente dans le cerveau, la dopamine. Plus la dopamine est inhibée, plus l'effet de la cocaïne est faible. C'est pourquoi les animaux cherchaient, en vain, à retrouver le niveau d'ivresse qui leur convenait.

Depuis ces travaux, le rôle de la dopamine dans la dépendance à la cocaïne n'a cessé de se confirmer. Ainsi, dans une récente publication de la revue scientifique internationale *Nature*, des scientifiques new-yorkais observent que, chez l'homme, cette fois, l'effet que ressentent les cocaïnomanes résulte de son action sur les récepteurs cérébraux de la dopamine. Plus les scientifiques avancent dans l'étude des drogues et de leur étrange action sur le cerveau, plus il apparaît que la dopamine joue un rôle spécifique, comme si elle était la cible privilégiée des narcotiques les plus divers. Alcool, cannabis, héroïne, cocaïne, médicaments psychotropes, ecstasy, LSD... : tous ces produits influent sur la dopamine. ■ ■ ■



**TOUS DROGUÉS?**

# Pourquoi sommes-nous program

■■■ Calmants, stimulants, hallucinogènes, même combat. Ces drogues augmentent la production ou – ce qui revient au même – empêchent la dégradation de la dopamine dans le cerveau. Curieusement, la nourriture, l'orgasme, le stress ou l'exercice physique en font de même.

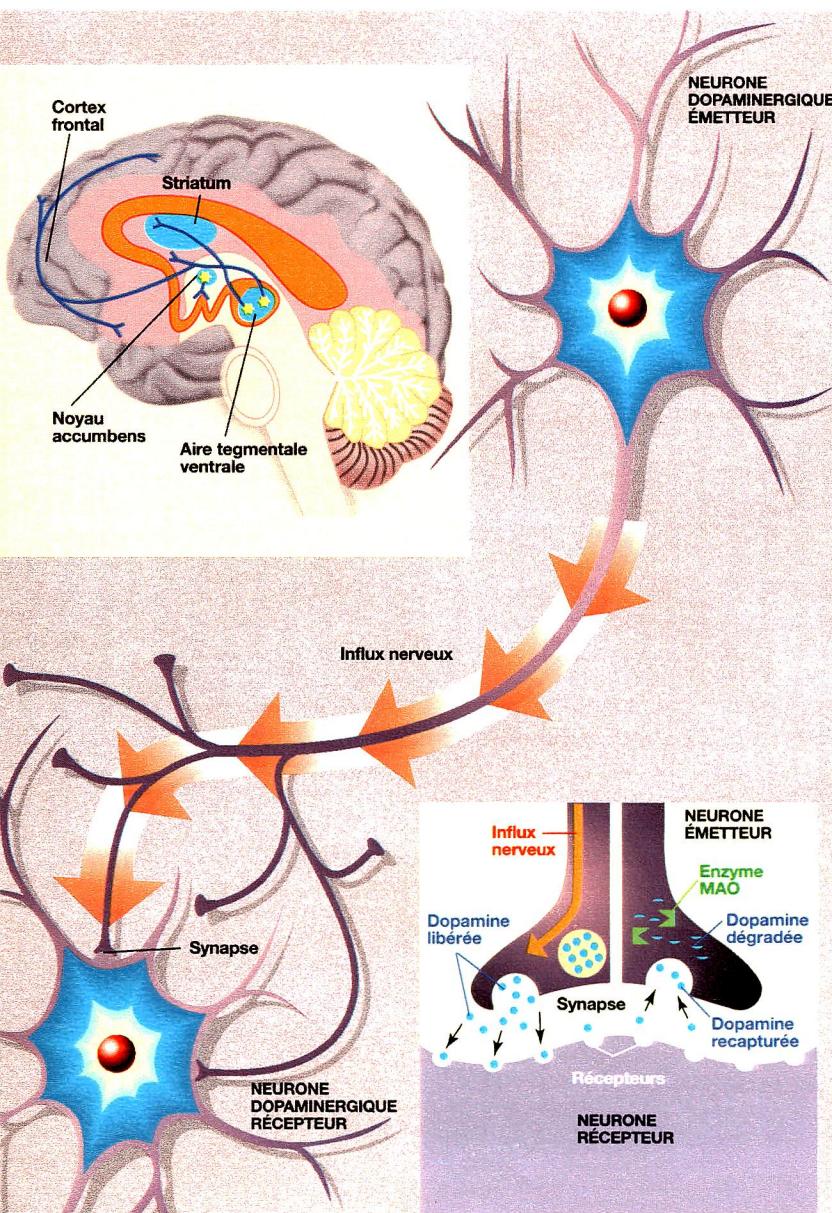
Quelle est donc cette étonnante molécule, qui surgit dès lors qu'il est question de désir et de plaisir? Pour de nombreux biologistes, elle est au cœur de ce qu'on appelle aujourd'hui les "comportements de dépendance". Ses effets sur le comportement seraient si puissants qu'elle se-

rait responsable, chez certaines personnes, de la perte de contrôle caractéristique de la grande toxicomanie. Pour faire monter leur taux de dopamine, les drogués consommeraient n'importe quel produit, au risque de mettre en péril leur équilibre physique, psychique et social.

Il est pourtant difficile d'imaginer que la nature nous a dotés d'un système biochimique essentiellement destiné à jouir de l'usage des drogues et à entretenir l'addiction (1). On peut aussi se demander dans quelle mesure une minuscule molécule explique des comportements humains si complexes.

Dans le cerveau, la dopamine est rare. Ce "neuromédiateur" est le moyen de communication d'un petit nombre de neurones, les neurones "dopaminergiques". Ils ne représentent guère plus de 0,3 %

(1) Au Moyen Age, l'addiction était un arrêt de justice qui obligeait l'individu incapable de rembourser son créancier à le payer par son travail et à en devenir en quelque sorte l'esclave. Par extension de sens, on utilise aujourd'hui ce terme pour qualifier l'état du toxicomane esclave de sa drogue.



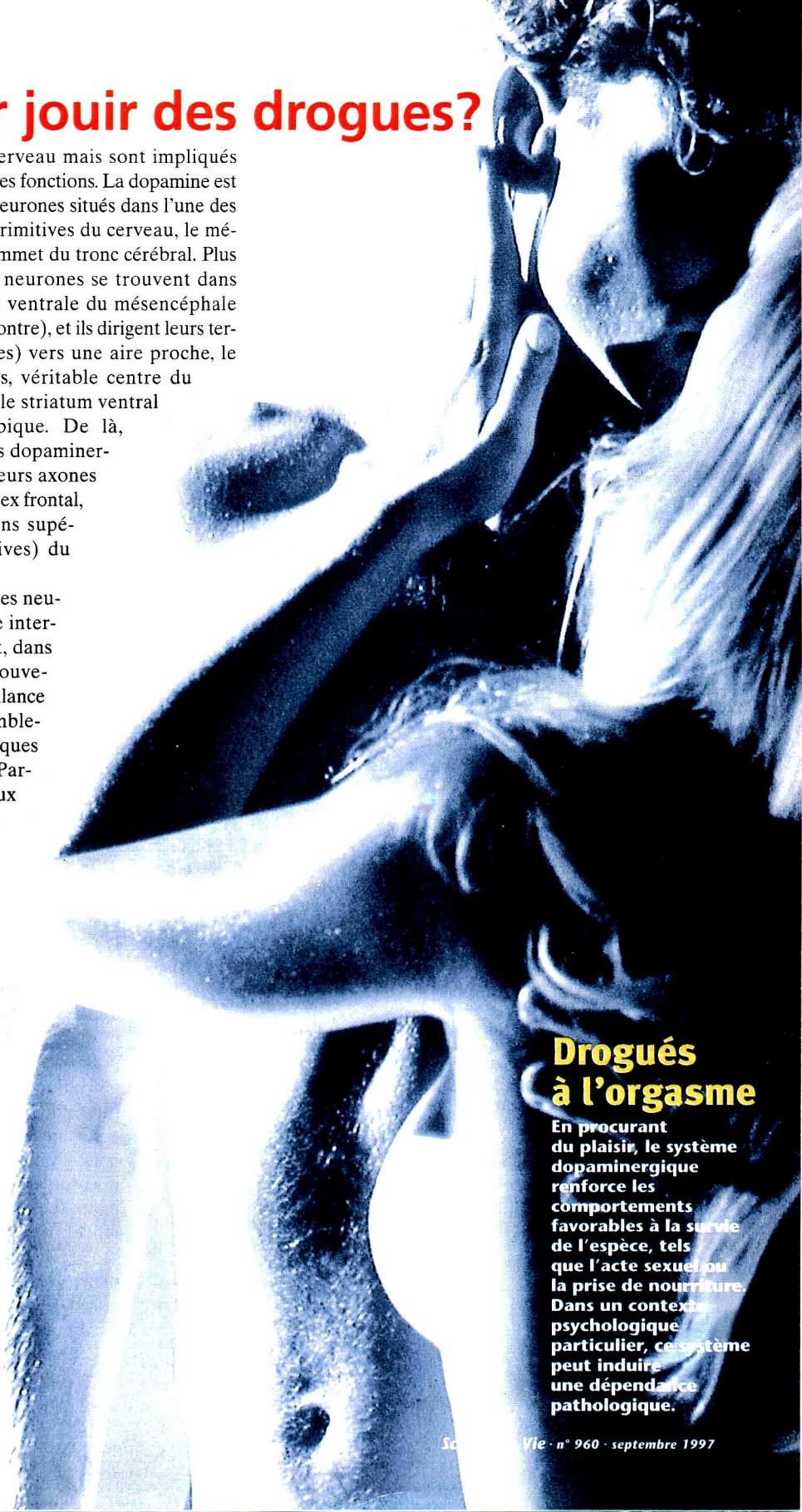
## Dopamine : la molécule du plaisir

Les neurones qui contrôlent le plaisir se servent de la dopamine comme moyen de communication. Ils sont situés dans l'une des régions les plus primitives du cerveau (aire tegmentale ventrale), et ils irradiient vers le noyau accumbens et vers le cortex frontal, siège des fonctions supérieures. Dans la synapse, le neurone émetteur libère la dopamine. Elle se fixe sur les récepteurs du neurone receveur. Le message est transmis. L'excédent de dopamine est ensuite recapturé par le neurone émetteur et recyclé, ou encore détruit par une enzyme, la MAO.

# més pour jouir des drogues?

des cellules du cerveau mais sont impliqués dans de nombreuses fonctions. La dopamine est sécrétée par des neurones situés dans l'une des régions les plus primitives du cerveau, le mésencéphale, au sommet du tronc cérébral. Plus précisément, ces neurones se trouvent dans l'aire tegmentale ventrale du mésencéphale (voir le dessin ci-contre), et ils dirigent leurs terminaisons (axones) vers une aire proche, le noyau accumbens, véritable centre du plaisir, logé dans le striatum ventral du cerveau limbique. De là, d'autres neurones dopaminergiques étendent leurs axones jusqu'au cortex frontal, siège des fonctions supérieures (associatives) du cerveau.

Une partie de ces neurones à dopamine interviennent, notamment, dans le contrôle des mouvements. Leur défaillance provoque les tremblements caractéristiques de la maladie de Parkinson. Mais ceux qui nous intéressent ici entrent en jeu dans des circonstances très particulières, lorsque la personne ou l'animal éprouve du désir et du plaisir. Le taux de libération de la dopami-



## Drogués à l'orgasme

En procurant du plaisir, le système dopaminergique renforce les comportements favorables à la survie de l'espèce, tels que l'acte sexuel ou la prise de nourriture. Dans un contexte particulier, ce système peut induire une dépendance pathologique.



## TOUS DROGUÉS?

# Tout est bon pour atteindre les

■ ■ ■ ne serait une sorte de "baromètre de l'humeur", selon l'expression du biologiste Hervé Simon, de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), à Bordeaux. En fait, toute expérience qui procure du plaisir – déguster un carré de chocolat, faire l'amour, apprécier un morceau de musique, gagner au jeu... – se traduit par une décharge de dopamine dans le noyau accumbens.

Chez tous les vertébrés, le système dopaminoergique participe au renforcement des comportements favorables à la survie de l'individu

autant qu'à celle de l'espèce. Car, si le désir et l'acte sexuel ne provoquaient pas un afflux de dopamine dans les synapses du noyau accumbens, nous ne nous y adonnerions pas si volontiers, et l'espèce ne pourrait se perpétuer.

### GRIVES SOÛLES ET SINGES ALCOOLIQUES

Prendre une drogue ne serait donc rien d'autre qu'un moyen artificiel d'activer ce système, lui-même très naturel. Il n'est, dès lors, pas étonnant que certains animaux se droguent, comme les grives qui se soûlent avec les grains de raisin fermentés.

C'est justement parce que les bêtes sont susceptibles de se droguer que les hommes ont pu étudier les effets des drogues sur le cerveau et sur le comportement. Les scientifiques se sont vite aperçus que les animaux de laboratoire s'injectent volontiers, outre la cocaïne, toutes les substances capables d'entraîner une toxicomanie chez l'homme. Et ils ne ménagent pas leurs efforts pour atteindre les paradis artificiels, comme l'illustre une expérience menée sur des singes. Le distributeur fournit la drogue chaque fois que le primate appuie sur le levier. Ensuite, l'expérimentateur augmente progressivement le nombre de pressions nécessaire à l'obtention d'une dose. Les singes appuient jusqu'à 12 800 fois sur le levier pour obtenir une seule dose de morphine et jusqu'à 6 400 fois pour une dose d'alcool. Ce qui confirme, au passage, que les opiacés ont un pouvoir "addictif" plus fort que l'alcool. Les animaux fournissent donc un bon modèle pour l'étude de certains aspects de la pharmacodépendance humaine. On a compris grâce à eux que toute toxicomanie est liée à la dopamine.

Cependant, toutes les drogues ne provoquent pas de la même façon l'élévation du taux de dopa-

## LE HASCHISCH EST-IL DANGEREUX?

■ Peut-on être "accro" au cannabis? Les prohibitionnistes mettent en avant des travaux qui montrent l'existence d'un syndrome de manque; les partisans de la légalisation ne retiennent que les articles qui indiquent le contraire. Tout en condamnant l'usage du cannabis, un récent rapport de l'Académie des sciences recommande l'intensification de la recherche. Car, sur le plan scientifique, l'affaire n'est pas claire. Deux articles récemment parus dans la revue américaine *Science* semblent prouver, l'un, que le cannabis agit sur la dopamine par l'intermédiaire des mêmes récepteurs que les opiacés; l'autre, que le sevrage de souris intoxiquées induit un manque phy-

sique temporaire. On aurait donc affaire à un toxique puissant, capable d'entraîner une dépendance radicale. Heureusement, parmi les 4 millions de Français qui avouent avoir déjà fumé du cannabis, les toxicomanes sont une infime minorité.

Face à ces affirmations, publiées au plus fort de la campagne prohibitioniste aux Etats-Unis, d'autres scientifiques ne ménagent pas leurs critiques. Certains montrent que le cannabis et les opiacés n'agissent pas sur les mêmes récepteurs. D'autres font remarquer que l'article de *Science* sur le manque relate une expérience peu conforme à la réalité.

Les auteurs ont en effet provoqué le manque en injectant aux souris un

antagoniste du cannabis à l'action immédiate. «C'est comme si l'on arrêtait une voiture lancée à pleine vitesse en faisant surgir un mur sur son trajet», dit Jean-Pol Tas-sin, de l'INSERM. Le cannabis est lentement éliminé par l'organisme : il n'entraîne donc pas de crise de manque physique lorsqu'on cesse d'en consommer.

Et la dépendance psychologique? Elle existe certainement chez les usagers réguliers, qui n'imaginent pas de passer une journée sans "fumer". Les risques qu'ils encourrent sont mal connus. On évoque, sans véritable démonstration, un affaiblissement des défenses immunitaires. Il est probable que, chez des personnalités psychologiquement fragiles, de fortes doses de cannabis peuvent induire des troubles du comportement. Il est également possible que le cannabis nuise à l'apprentissage et à la concentration. Deux certitudes cependant : la conduite automobile sous l'effet du cannabis est dangereuse, et la fumée de cannabis est nocive pour les poumons.



B. RIEGER/PHOTOGAM-STONE IMAGE

# paradis artificiels

## La chimie du manque

Les neurones à enképhalines régulent l'activité des neurones à noradrénaline par les molécules qu'ils sécrètent ①. Lorsqu'un opiacé, chimiquement proche de ces enképhalines, parvient dans le cerveau ②, cette abondance inhibe la production de noradrénaline. Parallèlement, la sécrétion d'enképhalines, devenues inutiles, baisse. Quand cesse l'apport d'opiacé, les neurones à enképhalines ne reprennent pas aussitôt leur activité ③. Résultat : la noradrénaline affleure, provoquant un malaise généralisé. Ce sont les symptômes du manque.

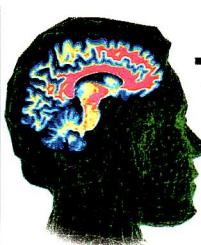
mine dans le cerveau. La cocaïne, par exemple, bloque un système de régulation des neurones aujourd'hui bien connu : la recapture des neuromédiateurs. Après la libération de la dopamine dans la synapse, l'excédent de neuromédiateur qui n'a pas été absorbé par le neurone receveur est recapturé par le neurone émetteur. En se fixant sur les molécules chargées de la recapture, la cocaïne fait augmenter la quantité de dopamine disponible dans la synapse. Les amphétamines et l'alcool, eux, augmentent la sécrétion de dopamine par un processus encore mal compris. La nicotine en fait autant, tandis qu'une autre substance de la fumée du tabac, encore méconnue, s'attaque à la monoamine oxydase, une molécule chargée de dégrader la dopamine recapturée.

### “CHERCHEURS DE SENSATIONS FORTES”

Que toutes les drogues agissent sur le taux de dopamine paraît incontestable. Pourtant, parmi ceux qui ont un jour goûté à l'alcool, fumé quelques cigarettes ou quelques “joints”, apprécié l'émotion d'un gain à la roulette ou la langueur induite par un sirop pour la toux contenant un dérivé de l'opium, rares sont ceux qui ont sombré dans la dépendance. Pourquoi ces derniers sont-ils plus vulnérables à la drogue ? La dopamine serait-elle en cause ?



Les neurologues ont observé que, chez l'homme comme chez l'animal, les individus peuvent être classés en deux catégories : ceux qui ont tendance à éviter la nouveauté, le stress, les trop vives stimulations, et ceux qui ont un goût prononcé pour les sensations fortes. Les uns sont baptisés LSS (*low sensation seekers*, “chercheurs de faibles sensations”), les autres, HSS (*high sensation seekers*). Les HSS, humains ou animaux, ont nettement plus tendance à consommer des drogues. Or, il apparaît que les animaux HSS produisent plus de dopamine dans le noyau accumbens que les LSS. Leur appétit pour les drogues serait donc fonction de leur taux de do- ■ ■ ■



**TOUS DROGUÉS?**

# Il existe une véritable addiction

... dopamine. Lorsqu'il baisse, ils éprouvent le besoin impérieux de le ramener au niveau satisfaisant. Ces animaux sont généralement plus sensibles aux psychotropes que les autres.

En va-t-il de même chez l'homme ? Les éléments rassemblés à ce jour sont insuffisants pour répondre à cette question. Cependant, certains individus sont naturellement protégés contre la drogue : elle ne leur procure aucun effet, ou un effet désagréable. Ils n'ont donc pas de raison d'y goûter de nouveau. Inversement, d'autres personnes y sont très sensibles et peuvent très vite se retrouver "accrochées". Et il semble bien que ces personnes, du moins, une partie d'entre elles, manifestent un comportement de type HSS.

Mais ces différences individuelles peuvent-elles se résumer à une différence de taux de dopamine ou de qualité des récepteurs de cette molécule ? Les biologistes ont cherché à savoir si elles avaient une origine génétique. Ils ont donc étudié les gènes de la dopamine et de ses récepteurs, dans l'espoir de découvrir des mutations qui expliqueraient la propension de certaines personnes

à se droguer.

Les résultats de ces travaux sont assez décevants. La prédisposition génétique à se droguer n'est pas clairement établie chez l'animal et pas du tout chez l'homme, même pour la plus étudiée des drogues, l'alcool. L'histoire de l'individu et les circonstances qui précèdent ou accompagnent la toxicomanie joue certainement un rôle plus déterminant dans l'attraction pour les drogues.

## TOXICOMANIE DE CIRCONSTANCE

On sait que les alcooliques et les autres toxicomanes se recrutent plus souvent chez les personnes confrontées à des difficultés familiales ou sociales. De même, les animaux privés de contacts avec leurs congénères s'injectent de la drogue plus volontiers que ceux qui ont participé à une vie de groupe. On a également remarqué que la même substance ne produit pas les mêmes effets selon les circonstances dans lesquelles elle est administrée. Par exemple, lorsqu'on injecte régulièrement de l'héroïne à des souris, elles souffrent d'un manque physique lors du sevrage, mais ne sombrent pas dans la dépendance à long terme, contrairement à celles qui se sont elles-mêmes injecté la drogue. Idem chez l'homme, pour qui le risque de dépendance à long terme est moindre, voire inexistant, lorsque la drogue est administrée en traitement ou dans des situations de stress intense. Les spécialistes citent souvent le cas des soldats américains "accro-

## Des dopeurs de dopamine

**Les amphétamines sont des psychostimulants utilisés pour lutter contre la fatigue. Ces molécules stimulent directement la sécrétion de dopamine et peuvent ainsi engendrer de très fortes dépendances. D'autres médicaments sont à l'origine de toxicomanies : principalement les barbituriques, les anxiolytiques et les antidépresseurs. Mais tous n'agissent pas directement sur la dopamine, et leurs modes d'action ne sont pas toujours élucidés.**

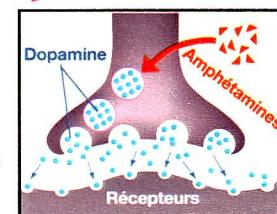


PHOTO G. WORMWALD/SYGMA - DESSIN JSI

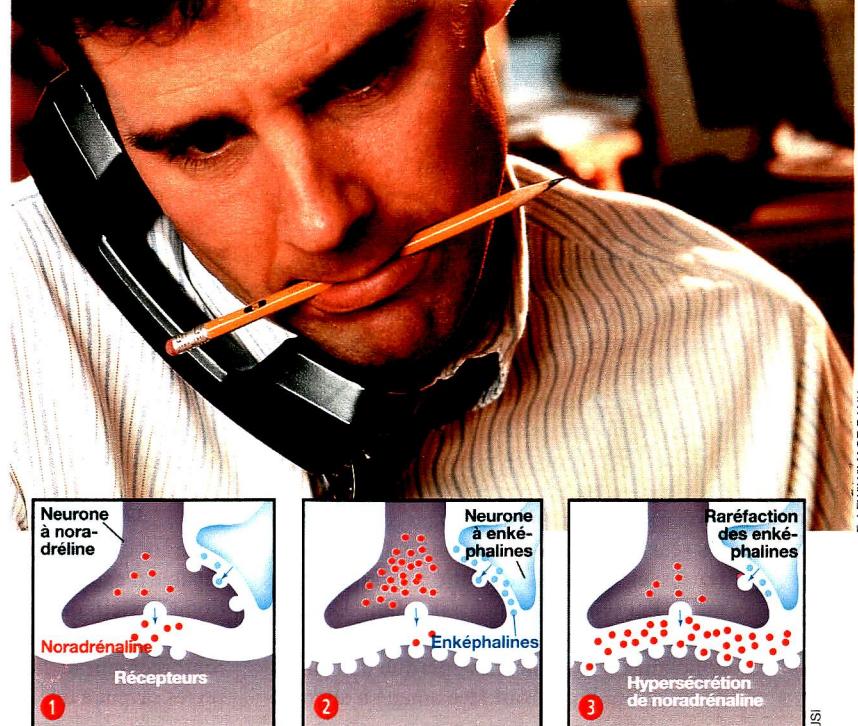
# au risque

chés" à l'héroïne pendant la guerre du Vietnam, dont la plupart se sont aisément désintoxiqués au retour.

La première difficulté que rencontre le toxicomane lorsqu'il veut se libérer de la drogue, c'est le manque physique qu'il éprouve lors du sevrage. Ce phénomène peut en partie être lié à la raréfaction soudaine de dopamine dans son noyau accumbens. Mais l'effet des drogues est complexe. Ainsi, il n'est pas certain que la cocaïne agisse uniquement sur la recapture de la dopamine. Des expériences en cours semblent indiquer qu'elle conserve un effet sur le comportement d'une nouvelle lignée de souris dépourvues de système de recapture de la dopamine, chez lesquelles la cocaïne n'a donc théoriquement plus de site d'action.

## DES DROGUES "ENDOGÈNES"

La dopamine n'est donc pas la seule molécule en cause dans le phénomène de dépendance. Les perturbations qu'engendrent l'héroïne, la morphine et les opiacés en général dans la production de neurotransmetteurs nommés enképhalines sont désormais bien connues (voir le dessin de la double page précédente). Normalement, ces drogues inhibent l'action des neurones à noradrénaline, impliqués dans les sensations de malaise et dans la vigilance. Les opiacés, chimiquement apparentés aux enképhalines, prennent leur place dans le cerveau. Face à cette abondance tout artificielle, les neurones producteurs d'enképhalines réduisent leur activité. Lorsque la drogue vient à manquer, ils n'ont pas le temps de reprendre la production. Le toxicomane ressent alors des douleurs et un malaise physique généralisé : le manque.



## "Accro" au boulot

Les neurones à noradrénaline ① sont suractivés par le stress. Pour réguler cet excès, les neurones à enképhaline redoublent d'activité, libérant de fortes doses d'enképhalines ②. Mais, lorsque le stress disparaît ③, il n'y a plus assez d'enképhalines pour contrôler la sécrétion de noradrénaline. L'individu ressent tout à la fois un "manque" (d'enképhalines) et un malaise dû à l'hypersécrétion de noradrénaline. Une explication biologique de certains aspects de la dépendance au stress professionnel et au sport.

Les enképhalines peuvent aussi entraîner des formes de dépendance sans drogue : l'addiction au sport, par exemple. En effet, le sportif acharné sollicite quotidiennement ses neurones à enképhaline. Lorsque les circonstances l'obligent à cesser son activité, il peut alors souffrir d'un véritable manque physique. Il existe ainsi des addictions sans drogue, entretenues par la dépendance du cerveau à ses propres sécrétions. Il en irait de même du stress professionnel, qui engendre une activité neurochimique intense dans laquelle interviennent des hormones telles que le cortisol, et des neuromédiateurs comme l'adrénaline et la dopamine. L'individu "accro" au travail, aux activités dangereuses ou au jeu rechercherait donc frénétiquement des situations dans lesquelles son cerveau est inondé par ces drogues endogènes.

Cependant, les spécialistes s'accordent pour reconnaître que le manque physique ne dure que quelques jours, une semaine au maximum. A l'issue d'une cure de désintoxication, il disparaît, mais laisse place à une sournoise insatisfaction, principal motif de la rechute : le manque ■■■



## La biologie n'explique pas cette

psychologique. Les biologistes le traquent dans les recoins du cerveau et retombent sur... la dopamine.

Jean-Pol Tassin, chercheur au Collège de France (INSERM, unité 114), avance l'hypothèse selon laquelle la stimulation des neurones dopaminergiques pourrait entraîner un phénomène rare mais durable : la synchronisation. L'activité électrique de ces neurones, connectés en réseau, entrerait en phase et deviendrait simultanée – cela ne se produirait qu'à partir d'un certain seuil de stimulation. Dans ces conditions, les réactions à la stimulation seraient très intenses, et le seuil d'activation serait plus bas qu'en l'absence de synchronisation. Le chercheur pense que le toxicomane serait alors condamné à la recherche éperdue du seuil de stimulation. Il pourrait être amené à augmen-

ter les doses pour pallier un phénomène de tolérance, et il maintiendrait ensuite un niveau d'intoxication constant.

La synchronisation pourrait n'être que faiblement réversible, ce qui expliquerait la permanence de la sensibilité au toxique pendant presque toute la vie et la difficulté de s'en libérer. Mais ce n'est là qu'une hypothèse de travail, que le chercheur met à l'épreuve de l'expérimentation animale.

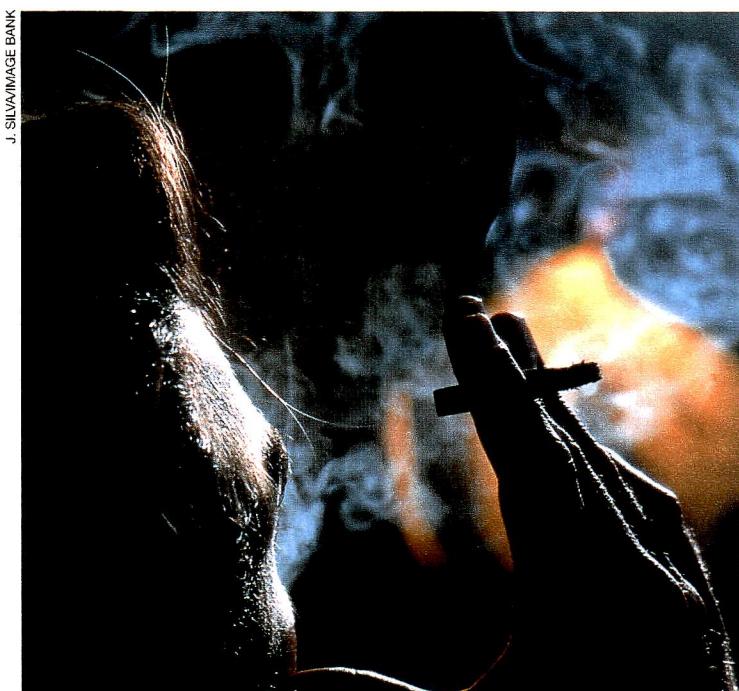
### LA FORCE DE L'HABITUDE

Le conditionnement est un autre processus capable d'expliquer certains aspects de l'addiction. Les circonstances dans lesquelles une drogue est consommée jouent un rôle dans le renforcement de la dépendance. Les fumeurs sevrés savent à quel point la tentation de fumer

est forte lorsqu'ils se retrouvent dans des situations habituellement associées à leur toxicomanie – après un bon repas, pendant un effort de réflexion, au cours d'une conversation téléphonique, etc. Pour l'héroïnomane, le simple fait de repasser dans la rue où il se fournissait peut le pousser à rechuter. L'évitement des situations associées à la consommation de drogue est d'ailleurs l'une des stratégies les plus efficaces de groupes thérapeutiques tels que les Alcooliques anonymes. Pour Eric Loonis, psychologue clinicien à l'université de Toulouse, une chose est sûre : «On ne se libère pas d'une addiction qui a duré quelques mois ou quelques années. On peut simplement se contrôler par une abstinence rigoureuse.»

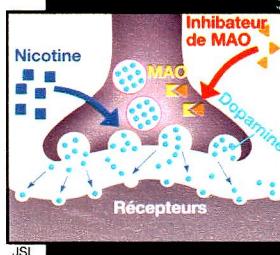
Le cerveau humain, particulièrement développé, s'engorgeillit d'un cortex préfrontal capable de contrôler l'impulsivité de régions plus primitives. Nos élaborations mentales, notre affectivité et nos liens sociaux agissent sur nos pulsions et en dépendent

J. SILVA/IMAGINE BANK



### Esclave du tabac

La nicotine du tabac stimule directement la production de dopamine, tandis qu'une autre substance, encore mal identifiée, inhibe la monoamine oxydase (MAO), une enzyme chargée de dégrader la dopamine. Résultat : un afflux de dopamine dans le cerveau, dont le fumeur devient l'esclave.



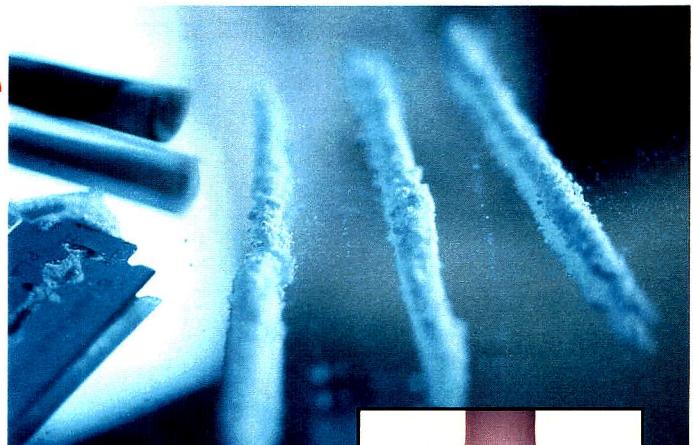
# perte de contrôle

tout à la fois. Les avatars d'une seule molécule, la dopamine, ne sauraient rendre compte de la subtilité de nos comportements. D'autant que les états de notre cerveau se modifient et évoluent sous la pression des événements. Même chez l'animal, l'histoire de l'individu influe sur ses réactions futures. Lorsqu'on stresse une souris pendant la grossesse, sa progéniture est beaucoup plus prompte à s'injecter des amphétamines ou d'autres drogues que des souris ayant connu une vie prénatale paisible.

Nous avons tous dans le cerveau des circuits neuronaux dopaminergiques, ou d'autres, qui renforcent les comportements qui nous procurent du plaisir. Le cerveau favorise donc naturellement les conduites qui nous amènent à modifier notre état de conscience, à rechercher l'euphorie. Ce qui fait dire à Eric Loonis, dans le titre de son livre : « *Notre cerveau est un drogué* » (Presses universitaires du Mirail). Il cite Blaise Pascal, qui en avait l'intuition quand il écrivait dans ses *Pensées* : « Rien n'est si insupportable à l'homme que d'être dans le plein repos, sans passion, sans affaire, sans divertissement, sans application. (...) Incontinent, il sortira du fond de son âme l'ennui, la noirceur, la tristesse, le chagrin, le dépit, le désespoir. »

## TOUS DÉPENDANTS !

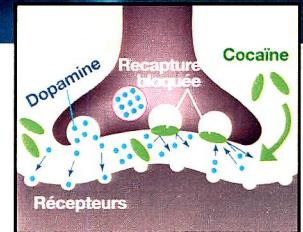
Partant de ce constat, Eric Loonis remarque que le cerveau produit ce qu'il appelle un "bruit de fond", résultat de l'activité électrochimique incessante des neurones. Bruit de fond désagréable, qui se double d'un bruit de fond psychique fait de pensées indéterminées, d'une insatisfaction latente, que nous chercherions à masquer par tous les moyens. D'après Loonis, tous nos gestes répétitifs, nos mouvements rythmiques, les pleurs et les rires, les rêveries, méditations, raisonnements, etc., sont des comportements d'évitement dont nous serions dépendants. Sans eux, la vie nous serait insupportable. Nous serions donc tous victimes d'une sorte d'addiction minimale, exprimée à travers les mille et une façons de nous détourner du sourd malaise dans lequel nous plonge l'inaction totale. Le recours à un produit toxique n'est



N. DOLING/FOTOGAM-STONE

## Le piège de la "coke"

**La cocaïne bloque le processus normal de recapture de la dopamine par le neurone émetteur. La dopamine reste piégée dans la synapse (jonction entre deux neurones). L'activité dopaminergique est donc plus intense. Cependant, comme presque toutes les drogues, la cocaïne agit non pas seulement sur la dopamine mais sur quantité d'autres neuromédiateurs.**



qu'un de ces moyens d'occultation.

On l'a vu, on peut se droguer à bien d'autres choses qu'à des substances chimiques plus ou moins légalement acquises. Mais, s'il nous est impossible d'échapper à la dépendance, tout est affaire de contrôle, de dosage. La plupart d'entre nous s'en tirent bien, préservant leur équilibre social, au besoin à coup de somnifères, d'antidépresseurs, de tabac, de quelques verres d'alcool, de quelques kilomètres de course à pied, mais sans jamais tomber dans l'excès, dans la "compulsion". D'autres vont plus loin...

Mais il ne faut pas s'y tromper : ce n'est pas leur pharmacodépendance qui est pathologique, c'est le trouble psychique qui leur fait perdre le contrôle. La signification que prend la toxicomanie dans le psychisme d'un individu, la logique qui le conduit à choisir cette dérive échappent à la biologie. Cependant, celle-ci, en affinant ses connaissances sur la neurochimie de la dépendance, découvre des drogues – on parle de produits de substitution – capables de limiter les effets subjectifs des drogues, comme la méthadone le fait avec l'héroïne. Produits qui, lorsqu'ils sont prescrits en accompagnement d'un soutien psychologique bien mené, aide les toxicomanes à reprendre le contrôle d'eux-mêmes.

# La grande muraille SON

■ Le 14 octobre 1947, Chuck Yeager poussait son avion

expérimental Bell X-1 à 1 150 km/h : il devenait le premier homme à franchir le mur du son. En 1955, au terme d'une conquête souvent endeuillée, le fameux mur n'était plus qu'une mince cloison.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

**C**ontrairement à toute logique, l'époque la plus dangereuse de l'aviation ne fut pas celle des débuts, avec ses aéroplanes en bois et en toile dont on ignorait s'ils allaient tenir l'air – et de surcroît dépourvus de parachute. La période la plus meurtrière pour les pilotes d'essai fut celle des années 1945-1955, quand les appareils, mûris par deux guerres, étaient stables, sûrs, efficaces et faciles à piloter.

Le danger, comme souvent, vint de la vitesse, ou plutôt de la volonté

d'aller toujours plus vite. A la fin de la Seconde Guerre mondiale, l'avion à hélice le plus rapide était le chasseur britannique Tempest : il volait en palier à 760 km/h et, en surpuissance, frôlait les 800 km/h. Mais, dès 1944, étaient entrés en service des engins à réaction dont le plus achevé était le Messerschmitt 262 allemand : ailes en flèche, biréacteur, et vitesse en palier de 925 km/h.

Le turboréacteur, que possédaient également les Britanniques (sur les modèles De Havilland Vampire et

Gloster Meteor) et les Américains (sur Lockheed Shooting Star), avait donc suffi pour gagner plus de 150 km/h sur le chasseur à hélice le plus puissant et le plus perfectionné de son temps. Les constructeurs pensèrent alors qu'en améliorant un peu les turbines on allait facilement atteindre les 1 000 km/h, puis – rêve suprême – dépasser la vitesse du son. ■ ■ ■

## Fabuleux jouet

Quinze ans après son exploit, le colonel Charles "Chuck" Yeager présente la maquette de l'avion-fusée aux commandes duquel il fut le premier à dépasser en vol horizontal la fatidique vitesse du son. Les clés du succès ? Des ailes courtes et minces et un nez pointu.

## Onde de choc

En soufflerie, à l'aide de méthodes interférentielles, les chercheurs français de l'ONERA ont pu rendre visible l'onde de choc qui apparaît au niveau de l'aileron quand la vitesse de l'avion approche celle du son. Cette onde, qui dessine un lambda ( $\lambda$ ), traduit la discontinuité de pression qui constitue le mur du son.

# D'effroyables trépidations secouent

Connue depuis longtemps en acoustique, cette vitesse est celle à laquelle se propage tout ébranlement de l'air, qu'il soit périodique (son musical) ou non périodique (bruit). Elle n'est pas fonction de la pression atmosphérique, mais, comme elle est liée à l'agitation moléculaire, elle dépend de la température : 340 m/s (soit 1 224 km/h) à 15 °C et 1 270 km/h à 40 °C, mais 1 190 km/h à 0 °C et seulement 1 060 km/h à - 56 °C, température

qui règne dans la stratosphère à 11 000 m. Notons qu'il s'agit de la vitesse limite à laquelle se propage toute perturbation de l'air.

Aller plus vite que le son, on savait le faire depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle avec des projectiles : artilleurs et fantassins tiraient des obus ou des balles filant à deux ou trois fois la vitesse du son, et ces allures ne semblaient pas présenter de difficulté. Les spécialistes de la balistique adoptaient simplement un profil bien défini (ogive

pointue et culot rétréci), pour que le projectile conserve sa vitesse supersonique sans être trop vite ralenti par la résistance de l'air.

Mais, point faible pour l'étude aérodynamique, le franchissement des vitesses transsoniques (entre 300 et 380 m/s) se faisait dans le tube du canon, échappant ainsi à toute analyse. De toute façon, l'énergie mise en jeu par la charge de poudre était sans commune mesure avec la résistance que l'air pouvait opposer à l'accélération du projectile. Un seul indice aurait pu faire penser que le régime des vitesses transsoniques présentait quelques méchantes turbulences : malgré la stabilisation gyroscopique que leur confère la rotation autour de leur axe, les projectiles qui repassent d'une vitesse supersonique à une vitesse subsonique entre l'arme et la cible ne sont jamais très précis.

Ainsi, alors qu'en 1945 le supersonique était un domaine déjà étudié par les artilleurs, le transsonique ne l'était pas du tout, et c'est justement ce domaine qui posa aux pilotes des problèmes d'une extrême gravité.

POPPIERPHOTO/COSMOS



## La mort derrière le mur

En septembre 1948, John Derry est le premier Britannique à passer le mur du son en piqué sur un De Havilland 108. En 1952, à Farnborough, il n'aura pas la même chance : ne pouvant redresser son DH 110 après un piqué supersonique, il s'écrase au sol.

# *l'appareil*

D'abord, les progrès des turboréacteurs ne se traduisirent nullement par des avancées parallèles en vitesse : chaque augmentation de poussée n'était suivie que d'un gain en vitesse de plus en plus mince. Comme le constataient pilotes et ingénieurs d'essais en vol, pour gagner quelques dizaines de kilomètres-heure, il fallait

BETTMAN/PCM  
quasiment doubler la puissance du réacteur.

De plus, l'appareil le mieux conçu devenait dangereusement instable au-delà de 950 km/h. Les pilotes qui tentaient de pousser les Gloster Meteor ou les Lockheed P80 au-delà de 950 km/h se heurtaient tous aux mêmes phénomènes : trépidations effroyables secouant soudain

l'appareil au point de leur arracher le manche des mains, pertes de portance inexplicables, abattées (chutes surve-

nant à la suite de la perte de portance de l'appareil) subites, commandes ne répondant plus ou, pire, répondant à l'envers.

Comme la puissance des réacteurs ne permettait pas de franchir la barre des 1 000 km/h en palier, donc en vol horizontal, les pilotes d'essai des années 1945-1953 montaient très haut et se lançaient dans des



DITE/USIS

## **Vices de formes**

De 1945 à 1950,

les pilotes d'essai tentent de franchir le mur du son en piqué sur les appareils à réaction dont ils disposent : P-80 Shooting Star américain (ci-dessus), Gloster Meteor britannique (ci-dessous), North American, De Havilland, etc. L'expérience sera souvent fatale à ces avions au nez trop rond et aux ailes trop épaisses.

d'atteindre des vitesses inaccessibles aux hélices, sans que les connaissances en aérodynamique aient progressé d'autant. La raison de ce déphasage entre essais en vol et recherches au sol provenait de ce qu'on ne savait pas encore simuler en soufflerie des vitesses supérieures à 1 100 km/h. Toutefois, à l'époque, ceux qui avaient le mieux étudié ce domaine étaient les Allemands. En 1946, leurs dossiers sur les armes secrètes tombèrent aux mains des Alliés.

## **ETATS-UNIS ET URSS SE PARTAGENT LES DOSSIERS**

Les Allemands avaient une avance considérable dans le domaine des fusées du type V2, mais ils possédaient aussi plusieurs modèles d'avions-fusées, en particulier le Messerschmitt 163 Komet et les Junkers 26fl et EF-128. Tous ces avions avaient un nez pointu en forme d'obus, des ailes courtes et minces, et un moteur-fusée fournissant une poussée très supérieure à celle des réacteurs de l'époque. C'étaient les seuls appareils à avoir exploré sans trop d'ennuis les vitesses transsoniques.

Les Etats-Unis et l'URSS se partagèrent les dossiers, mais les

# Un engin hybride, entre avion et

■ ■ ■ Américains tirèrent parti les premiers de l'idée d'utiliser un avion-fusée pour franchir le fatidique mur du son. La machine, dont la fabrication fut confiée à la société Bell, fut d'ailleurs conçue dans ce seul but. Le Komet du Dr Lippisch était un engin de guerre qui devait emporter des armes et jouir de la maniabilité propre aux chasseurs de l'époque. Le Bell fut libéré de ces contraintes : son unique mission consistait à voler en palier plus vite que le son, sans s'aider du moindre piqué.

## VINGT SECONDES POUR UN EXPLOIT

Tout fut mis en œuvre pour assurer la réussite du projet, ce qui imposait certains choix. Tout d'abord, monter très haut, au moins à 8 000 m, pour deux raisons : d'une part, l'air est moins dense, donc sa pénétration plus aisée ; d'autre part, à cause de la très basse température qui règne à cette altitude, la vitesse du son y est plus faible qu'au voisinage du sol. (À ce niveau, on évalue d'ail-

leurs la vitesse de l'avion en Mach – du nom du physicien autrichien Ernst Mach –, rapport entre la vitesse de l'avion et la vitesse du son dans la zone où il évolue.)

En second lieu, l'avion serait largué à haute altitude par un appareil gros porteur, car la consommation du moteur-fusée est si grande que l'engin n'a guère plus de deux ou trois minutes d'autonomie. Enfin, ce modèle expérimental serait doté d'un nez pointu de type obus et d'ailes courtes et minces. Bell construira en 1947 trois prototypes, dénommés X-1.

Une explosion, due à une erreur de manipulation des liquides hautement réactifs qui alimentent la fusée, détruit au sol le premier lors des opérations de remplissage. Le second entame ses premiers lâchers, piloté par Chuck Yeager, grand pilote d'essai de l'Army Air Force (plus tard US Air Force). Sa première mission est de redescendre en vol plané pour rejoindre la piste tracée près de Muroc Field, dans le désert Mojave (Californie).

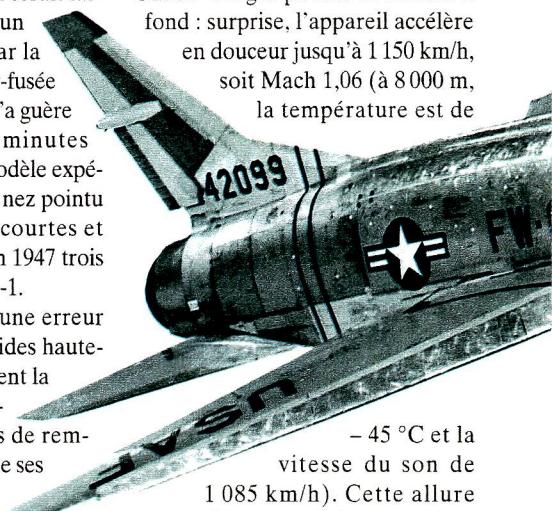
Au cours des vols suivants, qui se font toujours en palier ou en légère montée, le moteur-fusée est allumé pour tester les vitesses transsoniques. Enfin, le 14 octobre 1947, Chuck Yeager pousse le moteur à fond : surprise, l'appareil accélère en douceur jusqu'à 1 150 km/h, soit Mach 1,06 (à 8 000 m, la température est de

– 45 °C et la

vitesse du son de 1 085 km/h). Cette allure sera maintenue pendant une vingtaine de secondes. Chuck Yeager devient le premier homme à avoir volé plus vite que le son.

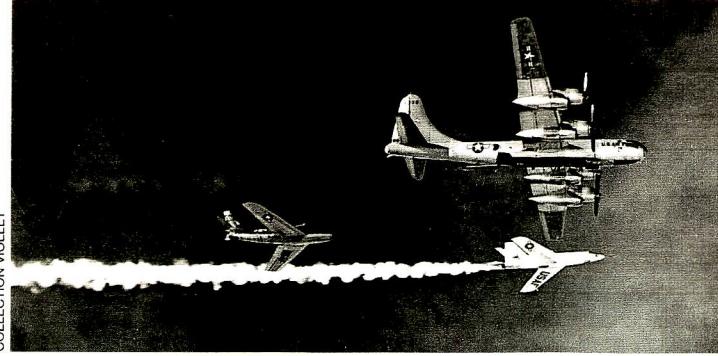
On pourrait s'étonner de la relative facilité avec laquelle le mur du son a été franchi en palier ce jour-là, alors que les appareils à turbines continuaient à se désintégrer dans des piqués dévastateurs. (Le record officiel en palier à basse altitude était alors de 1 047 km/h – Mach 0,85.) En fait, le Bell X-1 était un engin à mi-chemin de

l'avion et du projectile : de l'avion, il avait les ailes (réduites au minimum) et les gou-



## Pilotage à haut risque

Le Bell X-1, qui pouvait voler à 3 500 km/h, tenait plus de l'obus piloté que de l'avion de chasse classique. Le premier fut pulvérisé en vol.



# projectile

## Il fondait sur ses proies

En août 1955, le Super Sabre F-100 américain fut le premier avion "standard", c'est-à-dire capable de décoller, à passer le mur du son en palier.

Cet appareil militaire d'interception était muni d'un turboréacteur.



DITEAUSIS  
vernes, du projectile la charge propulsive et la forme aérodynamique. Vu de profil, le Bell X-1, tout comme le Komet, avait exactement la silhouette d'une balle de fusil.

Et, au lieu d'avoir une grosse charge de poudre à l'arrière, il avait une grosse fusée. Dans ces conditions, et sans rien retirer au talent des ingénieurs qui l'avaient dessiné, il faut reconnaître qu'il était plus aisément de franchir le mur du son avec cette machine qu'avec des avions conventionnels aux ailes épaisses et au nez arrondi. D'un autre côté, il fallait quand même l'immense talent de Chuck Yeager pour manœuvrer cet obus à ailettes et le faire descendre en vol plané jusqu'à la piste d'atterrissage.

### PREMIERS ESSAIS EN SOUFFLERIE

DITEAUSIS  
Piloter ces engins n'allait d'ailleurs pas sans risques : une explosion détruisit le Bell X-1 A au moment où il allait être largué par son avion porteur. Le Bell X-1 D connut le même sort, juste après son largage. Le premier Bell X-2 fut pulvérisé en vol, toujours par une explosion, et le second se désintégra en 1956, après avoir dépassé

3 500 km/h, victime d'un phénomène d'aéroélasticité alors mal connu. Chuck Yeager, lui, eut plus de chance : il avait été le premier homme à dépasser Mach 1, il fut également le premier, en décembre 1953, à atteindre Mach 2,5 (2 640 km/h) sur le Bell X-1 A.

Mais, à côté de ces engins, dont les performances restèrent longtemps secrètes, les avions à turboréacteurs progressaient lentement : contrairement aux roquettes pilotées de type Bell X-1, qui étaient affranchies de toute contrainte, ces appareils "normaux" devaient décoller seuls, rester maniables quelle que soit la vitesse, à haute ou à basse altitude, et avoir une autonomie de vol d'au moins une heure. De surcroît, ils devaient être capables d'emporter des canons ou des bombes, sans compter les équipements de détection radar et de liaison radio.

Les données du problème étaient donc fort différentes, et ce fut une longue

### En France aussi...

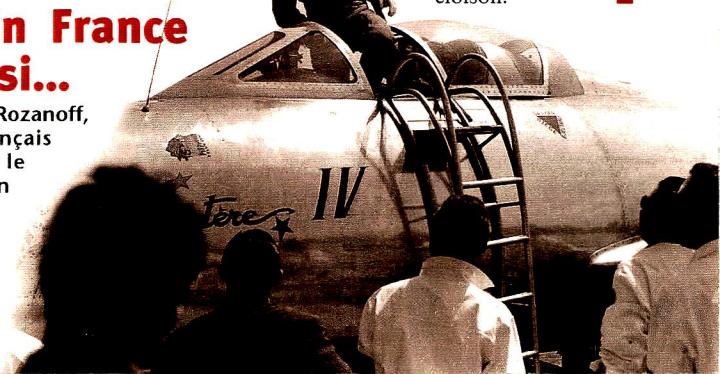
Le colonel Rozanoff, premier Français à franchir le mur du son en palier sur un Mystère IV (1954).

conquête, endeuillée d'un nombre considérable de victimes. Malgré tout, en 1948, le mur du son fut enfin franchi en piqué par le Britannique John Derry, sur un De Havilland DH 108. Mais les risques demeuraient identiques : John Derry devait d'ailleurs se tuer à Farnborough aux commandes d'un DH 110. En France, c'est en octobre 1952 que le mur du son fut franchi, toujours en piqué, par un Dassault Mystère II piloté par le commandant Roger Carpentier.

Pour que le supersonique devienne un domaine familier, il fallut attendre que progressent les connaissances en aérodynamique, elles-mêmes liées aux études en soufflerie. En 1953, l'Américain Richard Whitcomb pouvait ainsi confirmer expérimentalement la loi des aires, énoncée dès 1935 par l'Américain d'origine hongroise Theodore von Karman : l'avion doit être dessiné de telle manière que les sections transversales, du nez à la queue, ne présentent pas de brusque discontinuité.

A cet effet, il faut, par exemple, amincir localement le fuselage au niveau de l'aile – d'où le nom de taille de guêpe qu'on donne à ce profil, caractéristique, notamment, du Dassault Rafale. Avec des appareils respectant cette loi, munis d'ailes minces en flèche ou en delta

et pourvus d'un fuselage en pointe, le mur du son ne fut plus, à partir de 1955, qu'une mince cloison. ■



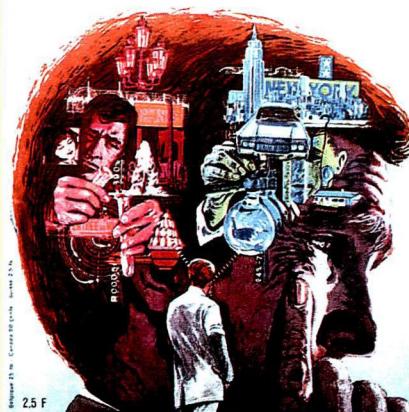
## Il y a 30 ans

Un  
Mirage  
G à flèche  
variable

Après les Etats-Unis et l'URSS, la France a mis au point un avion à flèche variable. Aux basses vitesses, la flèche de l'aile est de 20° par rapport au fuselage. Aux grandes vitesses (jusqu'à Mach 2,5), elle atteint 70°: c'est la position en aile Delta.

## SCIENCE &amp; VIE

LA SCIENCE PROLONGÉE POUR LA FEMME  
CONSTRUISEZ VOTRE LASER POUR 1800 F  
LE SALAIRE DE LA SCIENCE EN DOLLARS



## Septembre 1967

L'Europe paie mal ses "cerveaux". Or, chaque année, les Etats-Unis ont besoin de 75 000 nouveaux ingénieurs pour soutenir leur développement économique. N'en formant que 45 000, ils vont en trouver 30 000 autres à l'étranger. 70 % des cerveaux accueillis ces dernières années venaient de Grande-Bretagne et d'Allemagne fédérale.

PHOTOS X - TOUT DROITS RÉSERVÉS

Deux ans de plus  
sur le chemin  
de l'école

Dès la rentrée, la scolarité obligatoire est prolongée jusqu'à l'âge de 16 ans. Les enfants de 14 ans qui souhaitent entrer dans la vie active devront donc attendre deux ans pour être admis comme apprentis. Ils sont 250 000 à être concernés par cette réforme.

Envolez-  
vous sur une  
ceinture fusée

Conçu par la société Bell Aerosystem, Pogo est un taxi spatial destiné en premier lieu à l'exploration lunaire. Mais vingt-sept essais ont aussi montré sa maniabilité sur notre planète, comme saute-rivière ou engin tout terrain.

Photo-caméra  
de l'an 2000

L'électronique prépare une révolution dans les domaines de la photo et du cinéma, qui cesseront bientôt d'être deux techniques distinctes pour l'amateur. Sur l'Utopica, un appareil automatique et transistorisé auquel travaille Zeiss-Ikon, les blocs photo et ciné seront interchangeables.



P A R C   D E   B A G A T E L L E



CONCOURS  
**AUTOMOBILES**  
CLASSIQUES  
ET  
**LOUIS VUITTON**

6   E T   7   S E P T E M B R E   1 9 9 7

# La guerre des copeaux

**O**n élève certains vins en barrique pour qu'ils expriment, des années plus tard, toute leur souplesse, leur rondeur, leur finesse. Or, cette technique œnologique n'a pas d'existence légale dans les règlements internationaux : elle est si ancrée dans la tradition que les experts ont omis de la coucher sur le papier ! Aujourd'hui, c'est parce que l'introduction de copeaux de chêne dans les cuves n'est pas non plus mentionnée sur la liste des pratiques et des traitements œnologiques autorisés dans l'Union européenne qu'elle est interdite (1).

## INFUSION DE SCIURE

Mais à quoi servent donc les copeaux de chêne (*oak chips*, en anglais) ? A donner au vin divers caractères : boisé, épice (clou de girofle, poivre...), floral (violette, œillet, rose, etc.), fruité (vanille, noisette), "empyreumatique" (fumé, grillé, café, cacao, caramel, etc.)... La nature de ces arômes dépend de l'intensité du chauffage que ces copeaux ont subi avant leur conditionnement. On les suspend dans des sacs au-dessus de la cuve, dans laquelle ils macèrent à la manière de gros sachets d'infusion ; ou bien on y introduit directement une volée de sciure, qui sera ensuite éliminée par décantation ou filtration. En général, on apporte 100 kg de copeaux pour une cuve de 200 hectolitres. Ils se présentent sous plusieurs formes, de la sciure aux bûchettes, en passant par le "râpé" (photo ci-dessus).

■ **Introduits dans la cuve, les copeaux de chêne donnent au vin des saveurs diverses, qui plaisent aux nouveaux consommateurs, surtout étrangers. Sacrilège ! s'écrient les puristes. Les exportateurs, eux, réclament à cor et à cri l'autorisation d'une technique pour l'instant interdite.**

PAR MARIE-LAURE MOINET

La pratique des *oak chips* est légale et courante dans les nouveaux pays viticoles : Californie, Australie, Chili, Afrique du Sud et, dans une moindre mesure, Argentine, Nouvelle-Zélande, Bulgarie, etc. Elle se marie bien avec les "vins de cépage" que ces pays ont imposé sur le marché international. On désigne ainsi les vins qui portent le nom de la variété cultivée (ou cépage) qui leur donne naissance. Seul un petit nombre

des 240 cépages cultivés en France a fait le tour du monde. Ce sont essentiellement, en blanc, le chardonnay, le sauvignon, le riesling, le chenin, le pinot blanc,

J. P. BOUCHARD



(1) Annexe VI du règlement CEE n° 822/87.

# de chêne

## Innovation contre tradition

Les nouveaux pays viticoles (Chili, Australie, Afrique du Sud...) utilisent un outil œnologique récent : les copeaux de chêne. Introduits dans les cuves, ceux-ci permettent à peu de frais le mariage du bois et du vin. Nouvel atout ou... scandaleuse aromatisation ? La vieille Europe se pose la question.

le viognier; en rouge, les cabernets (franc et sauvignon), le merlot, le pinot noir, la syrah (chiraz pour les Anglo-Saxons).

Le nouveau consommateur – britannique, coréen ou japonais – s'y retrouve plus facilement dans les noms de ces cépages "stars" que dans le labyrinthe des appellations d'origine contrôlées, les AOC (quelque 400 en France). En Bourgogne, pas moins de 96 AOC reposent sur un seul cépage en rouge, le pinot noir, et un seul cépage en blanc, le chardonnay... Au contraire, le vignoble méditerranéen est depuis toujours une mosaïque de cépages. Mais, après avoir arraché un quart de ses vignes au plus dur de la crise de surproduction, le Midi viticole a renouvelé un tiers de sa superficie actuelle avec, notamment, ces cépages stars, qui côtoient désormais ses traditionnels grenache, piquepoul, muscat...

C'est que la demande est forte : selon l'Onivins (Office national in-



■ ■ ■ terprofessionnel des vins), la mention du cépage accroît de 20 à 60 % le prix de vente moyen d'un vin de pays ! En dix ans, le marché français des vins de cépage (2 millions d'hectolitres) a été multiplié par cinq, et sa croissance en 1996 a été de 40 % sur les rouges et les rosés,

nays à goût boisé et... à prix modique. Et ces derniers ont remporté en 1997 un concours international des vins de cépage qui confrontait les "chardonnays du monde".

Les exportateurs français piaffent donc d'impatience de voir les copeaux autorisés. Le syndicat des Vins de pays d'Oc et celui des Vins de pays du jardin de la France (vins blancs du Val-de-Loire) sont montés au créneau. Pour l'instant, l'autorisation des vins de copeaux n'a été accordée que pour une quantité expérimentale, plafonnée par la réglementation européenne à 50000 hectolitres (soit 0,33 % de la production de vins de pays). Une quarantaine d'entreprises – vigneron, coopératives, négociants – ont procédé à des essais officiels de vinification avec des copeaux. Leur

rapport technique, validé par l'Union des œnologues de France, a été remis en juillet dernier, dans la plus grande confidentialité, à l'Onivins et à la Direction générale de la répression des fraudes. L'Office international de la vigne et du vin travaille aussi sur le sujet. Lorsqu'il aura émis ses recommandations – vraisemblablement dans... deux ans –, Bruxelles prendra position. D'ici là, ce vin expérimental aura été bu, en France et, plus probablement, à l'étranger, puisque c'est surtout dans les nouveaux pays consommateurs (Grande-Bretagne, Etats-Unis, Canada, Mexique, pays d'Asie) que la note boisée est appréciée.

### ECONOMIQUEMENT RENTABLE

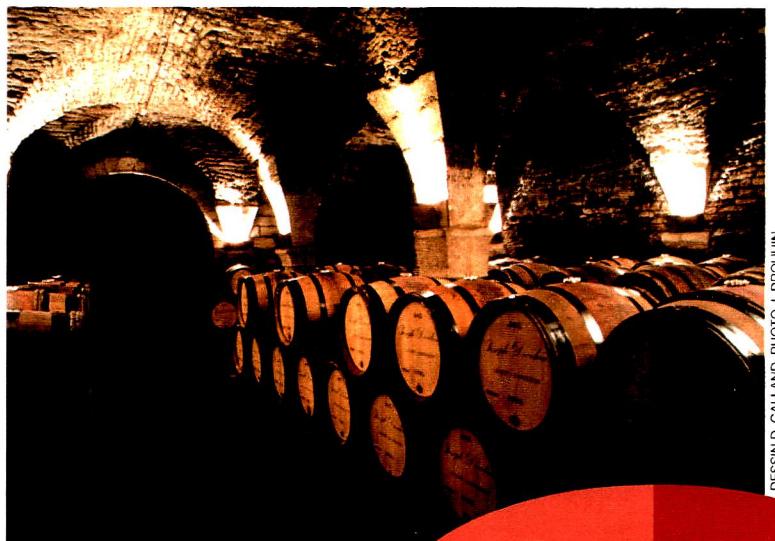
Selon le directeur d'une coopérative du Languedoc (qui, on le comprend, désire garder l'anonymat), les copeaux donnent un avantage gustatif notable aux vins de bonne qualité qui se boivent jeunes. «Avec les copeaux, on peut faire du sur-mesure, reproduire ou expérimenter à volonté les doses», explique-t-il, enthousiaste, tout en reconnaissant la supériorité de la barrique.

En vinifiant selon cette méthode, le coût de revient au litre n'augmente que de 10 à 20 centimes, au lieu de 5 à 10 F pour un vieillissement en barrique neuve. Le goût boisé devient possible pour des vins vendus de 8 F à 20 F le litre.

La comparaison des copeaux avec la barrique – sacrilège *a priori* – n'est plus ridicule, car on peut désormais leur adjoindre un appareil autorisé depuis mars 1997, qui, pour un investissement modeste (7000 F), diffuse de 0,25 à 4 ml d'oxygène par litre et par mois dans la cuve. Ce "micro-bulleur", mis au point par un vigneron

## Bruxelles devrait prendre position dans deux ans

et de 20 % sur les blancs. Les ventes à l'étranger progressent au même rythme, mais la concurrence est rude : les vins de cépage australiens ont conquis 8 % du marché britannique, grâce à des chardon-



DESSIN D. GALLAND, PHOTO J. DROUIN

## Lutte des classes

La production française (59,6 millions d'hectolitres en 1996)

se divise en vins de table, vins de qualité produits dans des régions

déterminées (VQPRD) et vins destinés aux eaux de vie. Les VQPRD comprennent les appellations

d'origine contrôlées (AOC, environ 24 Mhl) et les vins délimités de qualité supérieure (VDQS, 537000 hl). Les vins de table au sens strict sont en perte de vitesse (environ 8 Mhl). Ils côtoient les vins de pays, dont le volume augmente rapidement (environ 15 Mhl), surtout celui des vins de cépage. La majorité des vins ne connaît que la cuve en béton ou en inox : seuls de 20 à 25 % des AOC séjournent en barrique.



## DES VINS TRADITIONNELS AUX VINS "TECHNO"...

Le vin résulte d'une lente alchimie. Pour les vins rouges, après la vendange, les baies écrasées ("foulées") sont mises à macérer dans le jus ("moût"). On ajoute du dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) pour freiner l'action des bactéries.

Les levures (originelles ou ajoutées) transforment alors le sucre en alcool, produisant de la chaleur et du gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ). Les anthocyanes (qui donnent au vin sa couleur) et les tanins (qui lui donnent corps et saveur) sont extraits des pellicules des baies. Le  $\text{CO}_2$  fait remonter les résidus solides (le "marc"), qui sont ensuite pressés à part. A la fin de la fermentation, les impuretés (pépins, pulpes, terre, levures mortes...) se déposent au fond de la cuve : ce sont les "bourbes".

Tuées par l'alcool, les levures font place aux bactéries lactiques. Ces dernières diminuent l'acidité du vin en trans-

formant l'acide malique (di-acide) en acide lactique (mono-acide). Cette fermentation se fait parfois en barrique.

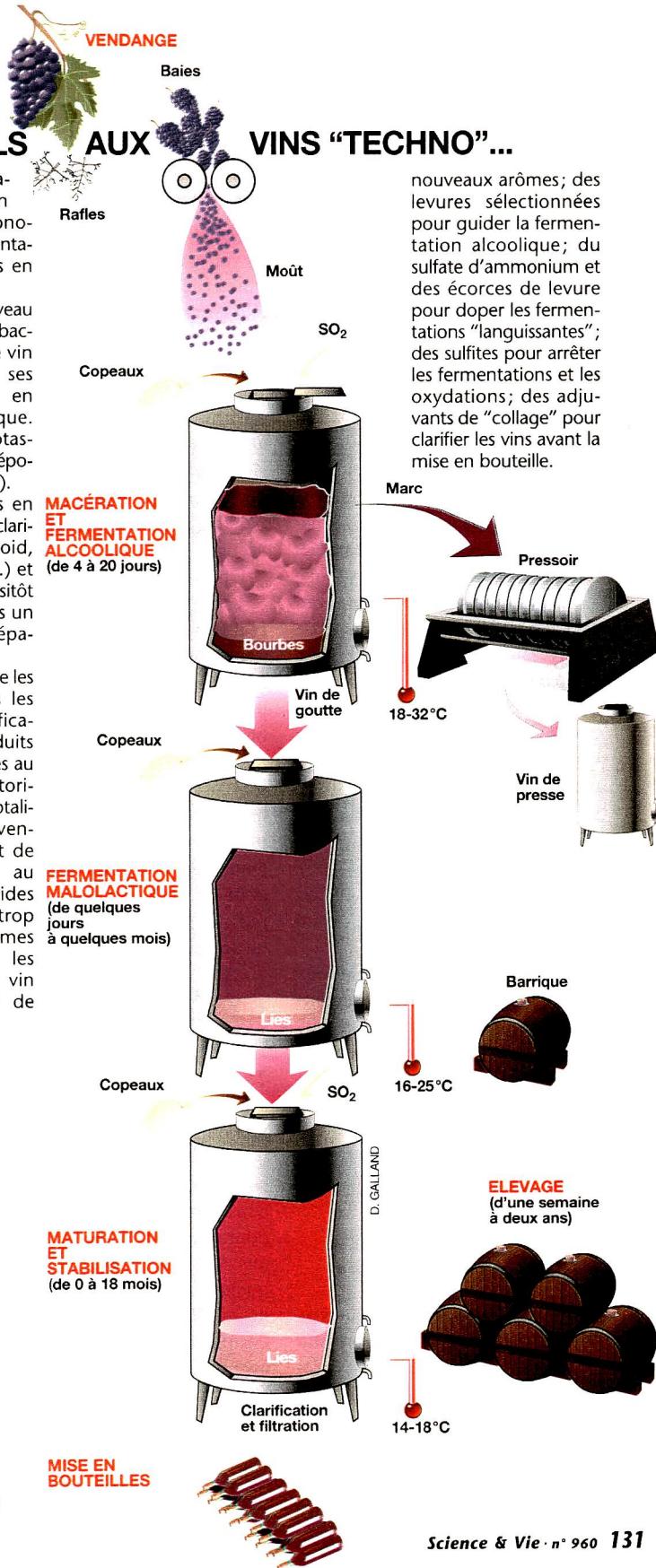
Le vin est de nouveau sulfité pour tuer les bactéries lactiques. Le vin se stabilise, et ses arômes évoluent, en cuve ou en barrique. Acide tartrique, potassium, colloïdes se déposent au fond ("lies").

Avant d'être mis en bouteille, le vin est clarifié (passage au froid, électrodialyse, etc.) et filtré. On le boit aussitôt (primeur) ou après un vieillissement qui éprouve ses arômes.

On peut introduire les copeaux à toutes les étapes de la vinification. D'autres produits industriels exogènes au raisin sont déjà autorisés : le sucre ("chaptalisation") pour les vendanges manquant de maturité; ou, au contraire, des acides pour les raisins trop mûrs; des enzymes pour débourber les moûts (pour le vin blanc) et libérer de

ron du Gers, Patrick Ducournau, avec l'aide de Michel Moutounet, de l'Institut des produits de la vigne (INRA, Montpellier), est indispensable si l'on veut reproduire en cuve ce qui se passe dans la barrique.

Car l'oxygénation lente et continue du vin (dite "oxygénation ménagée"), grâce à la porosité du bois de la barrique, est un paramètre essentiel de la maturation d'un grand vin. Elle donne des arômes et des saveurs spécifiques et teinte la robe du vin d'une nuance mordorée pour les blancs et brune pour les rouges. Surtout, elle "arondit les tanins" du vin rouge. Celui-ci ■■■



■ ■ ■ contient en effet deux classes d'une famille de molécules, les polyphénols : les anthocyanes (pigments rouges extraits de la peau du raisin) et les tanins. Les tanins sont des petites molécules qui, en se combinant aux protéines de notre salive, sont astringentes (elles resserrent nos papilles gustatives). Ils se combinent aussi entre eux et avec ceux du bois, devenant moins astringents, plus souples, plus fins. Ils se lient également aux anthocyanes, ce qui stabilise la couleur rouge.

« Les vins aptes à faire un stage dans le bois sont les vins de garde, que l'oxygénéation ménagée prépare à vieillir dans le milieu fermé et réducteur de la bouteille », explique Denis Dubourdieu, directeur de recherche à l'Institut d'oenologie de l'université Bordeaux II. Le vin gagne ainsi un corps, une persistance en bouche et un bouquet dans lequel se fond l'arôme boisé. Mais, si le vin n'est pas assez tanique (« charpenté ») au départ, les arômes spécifiques extraits du chêne, comme la whisky-lactone (odeur de noix de coco ou de bois fraîchement coupé), et ses tanins (différents de ceux du vin) se dissocient : le vin a alors un goût de « planche »!

Un préjudice qu'il vaut mieux éviter quand on investit dans la fermentation et l'« élevage » en barrique. Car, outre le prix des fûts (2500 F pièce), cette vinification ré-

1000, voire 10 000 hectolitres... Il faut régulièrement « ouiller » chaque tonneau, c'est-à-dire verser du vin pour compenser les quelques litres qui s'évaporent à travers le bois et le trou de bonde (l'ouverture du fût). Sinon, le vin se transforme en piquette, car le « ciel gazeux », au sommet du tonneau, est propice aux bactéries aérobies *Acetobacter*, responsables de la « piqûre acétique » par dégagement d'acide acétique.

Une fois le fût vidé (c'est le « soutirage »), il faut le nettoyer, le rincer, l'égoutter et le passer au dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) pour le désinfecter. Enfin, dans les barriques usagées, des phénols volatiles aux notes de « cuir » ou d'« écurie » s'accumulent. Il est donc indispensable de les renouveler au plus tard après quatre ou cinq « vins », à la fois pour préserver le goût et parce que le bois, colmaté par les dépôts, notamment de tartre, n'est plus poreux.

### DES ARBRES PLUS QUE CENTENAIRES

Dans son édition de 1599 du *Théâtre d'agriculture et mesnage des champs*, Olivier de Serres écrivait déjà : « Les premières années de tels meubles, [le vin] tire une odeur extravagante, odieuse à aucun, agréable à d'autres, lesquels, pour la conserver, ajoutent tous les ans à leurs tonneaux vieux, quelques nouvelles douves de chêne. » Les douves, ou douelles, sont des planches qu'on cintre et qu'on assemble de façon encore artisanale pour fabriquer le tonneau. Elles proviennent du bois de cœur fendu (et non scié) de chênes de plus de 100 ans et qui ont séché au moins deux ans à l'air libre...

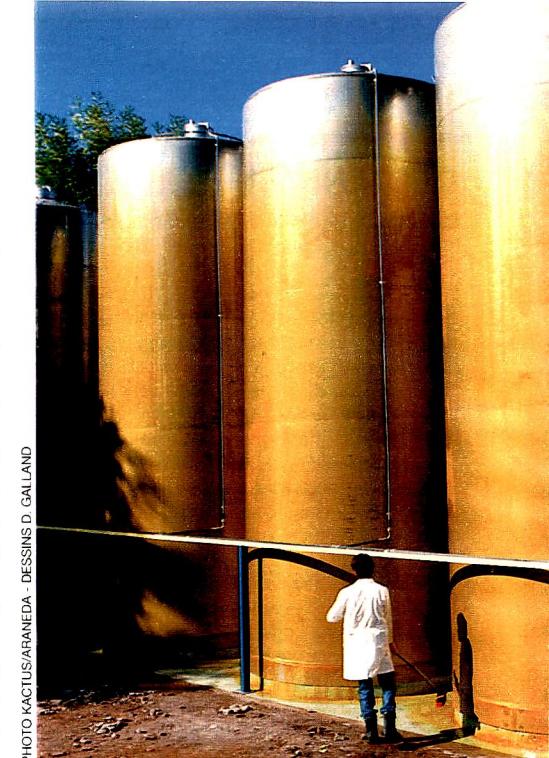
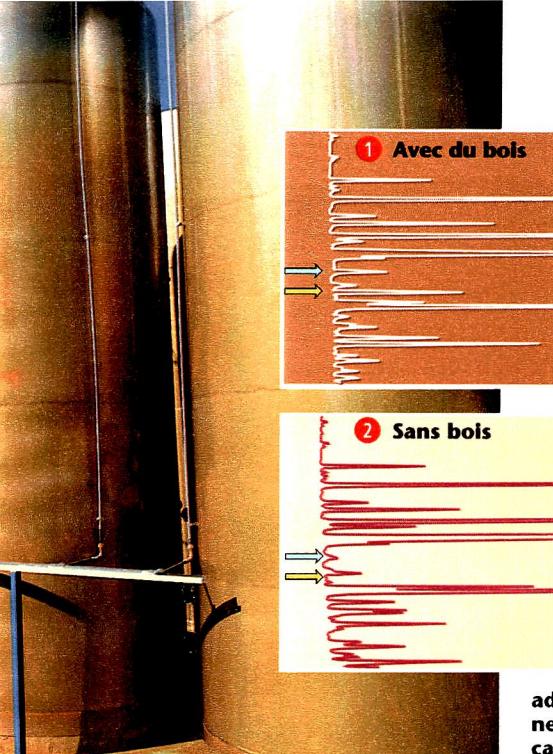


PHOTO KACIUS/ARANEDA - DESSINS D. GALLAND

Si, avec 40 ou 50 F de copeaux, et en quelques semaines seulement, on peut enrichir le goût d'un vin, faut-il donc s'en priver ? Le débat divise la profession (2). Les détracteurs des copeaux crient à l'aromatisation, porte ouverte à toutes les dérives (demain, les baies de cassis, les pulpes d'agrumes, etc.); leurs défenseurs y voient un « outil » œnologique supplémentaire, à côté des levures industrielles, des enzymes... L'Institut national des appellations d'origine (INAO), gardien des appellations d'origine contrôlées (AOC), est farouchement contre : « L'utilisation de fûts de chêne s'intègre parfaitement aux savoir-faire traditionnels, éléments importants de la reconnaissance des AOC. L'emploi de substituts ne peut que jeter le trouble dans l'esprit du consommateur, et le discrédit sur ce secteur de production qui se veut porteur d'une image », écrit Jérôme Quiot, président du Comité des vins et eaux-de-vie de l'INAO.

(2) Sondage de la revue *Viti* (mai 1997) auprès de ses lecteurs : 40 % sont pour, et 46,6 % contre, quel que soit le type de vin ; 13,3 % sont hostiles si le vin est un AOC, et favorables si c'est un vin de table ou de pays.



## Le chêne se trahit

**L'analyse chromatographique d'un vin permet de déterminer s'il a été en contact avec du chêne (barrique ou copeaux). La présence de vanilline (flèche bleue) et de syringaldéhyde (flèche jaune) est la "signature" du bois ①. Le chromatogramme d'un vin élevé dans des cuves en béton ou en inox (photo ci-contre), sans addition de copeaux, ne montre pas ces pics caractéristiques ②.**

Il est vrai que les seules comparaisons officielles, effectuées en 1995 par l'Institut technique de la vigne et du vin (ITV), n'encouragent pas cette pratique : « L'ajout de granulats (sciure) apporte un caractère organoleptique rappelant un boisage plus ou moins prononcé en fonction de la préparation et de la dose, mais dont les dominantes sont à nuances pommadées, artificielles et pharmaceutiques, accompagnées d'une impression de sécheresse en bouche », résumait René Naudin, responsable de l'unité expérimentale de l'ITV de Beaune (Côte-d'Or).

### « UNE PRATIQUE ACCEPTABLE »

Peut-on reprocher à l'INAO d'être conservateur ? Grâce au respect de l'authenticité du terroir et à de multiples contraintes (comme la limitation du rendement de la vigne), les AOC ont tiré vers le haut la qualité du vin français... et ses exportations : 13,13 milliards de francs de devises en 1996, sur les 24,84 milliards du secteur vins. C'est trois fois plus que les vins de

table (dont font partie les vins de pays), pour la même quantité exportée. « Mais, pour la gamme des vins de cépage [vins de pays], qui ont donné un nouveau souffle au vignoble du Languedoc, faut-il enfermer les producteurs dans des règles qui vont les étouffer sur un marché devenu mondial ? », demande Jacques Lurton, négociant international à Vayres (Gironde).

Le Pr Terry Lee, directeur de l'institut de recherche des vins australiens, est catégorique : « Pour les vins vendus moins de 80 F la bouteille, les copeaux de chêne sont une pratique acceptable... et acceptée, y compris en Europe. » De fait, la France compte quelques entreprises productrices de copeaux : Trans-Europe-Bois (Haute-Marne), Aro-Bois (Lot), Boisé-France (Pyrénées-Atlantiques)... Equipees d'une unité de torréfaction, elles s'approvisionnent dans les scieries ou chez les merrandiers, ceux qui débitent les billes de chêne servant à confectionner les douelles des tonneaux. Ces entreprises vendent dans les pays non européens où les copeaux sont au

torisés, mais aussi en Espagne, en Italie. « Cette nouvelle méthode est utilisée partout dans le monde – y compris en France, de façon illicite », affirme Jean-Luc Liberto, président de l'Union des œnologues de Languedoc-Roussillon.

La fraude est d'autant plus aisée que les techniques d'analyse permettent de savoir si le vin a été en contact avec le bois, mais sont incapables de détecter les provenances géographiques (elles distinguent seulement le chêne américain des chênes européens). Elles peuvent encore moins dire si le vin a « connu » le bois entier... ou en miettes.

### RISQUE D'UNIFORMISATION

Le laboratoire régional de la répression des fraudes de Bordeaux n'a encore pas décelé dans le vin d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) tels que le benzopyrène créé par la carbonisation. Mais, demain, si les copeaux sont autorisés, saura-t-on contrôler le chauffage des copeaux et leur origine ? Comment sera étiqueté le vin ?

« Le débat n'est ni économique ni technique. Il est culturel, et l'œnologie ne peut être un paravent », résume Claude Espéillac, directeur de l'Institut coopératif du vin (ICV), à Lattes (Hérault). Outre qu'elle pourrait nuire à l'image du vin, de toute façon, l'utilisation des copeaux ne suffira pas à nous rendre compétitifs avec le Nouveau Monde : la terre y est moins chère, les parcelles de vigne sont de plusieurs hectares, les rendements non limités, la mécanisation poussée, l'irrigation autorisée, etc.

En revanche, le goût boisé, subtilement fondu dans certains grands crus, risque d'uniformiser grossièrement les vins. « Les arômes sans le goût en bouche, c'est comme le hâle sans la promenade en bateau », ironise Denis Dubourdieu. Question de culture... ou d'innovation ? ■



## Le premier révélateur de la maladie

La fièvre est l'un des premiers symptômes que l'on examine pour établir un diagnostic. Une mesure de température fiable peut être déterminante. Elle est fournie par le thermomètre à mercure, qui reste très utilisé malgré la toxicité de ce métal. Pour le remplacer, d'autres méthodes existent, mais laquelle choisir ?

# Les thermomètres ont la fièvre

**C**est en milieu hospitalier que le risque de pollution mercurielle liée aux thermomètres est le plus important. Les chiffres récemment présentés par l'Assistance publique - Hôpitaux de Paris sont alarmants. A l'hôpital, tous services confondus, la durée de vie moyenne d'un thermomètre n'excède pas un mois, en raison de sa fragilité. Il finit toujours par se casser. Sur le territoire français, ce sont ainsi plus de 5 millions de thermomètres qui répandent chaque année leur contenu toxique. Bien que chacun ne renferme que 2 grammes de mercure envi-

**■ Le thermomètre à mercure a sa place dans toutes les armoires à pharmacie familiales. Mais, lorsqu'il se casse, il provoque une dangereuse pollution. Il devrait être interdit l'an prochain. Déjà, son successeur est sur les rangs...**

PAR HENRI-PIERRE PENEL

ron, le bris des appareils au sein des établissements de santé disperse dans la nature près de 10 tonnes par an du dangereux métal. Les petits ruisseaux forment les grandes rivières...

Il est extrêmement difficile de récupérer le mercure d'un thermomètre cassé. Il roule sur le

**sol et forme de petites billes insaisissables. Si**

**l'on essaie de les attraper, elles se fragmentent en gouttelettes microscopiques, qui vont se loger dans les moindres**

**interstices. Mais, de toute façon, même quand on le récupère, le mercure suit rarement une filière de retraitement adaptée. Le plus souvent, il finit à la poubelle, avec les débris de verre.**

Les thermomètres à mercure vont donc sans doute être interdits en milieu hospitalier dès 1998. La Direction générale de la santé (DGS) diffusera préalablement une circulaire destinée aux chefs

d'établissement, pour les informer de la procédure à suivre en cas de bris de thermomètre. Mais les textes qui les prohiberont ne sont pas encore votés, et les tractations entre les pouvoirs publics et les professionnels semblent encore au point mort.

Quant aux instruments à usage familial, ils devraient également être retirés de la vente l'an prochain. Mais, le temps que les particuliers les renouvellent, leur disparition devrait s'étaler sur deux ans.

Or, la prise de température reste un élément de diagnostic primordial. Une poussée de fièvre est souvent le seul signe de l'apparition d'une maladie. Il faut donc trouver un substitut au mercure.

## UN SUBSTITUT PEU RECOMMANDABLE

La société MAAS, qui est la dernière en France à fabriquer des thermomètres médicaux à mercure, a été mise en liquidation anticipée en raison de la probable disparition de son marché. Elle envisage néanmoins de se reconvertis dans la filière des thermomètres à gallium. Les caractéristiques physiques de ■ ■ ■

ce métal (qui fond à 29,5 °C) sont proches de celles du mercure. Y compris sa toxicité, ce qui en fait un substitut peu recommandable.

L'alcool ferait-il mieux l'affaire ? Son point d'ébullition – environ 80 °C – est trop "proche" des tem-

dans le tube et altèrera la mesure. C'est ce qui se passe dans les thermomètres médicaux à alcool, qui atteignent difficilement la précision souhaitable de 0,1 °C.

Reste la filière des appareils électroniques, qui, *a priori*, ne présentent pas les mêmes inconvénients. On peut les diviser en deux grandes catégories : les thermomètres à capteur CTN (coefficients de température négatifs) et ceux à mesure infrarouge.

Sur les premiers, l'élément sensible à la température est un composant électronique dont la résistance interne varie avec la chaleur du milieu qui l'entoure. Plus elle augmente, plus la résistance diminue. Elle est ainsi inversement proportionnelle à la température, d'où

## Peu fiable

Ce thermomètre électronique utilise un composant à résistance variable en fonction de la température. Mais l'usure prématuée de la pile cause de fréquentes erreurs de mesure.



le qualificatif de coefficient négatif. Un circuit électronique mesure la variation de résistance, en déduit la température et l'inscrit sur un afficheur à cristaux liquides. Le coût de ces appareils est relativement bas : la plupart des pharmacies les vendent moins d'une centaine de francs.

En revanche, leur fiabilité est imparfaite. Il leur arrive de commettre des erreurs de mesure de 1 ou 2 degrés, généralement provoquées par l'usure prématuée de la pile. Certains appareils à CTN ne présentent pas ce défaut, mais c'est une pile au mercure qui assure leur alimentation électrique : elle délivre une tension stable pendant toute la durée de vie. Mais elle est bien sûr polluante...

## LES FRANÇAIS SE LAISSENT SÉDUIRE

Les thermomètres à infrarouge, eux, sont beaucoup plus fiables et n'ont aucun mal à atteindre la précision de 0,1 °C. Ils mesurent la température en exploitant le rayonnement infrarouge naturel de l'organisme. Car tout corps dont la température est supérieure au zéro

## On exploite le rayonnement infrarouge de l'organisme

pératures à évaluer pour garantir une mesure fiable. A 37 °C, il libère déjà beaucoup de vapeurs. C'est d'ailleurs une règle valable pour tous les thermomètres : si la température à mesurer est proche de la température d'ébullition du matériau employé, des vapeurs naissent

## LES MÉFAITS DU VIF-ARGENT

Les rejets non contrôlés de mercure dans la nature posent un grave problème. Pour l'homme, les effets de ce métal sont cumulatifs. Stocké par l'organisme, il s'attaque au système nerveux central. C'est la catastrophe de Minamata, au Japon, en 1951, qui a révélé sa toxicité. Des centaines de personnes qui mangeaient régulièrement du poisson contaminé par du mercure (sous forme de méthylmercure) furent atteintes de graves désordres neurologiques, souvent irréversibles.

Non biodégradable, le mercure contamine surtout les produits de la mer. Il se fixe d'abord sur le plancton ou sur des micro-organismes marins. Coquillages, crustacés et poissons s'en nourrissent, et, à chaque repas, la dose de mercure qu'ils

contiennent augmente. Tout au long de la chaîne alimentaire, les proies intoxiquent de plus en plus gravement leurs prédateurs. Prédateur final, l'homme risque ainsi de consommer des aliments où les concentrations successives ont accumulé un fort taux de mercure.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a fixé la "dose tolérable provisoire" d'absorption pour un adulte à 0,2 mg de méthylmercure par semaine. De son côté, l'Europe a établi deux teneurs maximales en mercure pour le poisson commercialisé, en fonction de l'espèce : 0,5 mg ou 1 mg par kilo (décision du 19 mai 1993).

Quant au bris des thermomètres, il entraîne d'autres risques. Il est très difficile de ramasser le mercure répandu sur le sol. Il en

subsiste presque toujours des traces, surtout sur une moquette ou un tapis. Ces traces produisent de dangereuses vapeurs. En effet, dans des cas extrêmes, l'organisme soumis à des inhalations répétées concentre le mercure au fil des jours. De faibles doses provoquent des troubles tels que fatigue, faiblesse musculaire, insomnie, perte d'appétit...

En cas d'exposition chronique, ou si la concentration en vapeur est élevée, les symptômes caractéristiques de l'intoxication au mercure apparaissent : tremblement des mains et des pieds, troubles auditifs et rénaux. Enfin, le mercure traverse aisément la paroi placentaire. Il peut ainsi contaminer le fœtus et entraîner des déficiences neurophysiologiques chez l'enfant.



PHOTO E. MALEMACHE

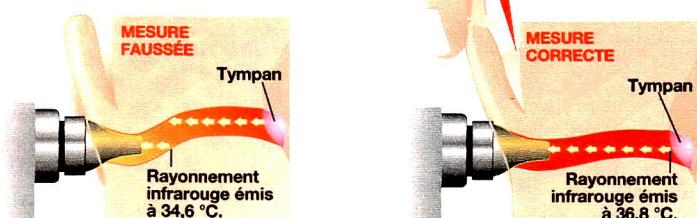
absolu  
(-273 °C)  
émet des  
infrarouges.

Mais ces appareils ont deux handicaps, qui freinent leur diffusion : leur prix élevé – environ 400 F en pharmacie – et leur mode d'utilisation, assez délicat. Le détecteur d'infrarouges, cœur du dispositif, doit viser une zone où la température est uniforme, et identique à la température interne du corps. Le tympan satisfait à ces deux critères. La prise de température s'effectue donc par l'oreille. Mais, afin de compenser la courbure du conduit auditif, il faut tirer l'oreille légèrement vers le haut pour prendre sa température. Pas très commode... S'il est mal placé, l'appareil refuse d'effectuer la mesure.

En contrepartie, le thermomètre à infrarouge présente bien des avantages. Sa mesure est aussi fiable et précise que celle du thermomètre à mercure. Et elle réclame un temps très bref : à peine une seconde. En outre, comme le tym-

## Il faut se faire tirer l'oreille...

Proche du centre de régulation thermique, situé dans l'hypothalamus, le tympan fournit une température de référence. Une nouvelle génération de thermomètres est fondée sur l'analyse du rayonnement infrarouge émis au niveau du tympan. Un capteur en mesure l'intensité et la transmet à une puce électronique, qui calcule la température. La mesure, qui s'effectue en une seconde, est très précise. Mais, en raison de la courbure du conduit auditif, il faut légèrement tirer l'oreille vers le haut. Un désagrément qui ne devrait pas empêcher la thermographie tympanique de se généraliser.



A. MEYER

pan est très proche du centre thermorégulateur, la température relevée correspond bien à celle du cerveau. Point capital pour les enfants, en cas de convulsions par exemple. Car, lorsqu'on prend une température anale, la mesure ne reflète pas la fièvre réelle : en raison de l'inertie thermique de l'organisme, il peut

décliner son Thermoscan en trois versions. La première s'adresse au milieu hospitalier. Conçu pour un usage intensif, cet instrument est assez cher (près de 2000 F). Du

coup, il est même doté d'un dispositif anti-vol... La seconde version, destinée aux généralistes, coûte environ

800 F. Quant au modèle familial, il se vend en pharmacie environ 400 F. Robustesse mise à part, les trois modèles ne présentent pas de différences : ils fournissent des mesures uniformément précises.

Déjà populaire aux Etats-Unis et dans plusieurs pays européens, le Thermoscan commence à séduire les Français. Dans les six premiers mois de l'année, ils en ont acheté plus de 7 000. Et de nombreux médecins généralistes s'en sont équipés.

Le thermomètre auriculaire à infrarouge est sans doute en passe de détrôner le vénérable thermomètre à mercure...

## Un bon test

REVELATEUR  
FRONTAL  
DE FIÈVRE

Ce "test de fièvre" ne dispense pas de l'usage du thermomètre. Lorsqu'il est posé sur le front, ses cristaux liquides changent de couleur. Il affiche un N (normal) ou une valeur entière comprise entre 37 et 41 °C.

s'écouler vingt minutes avant que la température du cerveau se répercute sur l'ensemble du corps.

Plusieurs sociétés à travers le monde fabriquent des thermomètres tympaniques à infrarouge. Parmi elles, la firme allemande Braun est la seule à commercialiser un modèle à usage familial. Elle

# SCIENCE & VIE

# SÉLECTION

# High

par Henri-Pierre Penel

## Internet sans ordinateur

Infogear Technology annonce un nouveau moyen d'accès à Internet sans ordinateur. Basé sur des centres serveurs spécialisés dans ce type de connexions, ce réseau permettra

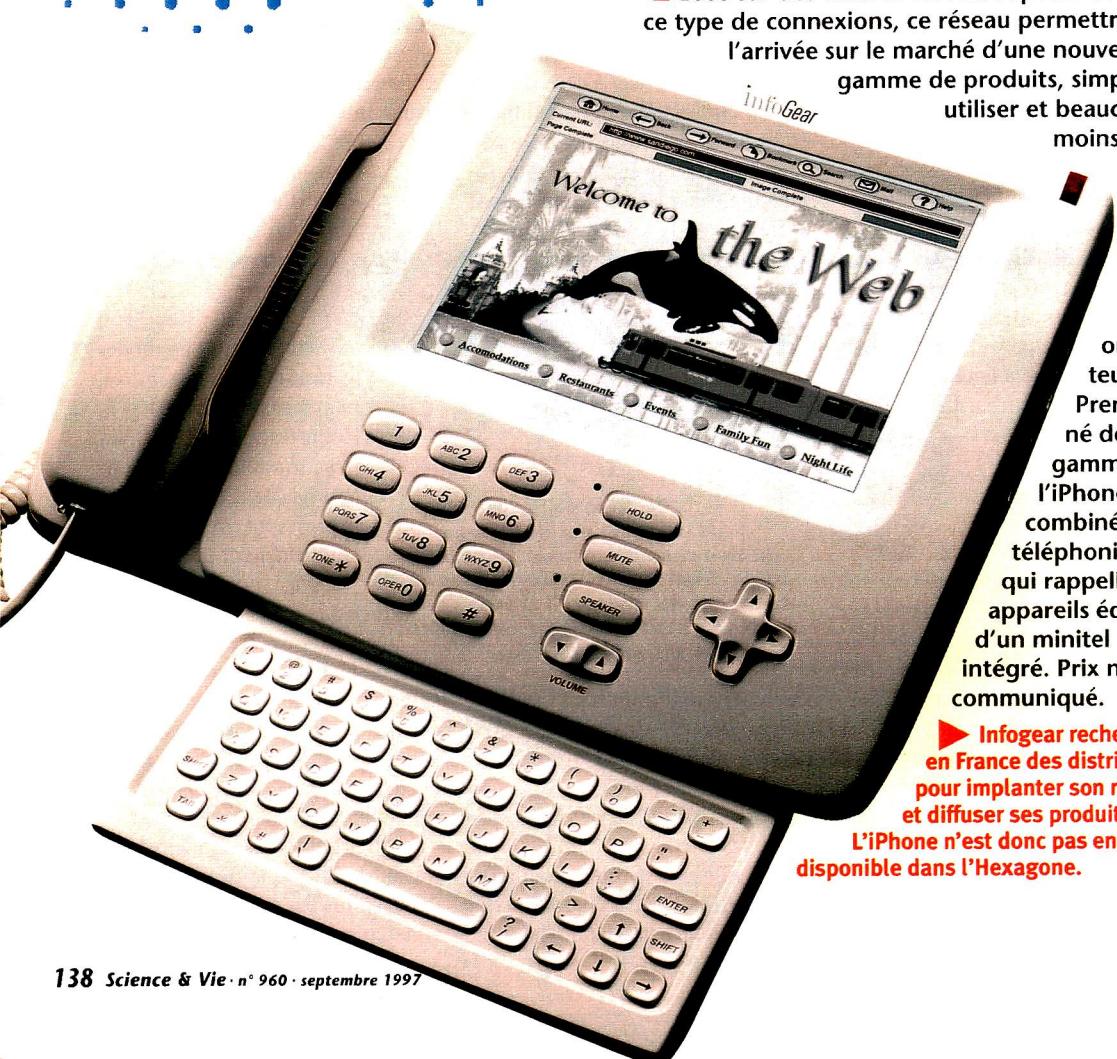
l'arrivée sur le marché d'une nouvelle gamme de produits, simples à utiliser et beaucoup moins chers que les

ordi-  
nateurs.

Premier-  
né de cette  
gamme :

l'iPhone, un  
combiné  
téléphonique  
qui rappelle les  
appareils équipés  
d'un minitel  
intégré. Prix non  
communiqué.

► Infogear recherche  
en France des distributeurs  
pour implanter son réseau  
et diffuser ses produits.  
L'iPhone n'est donc pas encore  
disponible dans l'Hexagone.



# Tech

et Jean-Luc Glock



## IL ZOOZE À TOUT VA !

Le format APS offrait trois formats pour la prise de vue : standard, 16/9 et panoramique. Pour accroître les possibilités de cadrage, le Z 240 de Vivitar possède un zoom 25-40 mm. Comme sur tous les appareils APS, sa simplicité d'emploi est un atout majeur : chargement entièrement automatisé du film, affichage sur écran LCD de la présence du film et du décompte des vues restantes, retardateur 10 secondes, déclenchement automatique du flash, etc. Prix : 650 F.

► Le flash à trois modes de fonctionnement apporte lumière et contraste aux clichés.

## Ventura toujours là

Dans le film *Men in Black*, les hommes en noir sont chargés de sauver la planète, attaquée par de méchants extraterrestres... Quand chaque minute compte, ils ont besoin d'une montre précise : la fameuse Ventura. Quarante ans après sa création, celle qui fut la première montre-bracelet électrique, étudiée à l'époque dans le plus grand secret, n'a pas changé de design. Prix : 2 800 F.

► Si le boîtier de cette montre est d'époque, son mouvement est à quartz. Elle est disponible en version homme ou femme.

## Premier assistant personnel GSM

Ne des amours d'un téléphone GSM et d'un ordinateur de poche, le One Touch COM d'Alcatel est doté d'un large écran tactile. Par simple effleurement, on peut relever sa boîte à lettres électronique sur Internet, appeler un correspondant et même, grâce à un stylet, prendre des notes manuscrites. Comble du raffinement : une liaison par infrarouge permet d'échanger directement des données entre l'appareil et un ordinateur. Prix non encore déterminé.

► Le One Touch COM devrait être proposé, à la fin de l'année, à un prix très inférieur à celui de ses concurrents.



## Le caméscope n'est plus muet

Nombreux sont les caméscopes qui disposent d'un écran à cristaux liquides. On peut ainsi visualiser une séquence aussitôt après son tournage. Cependant, le son est absent : Samsung a donc équipé son caméscope 8 mm VPL 90 d'un haut-parleur. Le film peut être vu n'importe où, sans qu'il faille connecter l'appareil à un téléviseur. Prix : 4 490 F.



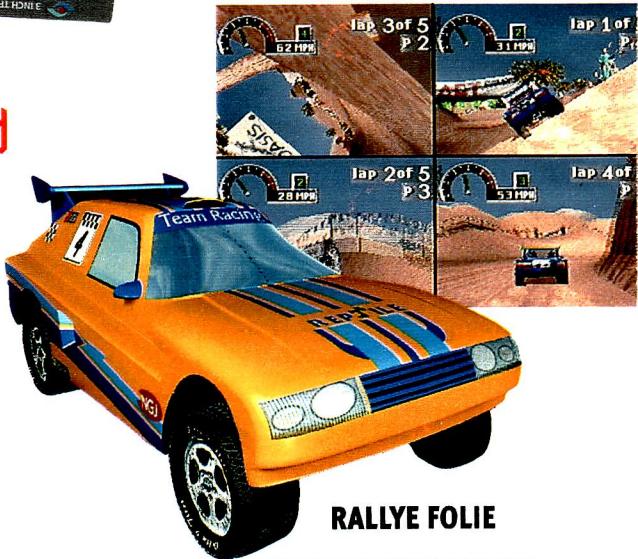
► Les autres caractéristiques du VPL 90 sont proches de celles des caméscopes de cette gamme de prix : grand angle ; zoom optique 16x et numérique 32x ; son hi-fi stéréo, etc.



## La chasse au chaud

La Parcours d'Aigle est considérée comme la botte de chasse en caoutchouc la plus perfectionnée du marché. Elle est garnie de néoprène pour affronter les plus grands froids. D'une épaisseur de 4,5 mm, cette doublure, similaire au matériau des combinaisons de plongée, conserve en permanence la température du corps. Prix : 699 F.

► Des essais réalisés par - 20 °C ont prouvé l'efficacité contre le froid de cette botte de chasse.



### RALLYE FOLIE

Seul ou à plusieurs, lancez-vous dans l'aventure... Rally Cross, le nouveau jeu vidéo destiné à la Play Station de Sony, nous convie au voyage dans un univers hallucinant de réalisme. Au fil du rallye, il faut traverser dix-huit terrains couverts de neige, de boue ou de sable. Vingt voitures s'y livrent un combat acharné. Il n'est pas rare que les tôles volent... Prix : 299 F.

► Quatre joueurs peuvent participer à la course. L'écran comprend alors quatre images juxtaposées.

# L'ÉVÉNEMENT ÉLECTRONIQUE !!!

**29F GRATUIT**  
POUR LES LECTEURS  
DE SCIENCE & VIE

**+ de choix :**  
15 000 articles

**+ de rapidité :**  
livraison en 24 h

**+ de**  
**600 pages**

**CONRAD ELECTRONIC**  
Catalogue général 1998

**LE MONDE DE L'INNOVATION ELECTRONIQUE**

**Téléphone : 03 20 12 88 88**

**+ de 15 000 articles**

**Livraison en 24H**

**+ de 600 pages d'électronique, d'outillage, d'informatique, modélisme...**

**ÉLECTRONIQUE, OUTILLAGE, INFORMATIQUE,  
MODÉLISME, COMMUNICATION, AUDIO...**

**CONRAD**  
ELECTRONIC

LE MONDE  
DE L'INNOVATION  
ELECTRONIQUE

**BON POUR UN ABONNEMENT GRATUIT  
AU CATALOGUE CONRAD ELECTRONIC**

PAR COURRIER, BON A RETOURNER A CONRAD ELECTRONIC - VEPEX 5000 - 59861 LILLE CEDEX 9

PAR TÉLÉPHONE : 03 20 12 88 88 - FAX : 03 20 12 88 99

PAR MINITEL : 3615 CONRAD (VOTRE MOT DE PASSE : SV)

Oui, Je désire recevoir GRATUITEMENT en envoi prioritaire  
le catalogue général 98 dès sa parution (sept. 97)

NOM : ..... PRÉNOM : .....

ADRESSE : .....

VILLE : .....

CODE POSTAL : ..... TÉL. : .....

## Portables de choc

**A**vec la série Armada 7700, Compaq lance une nouvelle génération de PC portables de très haut niveau. Equipés de Pentium à technologie MMX cadencés à 150 ou 166 MHz, ces appareils sont particulièrement adaptés aux applications multimédia en milieu professionnel. Par ailleurs, insérés dans leur "station d'accueil", ils se transforment immédiatement en machines de bureau. Prix : de 38 000 F à 50 700 F, selon la configuration.

► La puissance de ces portables est impressionnante. Leur conception modulaire "multibay" permet de leur adjoindre un second disque dur (jusqu'à 5,3 Go en interne) et bien d'autres extensions.



### DEUX TÊTES POUR LES DENTS

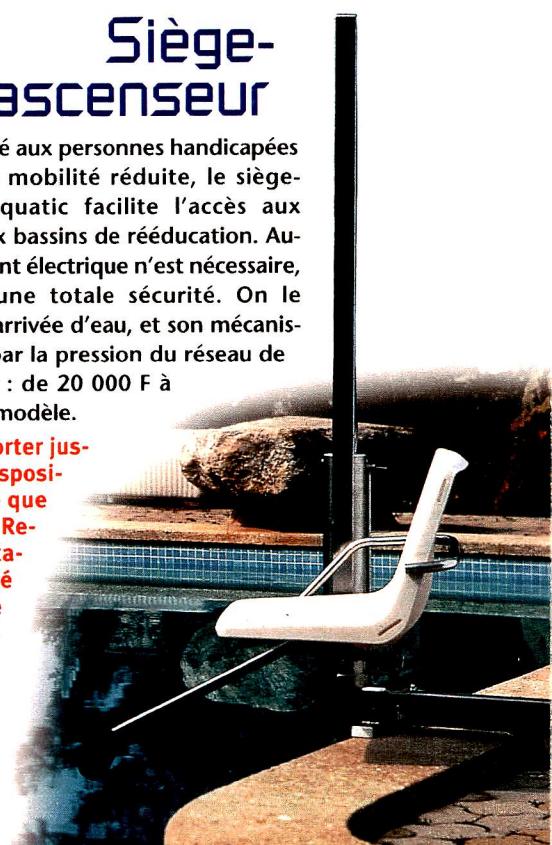
Philips s'est associé à Jordan pour concevoir la HP 710. La "double tête active" de cette nouvelle brosse à dents porte deux brosses. La première est animée d'un mouvement vibratoire ; la seconde, d'un mouvement rotatif. Efficacité garantie contre la plaque dentaire. Prix : 399 F.

► Un système de contrôle de la pression protège les gencives d'un brossage agressif. Le dispositif de fixation (à baïonnettes) des brosses sur le corps de l'appareil demande une certaine habileté et pourra tout d'abord paraître peu pratique.

### Siège-ascenseur

**D**estiné aux personnes handicapées ou à mobilité réduite, le siège-ascenseur Aquatic facilite l'accès aux piscines ou aux bassins de rééducation. aucun raccordement électrique n'est nécessaire, ce qui assure une totale sécurité. On le branche sur une arrivée d'eau, et son mécanisme est actionné par la pression du réseau de distribution. Prix : de 20 000 F à 40 000 F, selon le modèle.

► Capable de porter jusqu'à 150 kg, ce dispositif ne consomme que très peu d'eau. Réplié, il reste totalement émergé et ne gêne donc pas le nageur.





*C'est avec le plus grand soin que vos pellicules sont développées par les photographes des Konica Photo Express*

## *VOS SOUVENIRS entre bonnes mains*

**F**RUITS D'INSTANTS RARES de votre vie, vos souvenirs sont trop précieux et méritent le meilleur. Même avec une pellicule de qualité (comme le sont les Konica) il n'y aura pas de photo réussie sans développement et tirage soignés. C'est pourquoi Konica, apporte le plus grand soin à la sélection des produits utilisés dans ses laboratoires, tout particulièrement en France berceau de la photographie.

### *Des artisans de l'image*

Dépositaires du savoir-faire de la toute première société de photographie du Japon (Konica a été fondée en 1873 et a fabriqué les premiers films et papiers couleur japonais), ces laboratoires s'identifient par leur enseigne : Konica Photo Express.

En leur confiant vos pellicules vous êtes assurés que les événements de votre vie seront traités avec tout le soin qu'ils méritent, de plus vos photos vous seront rendues en une heure (c'est là leur spécialité).

Les hommes de Konica Photo Express sont des passionnés de photo, proches de vous, avec une expérience qu'ils sont toujours prêts à vous faire partager.

Véritables artisans de l'image, ils bénéficient des dernières technologies issues de la recherche de Konica et de près de 125 ans de savoir faire au service de la photographie.



**Konica Photo Express**

*280 laboratoires spécialisés au service de vos souvenirs  
traitement en une heure de toutes les marques de films couleur sur papier*

## La Lune a disparu...



Ce bel astre cuivré, c'est la Lune, pourtant éclipsée par la Terre...

Le mardi 16 septembre au soir, une éclipse totale de la Lune sera partiellement visible en France métropolitaine. Nos compatriotes de l'océan Indien, eux, auront la chance de voir le phénomène en entier.

Le tableau ci-dessous indique les heures des diverses phases, ainsi que l'azimut (AZ) et la hauteur (H) de la Lune au-dessus de l'horizon. Ces positions sont exactes pour Paris, mais varient de quelques degrés pour les autres sites.

	HEURE	AZ	H
Entrée dans la pénombre	18 h 11		invisible
Entrée dans l'ombre	19 h 08		invisible
Début de la totalité	20 h 15	97°	1°
Milieu de la totalité	20 h 47	103°	7°
Fin de la totalité	21 h 18	109°	11°
Sortie de l'ombre	22 h 25	122°	21°
Sortie de la pénombre	23 h 22	135°	28°

Les heures sont indiquées en temps légal.

Rappelons que l'azimut de l'est est de 90° et que celui du sud est de 180°.

A Paris, la Lune se lèvera à 20 h (légale). Elle sera alors presque entièrement dans l'ombre de la Terre et aura une belle couleur rouge cuivré, renforcée par les basses couches de notre atmosphère. Il est évidemment très important d'avoir un horizon parfaitement dégagé, plein est, pour suivre l'évolution du phénomène.

**A  
ne pas  
manquer**  
Le 16, en soirée,  
éclipse totale  
de Lune.

Si on l'observe avec des jumelles, on se procurera chez un spécialiste une "pince jumelles", petit accessoire qui permet de fixer l'appareil sur un trépied photo et d'être parfaitement stable. Si l'on est équipé d'une lunette ou d'un télescope, on choisira un grossissement faible, permettant de voir la Lune en entier.

La situation particulière d'une Lune éclipsée à son lever incite les photographes à des prises de vue "artistiques". Il faut utiliser un film rapide (de 400 à 800 ASA), ouvrir le diaphragme de l'objectif au maximum, fixer le boîtier sur un pied photo et munir l'appareil d'un déclencheur souple pour éviter les vibrations.

L'objectif doit avoir une focale d'au moins 135 mm pour que l'image soit de taille exploitable (à 135 mm de focale, la Lune mesure 1 mm sur le négatif). On réalisera plusieurs temps de pose : de 2 à 8 s pour la totalité et de 1/125 à 3 s pour les phases partielles. Attention, au-delà de 2 s, une monture équatoriale est nécessaire. Sinon, il y a un risque de filé, dû à la rotation de la Terre.

**Mode d'emploi:**  
carte à regarder  
au-dessus  
de votre tête,  
bras tendus  
vers le  
ciel.

# Le ciel de septembre (vers 22 heures)



## MARDI 2

Eclipse partielle de Soleil, visible de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande et d'une partie de l'Antarctique.

## VENDREDI 5

Dans la soirée, sur l'horizon ouest-sud-ouest, rassemblement d'un fin croissant lunaire, de Vénus et de Spica de la Vierge.

## DIMANCHE 7

Mars et la Lune ont rendez-vous au crépuscule, au-dessus de l'horizon sud-ouest.

## LUNDI 8

Maximum de l'essaim d'étoiles filantes des Delta Aurigides, actif du 5 septembre au 10 octobre. Le radiant se situe près de Delta du Cocher.

## JEUDI 11

Premier jour de l'an 1714 du calendrier copte.

## DIMANCHE 14

Belle conjonction de Jupiter avec la Lune. A observer

## SUD

dès la tombée de la nuit, plein sud.

## MARDI 16

Dans la soirée, éclipse de Lune (lire ci-contre).

## JEUDI 18

Conjonction serrée de la Lune et de Saturne. Le minimum de distance est de  $0^{\circ} 11'$  à 11 h 59 légale. Il y a occultation dans l'océan Pacifique, à Hawaii, en Amérique

## VENDREDI 19

Maximum de l'essaim des Piscides, actif durant tout le mois de septembre.

## MERCREDI 24

L'astéroïde Euterpe, de magnitude 11, passe devant la nébuleuse du Crabe.

## DU 25 AU 29

Lumière cendrée de la Lune, le matin.

par Jean-René Germain

## Les Etrusques, ces glorieux inconnus

Françoise-Hélène  
Massa-Pairault

### LA CITÉ DES ÉTRUSQUES

CNRS Editions, 256 p.,  
320 F.

Il furent les premiers rois de Rome, mais parmi les derniers peuples à s'incliner devant elle. Entre l'Arno et le Tibre, ils ont développé une civilisation originale et d y n a -

mique, nouant de fructueux contacts avec les autres cultures italiques, avec les comptoirs grecs et phé-

niciens et avec les peuples de l'Age du fer d'Europe occidentale, les Celtes notamment. Ils ont bâti les premières cités d'Italie, cette structure politico-sociale caractéristique de la civilisation gréco-romaine. Comme l'avaient prédit leurs haruspices, cette brillante culture dura dix siècles et mourut peu avant notre ère.

Pourtant, que savons-nous des Etrusques ? Leur langue se comprend aussi mal qu'elle se lit bien, et leurs origines se cachent derrière les mythes et les hypothèses contradictoires. En

se fondant sur les récentes découvertes archéologiques, sur la réinterprétation des fouilles anciennes et des textes

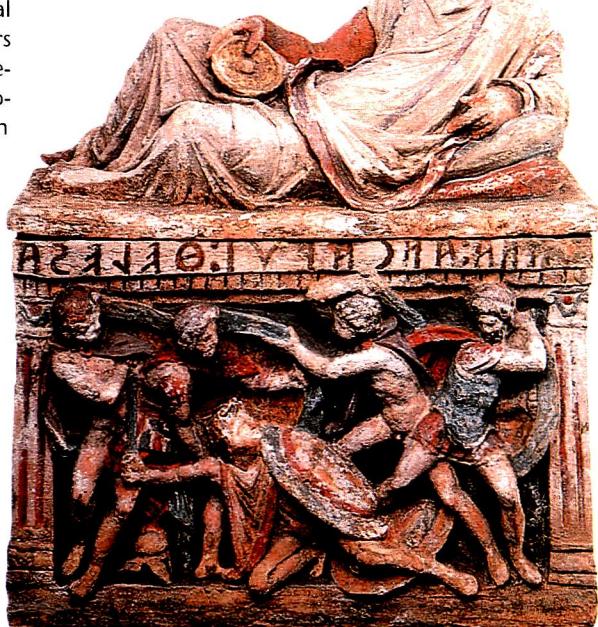
antiques, Françoise-Hélène Massa-Pairault se propose de saisir non pas leur mode de vie, mais leur "projet de société", à la fois lié au schéma

g r é -

co-romain et libéré de lui. Un captivant ouvrage de spécialiste destiné à ceux qui, comme l'auteur, feront un "effort de sympathie" pour accéder à l'univers riche et humain des Etrusques.

Catherine Chauveau

Ci-contre, peinture ornant l'une des célèbres tombes de Tarquinia : la fille du défunt. Ci-dessous, urne cinéraire trouvée à Chiusi.



Terre cuite représentant une divinité ailée, qui se trouvait sur le fronton du temple de Fucoli (180 avant J.-C.).



## Au berceau de la science

Pierre Thuillier

### LA REVANCHE DES SORCIÈRES

Belin, 160 p., 132 F.

« Croyez-vous donc que les sciences seraient nées, croyez-vous qu'elles auraient crû, s'il n'y avait eu auparavant ces magiciens, ces alchimistes, astrologues et sorciers ? »

Ce n'est pas Pierre Thuillier qui parle, c'est Friedrich Nietzsche. Cette intuition géniale, dit Thuillier, a été

« confirmée avec éclat ». Ce physicien et historien des sciences, professeur à Paris VII, prolonge l'œuvre du grand philosophe du siècle dernier, cherchant à mettre en lumière la généalogie de la science occidentale, explorant méticuleusement le contexte des découvertes fondamentales et les motivations des savants. « Newton alchimiste », « La mécanique quantique va-t-elle réenchanter le monde ? », « Les mythes de l'eau » : autant d'articles (d'abord publiés dans la revue *la Recherche*) qui proposent d'étonnantes visions des origines de la science moderne, ainsi qu'une réflexion indispensable sur sa situation actuelle et sur son avenir. La qualité de l'écriture et de l'iconographie ouvre cet ouvrage à tous les publics.

J.-F. R.

## Aux quatre coins du COSMOS

Dominique Proust,  
Jacques Breysacher

### LES ÉTOILES

Daniel Benest

### LES PLANÈTES

A.-Chantal  
Levasseur-Regourd,  
Philippe  
de La Cotardière

### LES COMÈTES ET LES ASTÉROÏDES

Dominique Proust,  
Christian Vanderriest

### LES GALAXIES ET LA STRUCTURE DE L'UNIVERS

Seuil, coll. "Points sciences inédits", chacun 39 F.

En lançant cette collection de textes inédits consacrés à l'astronomie, le Seuil fait le pari de rendre accessibles au plus grand nombre les connaissances de pointe. Ainsi les auteurs sont-ils des spécialistes, professeurs ou écrivains, parfois les deux, et toujours passionnés de vulgarisation scientifique.

Tous les aspects scientifiques des étoiles, des galaxies, des planètes ou des comètes sont exposés dans des tableaux, des schémas, des photos (malheureusement en noir et blanc), ainsi que les équations jugées indispensables.

Le livre, fort bien écrit (et sans équations !), de Levasseur-Regourd et La Cotardière est un modèle du genre. Après avoir ra-



conté la collision du siècle entre la comète Shoemaker-Levy et la planète géante Jupiter (1994), les auteurs nous guident dans la visite de tous les "petits corps" du système solaire, des étoiles filantes aux majestueuses comètes.

Visite céleste et terrestre, puisque notre planète garde les traces, parfois douloureuses, de rencontres violentes, comme en témoignent le Meteor Crater d'Arizona ou la forêt dévastée de la Toungouska.

Une collection destinée à un public averti qui souhaite approfondir ses connaissances.

jean-François Robredo

## L'arche de Noé

Valérie Abad

### GUIDE DES ZOOS ET AUTRES PARCS ANIMALIERS EN FRANCE

Le Cherche-Midi éditeur, 250 p., 98 F.

Ce guide est le premier du genre pour les amoureux des animaux. Il répertorie tous les zoos, aquariums, insectariums, reptiliariums, papillonneraies, parcs ornithologiques, réserves sauvages, haras... On y trouve aussi les coordonnées des élevages les plus inattendus : de castors du Chili, de



chèvres et de lapins angoras, de chevaux fjords, de crocodiles ou encore d'autruches.

Veut-on visiter les musées de l'huître, de l'oie, du loup, de l'escargot, des écrevisses ? On en trouvera les adresses dans ce guide certes assez austère, mais très complet.

Marie-Sophie Germain

par Jean-René Germain

## Toutankhamon recréé

**TOUTANKHAMON**  
A la découverte  
de l'Egypte  
éternelle

Syrinx, 349 F  
(pour Mac et PC).

**M**agnifique et intelligent, ce CD-Rom est sans conteste l'événement de la rentrée. On croit connaître l'histoire de Toutankhamon.

Mais, lorsque c'est Christiane Desroches-Noblecourt qui nous la conte – et de quelle manière ! –, nous allons de découverte en émerveillement.

Nous sommes en présence non pas de l'adaptation d'un ouvrage sur CD-Rom, mais bien d'une œuvre originale, mettant à profit toutes les ressources du multimédia. La célèbre égyptologue fait parler plus de 260 objets trouvés dans la tombe du pharaon, mettant en lumière leurs fonctions symboliques.

La réforme de Toutankhamon est elle-même abordée de façon neuve. Contrairement à ce que l'on

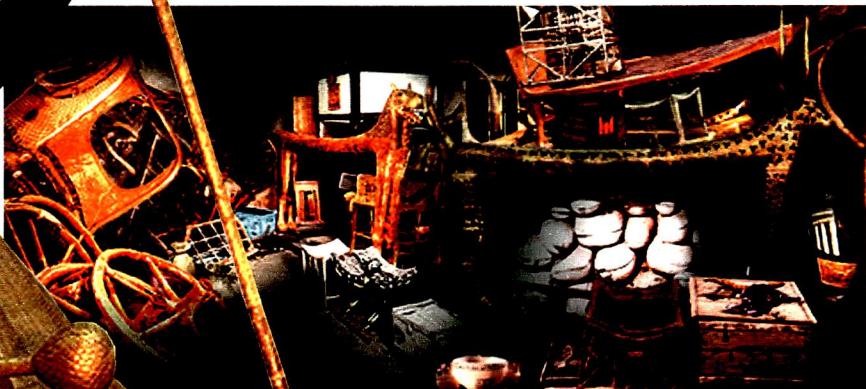
croit, il s'agit non pas d'une hérésie, mais plutôt d'une réforme scientifique et philosophique. Toutankhamon a créé, nous explique Christiane Desroches-Noblecourt, une ville, Hermopolis, où des savants cherchaient à percer les secrets de la nature pour comprendre l'origine du monde. Ils avaient compris, 3 300 ans avant notre ère, qu'avant l'apparition du Soleil il existait une sorte de chaos aquatique d'où surgit l'étincelle créant le big bang !

Un bel effort iconographique mêle reproductions de papyrus, relevés de tombes, images d'actualité, documents de fouilles. Le propos est ser-

vi par un "navigateur" qui permet de se déplacer dans le CD-Rom de manière très intuitive.

C'est ainsi qu'on peut voyager de la vallée des Rois à l'histoire du monarque, en passant par les diverses salles de son tombeau ou par les aspects de la vie quotidienne. Le son est de la même qualité : Geneviève Casile et Bernard Giraudeau prêtent leur voix aux commentaires. Enfin, un carnet multimédia permet, à chaque moment de la consultation, de disposer d'une base de données, de prendre des notes, de les imprimer et d'intégrer des images dans le texte.

**Le tombeau de Toutankhamon,  
découvert en 1922, est l'unique  
sépulture pharaonique restée inviolée.**

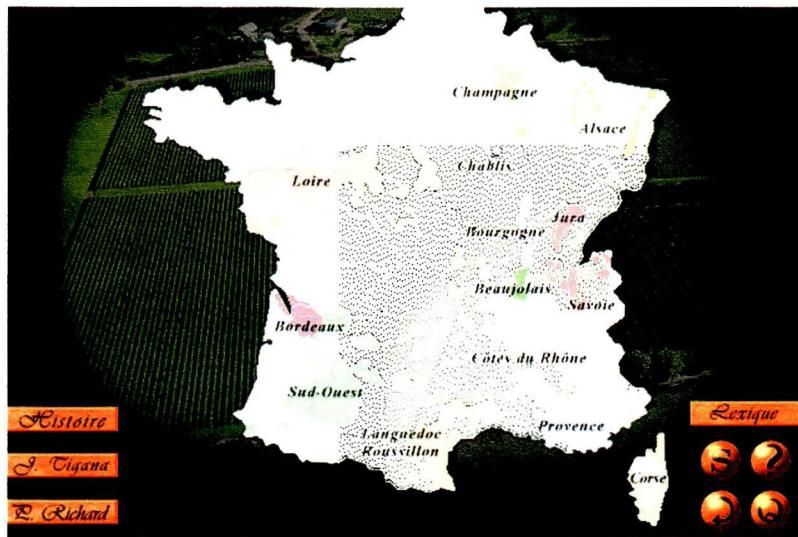


# Le nectar et l'ambroisie

## VINS & VIGNOBLES DE FRANCE

Futura-Microfolie's,  
99 F (pour PC).

Voici un CD-Rom qui pourrait être fort utile aux adorateurs de Bacchus : il présente, de façon classique mais détaillée, les cépages, les vignobles et les vins français, commentaires sonores et films à l'appui. Mais, de surcroît, un module spécialisé suggère l'association des vins (plus de 1 500) et des mets, tandis qu'un autre module permet de se constituer une cave selon des critères de prix, de



terroir, d'appellation, etc.

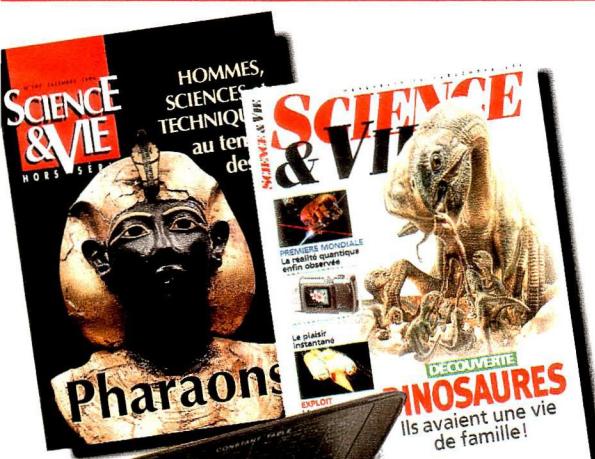
Sans doute l'amateur éclairé n'apprendra-t-il pas grand-chose. En re-

vanche, les novices pourront consulter cet ouvrage pour y trouver de précieuses informations.

Un simple "clic"  
pour une visite  
guidée dans  
chaque vignoble.

## 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



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

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.

**O** 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

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

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1997 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE METROPOLITAINE

**Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17**  
Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être 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.

# CD-Rom

## Enigme sous les mers

### LE MIROIR SACRÉ DU KOFUN

Emme  
Interactive, 349 F  
(trois CD-Rom  
pour Mac et PC).

**A**ventures policières et sous-marines dans les îles du Pacifique... D'emblée, Jean-Michel Cousteau (fils de Jacques-Yves) vous charge d'installer la base sous-marine Poséidon d'observation des milieux coralliens en Micronésie.

Mais, dès que vous êtes à la barre du vaisseau futuriste Antarès, les ennuis commencent. John Bradbury, l'un des océanographes archéologues, disparaît alors qu'il tentait



Pour piloter ce vaisseau futuriste, consultez l'ordinateur de bord!

de percer le mystère du miroir sacré du Kofun, trésor archéologique du IV<sup>e</sup> siècle volé par des soldats japonais lors de la Seconde Guerre mondiale.

Il vous faudra résoudre maintes énigmes originales, plonger dans les atolls, consulter une encyclopédie biologique, géographique et technique, richement illustrée de photos et de vidéos sur la mer et les fonds marins. Plus de cinquante heures de jeu à contenu culturel... C'est l'atout majeur de ce somptueux ouvrage : il a le rare mérite de dispenser une réelle culture scientifique, tout en restant distrayant.

### Le roi Robert

#### LE PETIT ROBERT

Liris Interactive, 750 F (pour PC).

**F**aut-il encore présenter le Petit Robert, dictionnaire de référence de la langue française ? Comparée à la version "papier", la version CD-Rom (60 000 mots, 300 000 sens, 40 000 citations, mais aussi 150 000 renvois analogiques et 180 000 exemples de conjugaison) dispose sans aucun doute d'un atout supplémentaire : la richesse des chemine-



ments et des possibilités de recherche qu'elle offre.

Il suffira de dire qu'on peut retrouver un mot par sa forme fléchie (verbes conjugués, mots féminins et pluriels). Divers "boutons" donnent accès aux citations, à l'étymologie, aux liens hypertexte. Et, si l'ordinateur est équipé à cet effet, on entendra même la prononciation correcte de plus de 9000 mots !

# Quelle puissance de travail!

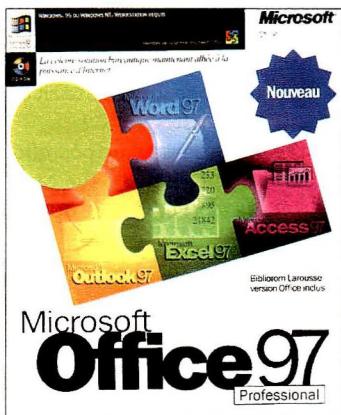
## MICROSOFT OFFICE 97

Microsoft, 5950 F ; mise à jour, 3160 F (pour PC).

Le nouveau logiciel intégré de Microsoft devrait satisfaire tous ceux qui doivent gérer et communiquer des informations professionnelles. Le traitement de texte Word 97, le tableur Excel 97, la base de données Access (avec ouverture sur Internet) sont reliés pour permettre le maximum d'interactions. Le programme Microsoft Power Point 97 offre une large gamme d'effets de traitement de texte : textures, fonds, 3D, etc.

Certes, pour utiliser Microsoft Office 97, il faut être un habitué des

**Microsoft Office acquiert de nouvelles fonctions pour gérer textes, documents, tableaux... et les communiquer aisément par Internet.**



Il faut cependant un peu de pratique pour faire harmonieusement fonctionner tous ces programmes et savoir en tirer la quintessence. Mais quelle puissance de travail dans l'ordinateur! ■

programmes vedettes de Microsoft, Word et Excel. Microsoft Office 97 les optimise et leur fournit de nouvelles fonctionnalités. Par exemple, IntelliMouse permet de se déplacer plus aisément dans les documents et d'obtenir des effets de zoom.

Quant à Outlook, il gère les informations de bureau, planifie l'agenda, échange directement des dossiers électroniques par l'intermédiaire des réseaux Intranet/Internet. Word est également amélioré : on peut désormais faire des "habillages" autour des images ou des photos. La confection des tableaux a été grandement facilitée. Notons aussi qu'Excel a pris des couleurs : on repérera ainsi bien plus facilement ses colonnes ou ses plages de chiffres.



**Le plus complet  
des services télématiques  
Financiers et Boursiers**

**2,23 F TTC/mn en direct 3,48 F TTC/mn**

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

**BON DE COMMANDE**  
à compléter et à retourner payement joint à SCIENCE & VIE  
1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 PARIS cedex 15

**OUI, je commande** \_\_\_\_\_ reliure (\*) SCIENCE & VIE  
au prix de 95 francs - Etranger : 100 francs \*\*  
\* Je joins mon règlement de \_\_\_\_\_ francs à l'ordre de SCIENCE & VIE

NOM \_\_\_\_\_ Prenom \_\_\_\_\_  
ADRESSE \_\_\_\_\_  
CODE POSTAL \_\_\_\_\_ VILLE \_\_\_\_\_

(\*) Chaque reliure est conçue pour classer 2 numéros. (\*\*) Dans la limite des stocks disponibles.

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 97

SV 960

## De l'air, de l'air !

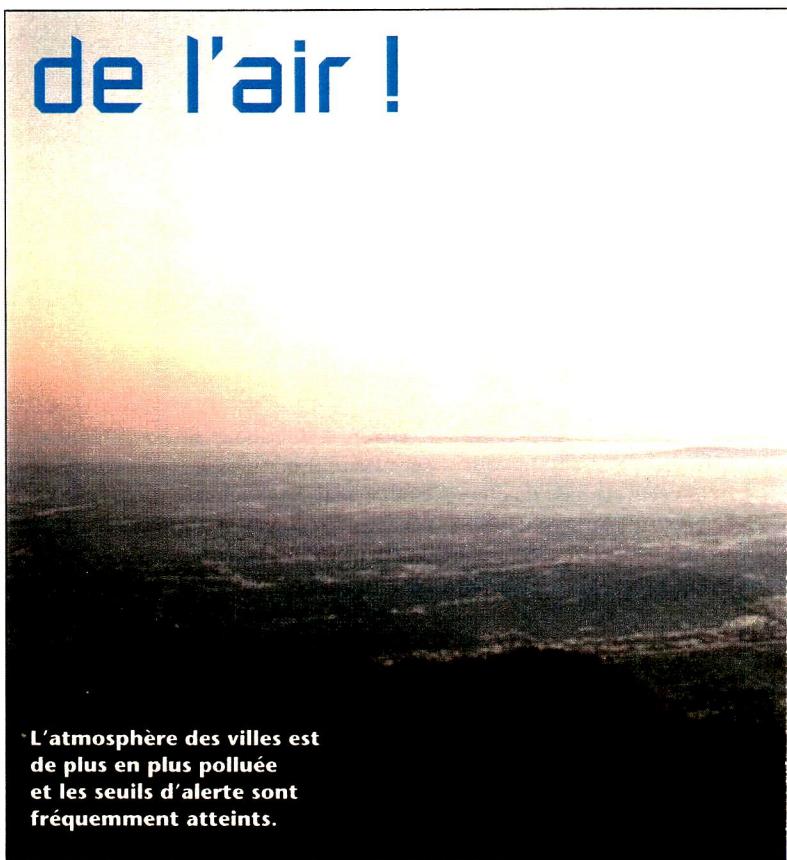
**Le fort ensoleillement qui se poursuit souvent en septembre, alors que la ville a retrouvé ses voitures, conduit inéluctablement à des pics de pollution très agressifs pour le système respiratoire. Les gaz incriminés sont notamment l'ozone et ses complices, l'oxyde de carbone et le gaz carbonique, qui sont, en outre, des gaz à effet de serre. Nous respirons 15 000 litres d'air par jour. Et nos poumons ont une superficie totale de 70 m<sup>2</sup> ! C'est dire que la qualité de l'air est cruciale pour la santé individuelle et collective.**

## Par quoi l'air est-il pollué ?

La Direction régionale des affaires sanitaires et sociales d'Ile-de-France (DRASS, service Santé-Environnement, 58-62, rue de Mouzaïa, 75935 Paris Cédex 19) a pour mission d'informer des effets sur la santé de la pollution atmosphérique. Les principaux indicateurs de pollution actuellement surveillés sont le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>), l'oxyde de carbone (CO), le plomb (Pb) et les particules en suspension.

La pollution dite primaire est émise directement dans l'atmosphère : c'est la pollution soufrée issue de la combustion des moteurs.

La pollution dite secondaire est une pollution photochimique, liée à l'action du soleil sur les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), qui se transforment en un gaz



L'atmosphère des villes est de plus en plus polluée et les seuils d'alerte sont fréquemment atteints.

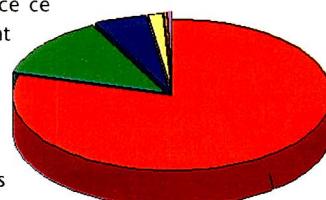
irritant, l'ozone. On consultera avec intérêt le site Internet de la DRASS, notamment pour suivre la pollution au jour le jour : <http://web.citi2.fr/AIRSANTE/welcome.html>

## L'effet de serre

Le Soleil émet vers la Terre un puissant rayonnement, dans lequel prend place ce que chacun ressent sous forme de chaleur, le rayonnement infrarouge. Le sol réemet vers

l'espace ces rayons infrarouges, mais certains gaz, dits gaz à effet de serre (GES), les interceptent et les rebattent vers le sol, ce qui provoque une hausse de la température de l'atmosphère. C'est l'effet de serre, phénomène naturel sans lequel la température moyenne sur Terre serait de - 18 °C, au lieu de + 15 °C !

Pour mieux comprendre pourquoi il fait - 80 °C la nuit sur Mars (- 15 °C, le jour) et plus de 300 °C



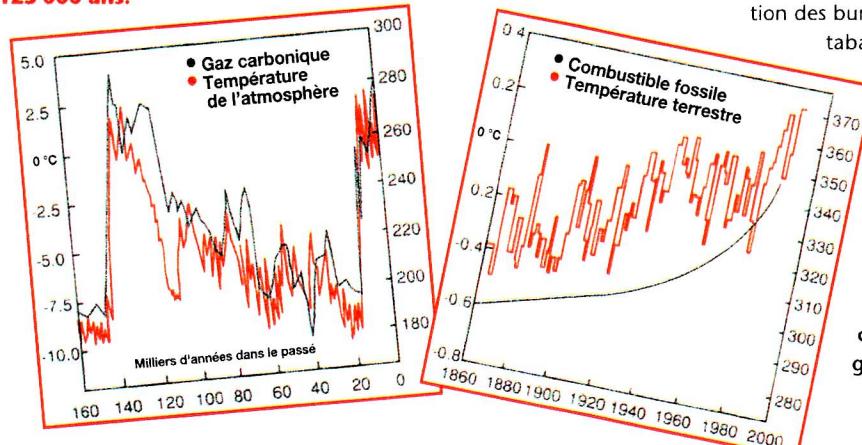
Le gaz carbonique (en rouge) représente 75 % des gaz dits "à effet de serre", qui réchauffent l'atmosphère.

## Tchernobyl-sur-Loire ?

Il y a quelques mois, à Sully-sur-Loire (Loiret), les habitants ont eu droit à une distribution gratuite de pastilles d'iode. Pourquoi cette soudaine générosité ? En raison des risques liés à la proximité de la centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly. On comprendra mieux sur le site suivant : <http://www.edf.fr/html/fr/mag/iode/serve.htm#MENACE>



**La corrélation entre quantité de gaz carbonique et température de l'atmosphère explique qu'avec l'usage massif des combustibles fossiles la température terrestre n'a jamais été aussi élevée depuis 125 000 ans.**



sur Vénus, on consultera le site suivant :

[http://www.oma.be/BIRA-IASB/Project\\_educatif/Effet\\_serre/effet\\_serre.html](http://www.oma.be/BIRA-IASB/Project_educatif/Effet_serre/effet_serre.html)

Le xx<sup>e</sup> siècle a connu les décennies les plus chaudes depuis un millénaire : on a observé un réchauffement de 0,3 °C à 0,6 °C. L'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère a entraîné une élévation de la température mondiale.

Les principaux GES sont le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), qui provient des combustions, de la déforestation, de la décomposition de la biomasse ; le méthane (CH<sub>4</sub>), issu de certaines cultures et élevages, des fermentations anaérobies, des fuites de gaz naturel, du grisou ; les chlorofluorocarbures (CFC), provenant des circuits de réfrigération, des

mousses, des bombes aérosols ; l'ozone (O<sub>3</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), résultant de certaines combustions et des engrains azotés.

Les conséquences sont d'ores et déjà établies :

- échauffement plus important sur les continents que sur les océans et maximal aux hautes latitudes ;
- augmentation des précipitations aux latitudes hautes et moyennes, et de l'évaporation et de l'humidité au-dessus des mers tropicales ;
- extension de la zone des moussons et des zones subtropicales sèches.

Effets à explorer sur les sites suivants :

[http://www.union-fin.fr/natcog/at/publications/publications\\_4.html](http://www.union-fin.fr/natcog/at/publications/publications_4.html)

[http://www.oma.be/BIRA-IASB/Project\\_educatif/Effet\\_serre/17-1.html](http://www.oma.be/BIRA-IASB/Project_educatif/Effet_serre/17-1.html)

Les sites canadiens apportent une notable contribution à ces connaissances :

[http://www.ec.gc.ca/pdb/uaqt/index\\_f.html](http://www.ec.gc.ca/pdb/uaqt/index_f.html)

[http://datalib.library.ualberta.ca/~cgcp/publications/ministers/recomm\\_f.html](http://datalib.library.ualberta.ca/~cgcp/publications/ministers/recomm_f.html)

## Au travail aussi, on respire !

**chez soi ou au travail, on subit aussi les assauts de la pollution.** Le Dr Pierre Auger, spécialiste de médecine du travail, recense à l'intérieur des bâtiments les nombreuses causes qui rendent l'air "impropre à la consommation" et provoquent maux de tête, inattention, fatigue excessive, etc.

Ce "syndrome des édifices mal-sains" résulte de la médiocre ventilation des bureaux et des ateliers, du tabagisme actif ou passif,

mais aussi de la présence de plus de 200 produits agressifs pour les poumons : alcools, solvants, éthers, aldéhydes, époxy, peinture latex, etc.

<http://www.aba.com.com/~cttae/ager.html>

# Le TÉLÉTRAVAIL

■ Faut-il avoir peur du "télétravail", qui déshumanisera le salarié ? Ou faut-il, au contraire, y voir le remède à tous les maux d'une société en proie au chômage et au mal de vivre ? *Science & Vie* a mené l'enquête.

PAR LEÏLA HADDAD

C'est l'Arlésienne des temps nouveaux, la marotte futuriste très en vogue auprès des politiques, des "cybermanagers" branchés, des sociologues et des syndicats : dans la foule des téléachat, téléloisir, téléculture et autre télérés-tauration, voici le télétravail (voir *Science & Vie* n° 948, p. 154). A en croire ses thuriféraires, ce serait le mode de travail du XXI<sup>e</sup> siècle, conciliant contraintes économiques et aspiration à une vie meilleure. Pas du tout, rétorquent ses adversaires : le télétravail, c'est la garantie d'un retour au Moyen Age, un aller simple vers la précarisation.

Vieille lune remise au goût du jour, l'idée date un peu. Les papes de la futurologie des années 70, tels que Herman Kahn, pensaient qu'à l'aube de l'an 2000, c'est-à-dire au

■ ■ ■

# peut-il changer la vie ?

## LIBERTÉ ou ALIÉNATION?

L'autonomie que procure le télétravail pourrait séduire certains salariés, notamment les femmes. Mais l'absence de frontière entre la vie privée et la vie professionnelle n'est-elle pas une forme d'aliénation ?



■■■ Jourd'hui, tous les Américains allaient "télétravailler". A l'époque, on parlait de "travail à distance", le préfixe "télé" n'ayant été officiellement adopté qu'en 1993. Cette estimation a été révisée à la baisse (40 %) dans les années 80, pour atteindre aujourd'hui péniblement 10 %, peut-être 15 %.

## L'ENTREPRISE EST PARTOUT ET NULLE PART, ELLE EST VIRTUELLE

Selon la définition de Thierry Breton (1), «ce travail se fait à distance, loin de l'endroit où il est attendu, en dehors de toute possibilité physique pour le donneur d'ordre de surveiller en permanence l'exécution de la prestation par le télétravailler. D'autre part, ce travail s'effectue au moyen de l'outil informatique et/ou des outils de télécommunications, et implique nécessairement la transmission, au moyen d'une ou de plusieurs techniques de télécommunications. [...] des données utiles à la réalisation du travail demandé, et/ou du travail réalisé ou en cours de réalisation».

### ACTIVITÉS DÉMATÉRIALISÉES

Le rapport Breton recense 16 000 télétravailleurs *stricto sensu*, c'est-à-dire des salariés travaillant régulièrement à leur domicile ou ailleurs. D'ici à une dizaine d'années, il en prévoit de 300 000 à 500 000 en France. Pour Anne-Sophie Robinot, chargée de mission à l'Agence régionale pour l'aménagement

ment du temps (CATRAL), un télétravailleur, c'est «quelqu'un qui travaille à distance de son entreprise physique, tout en restant en liaison avec elle grâce au réseau, quel que soit l'endroit où il se trouve». Si l'on élimine le critère "salarié", une foule de professionnels sont des télétravailleurs. Depuis fort longtemps pour certains – journalistes pigistes, traducteurs, consultants, architectes, secrétaires à domicile, certains commerciaux, etc. De 150 000 à 300 000 personnes télétravailleront en France, de 2 à 10 millions aux Etats-Unis, selon les sources et la définition. Une nébuleuse...

La frénésie du tout-numérique et de ce qu'on appelle les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC), ainsi que l'ampleur du chômage, ont remis ce phénomène au goût du jour. Les activités économiques sont de plus en plus "dématérialisées", leur part manufacturière se réduisant comme peau de chagrin : on l'estime à 27 % dans l'industrie automobile. Or, «on entre dans l'ère du tout-numérique. Ce qui est porteur de signes est dématérialisé, comme

le sont les billets de banque, le son, l'image, les archives, les écrits», explique Denis Bérard, chargé de mission auprès de l'Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail (ANACT).

Les NTIC – une chimère issue du mariage de l'informatique et des techniques de communication – arrivent à point pour véhiculer, aiguiller, distribuer et façonner ce flot de signes, à volonté. Elles associent les réseaux de type Internet aux terminaisons – micro-ordinateur, modem, prise téléphonique – qui permettent au télétravailleur de s'y connecter, de communiquer à distance *via* les messageries électroniques, de se réunir dans un forum de discussion, de chercher l'information, de consulter des bases de données, de transmettre un dossier à tout moment, en

### ABOLIR les DISTANCES

**La vidéoconférence est l'un des aspects les plus spectaculaires du télétravail. Elle permet de réunir des interlocuteurs, qui peuvent être éloignés de plusieurs milliers de kilomètres, mais qui se voient sur un écran. Aujourd'hui, dans le monde, 360 000 micro-ordinateurs sont équipés de modules de vidéoconférence.**

(1) Thierry Breton, *Le Télétravail en France : situation actuelle, perspectives de développements et aspects juridiques*, la Documentation française, 1994.



tout lieu, à n'importe qui. Le réseau autorise une multitude d'opérations libérées de la nécessité de se déplacer : vente, transaction immobilière, conseil, livraison de textes, de dessins, d'images animées... Plus de 300 emplois (dans la banque, les assurances, le conseil, l'ingénierie, la presse, etc.) peuvent ainsi être exercés à distance.

L'entreprise met sur pied son propre réseau interne – utilisant, par exemple, les protocoles d'Internet (Intranet) – auquel sont connectés ses salariés et ses collaborateurs occasionnels. Ils ont un accès direct aux serveurs de l'entreprise, ce qui permet de traiter les sujets sans qu'il faille envoyer une cohorte de coursiers à leur recherche. De plus, des codes d'accès "verrouillent" certains dossiers "chauds" et préservent leur confidentialité.

Ce sous-réseau est pris lui-même dans un maillage plus vaste, qui relie l'entre-

prise au reste du monde. On peut ainsi télétravailler à Hongkong pour un entrepreneur installé en Suède... Ce dont ne s'est pas privée la compagnie aérienne helvétique Swissair : une partie de sa comptabilité est délocalisée à Bombay. Les dossiers, envoyés par avion, sont traités puis retransmis par le réseau.

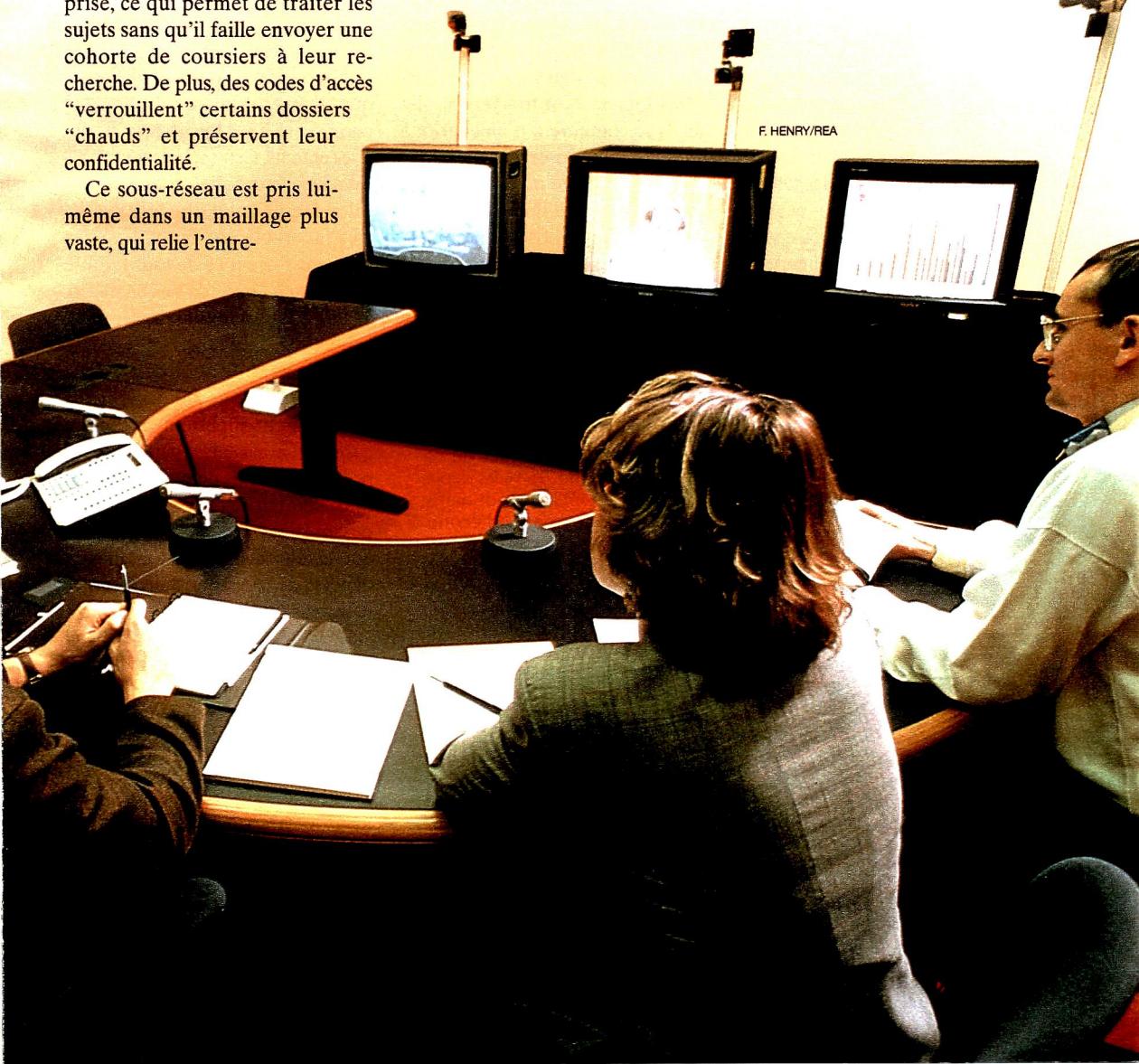
#### **IBM S'EST DÉBARRASSÉ DE 85 000 m<sup>2</sup> DE BUREAUX**

Bref, la notion d'espace est désormais caduque. L'entreprise éclate en une multitude de pôles, reliés par le cyberspace. Elle reste une entité juridique, qui n'a plus besoin de

siège social ni de bureaux. Elle s'est dématérialisée, elle est devenue virtuelle. Située partout et nulle part, douée d'ubiquité, elle rassemble un ensemble de compétences affranchies des exigences spatiales et temporelles. «On peut imaginer une entreprise qui, physiquement, se limiterait à un petit noyau de salariés occupant les postes stratégiques, dit Denis Bérard. Le reste des activités serait traité par des télétravailleurs, reliés à la fois entre eux et au siège.»

Toujours en quête d'économies, l'entreprise a compris le parti qu'elle peut tirer de ce qu'elle bap-

F. HENRY/REA



■ ■ ■ tise pudiquement l'“externalisation” de ses salariés. Exemple fameux, celui d'IBM France : 2500 de ses 13 500 salariés sont des télétravailleurs ; 2000 d'entre eux sont des “nomades”, principalement des commerciaux. Une bonne partie de leur temps de travail s'évapore en déplacements ou en visites chez les

## PRODUCTIVITÉ DES EMPLOYÉS ACCRUE DE 15 À 30 %

clients, et leur bureau n'est occupé qu'un quart du temps. Equipés d'un micro-ordinateur portable, d'un modem et d'un téléphone cellulaire, ces nomades – qui constituent le gros du peloton des télétravailleurs connus à ce jour – peuvent travailler chez eux, à l'hôtel, chez le client, consulter leur messagerie, se connecter au serveur, taper et transmettre leurs rapports, sans

avoir besoin de repasser par leur bureau. IBM s'est ainsi débarrassé de 85 000 m<sup>2</sup> de bureaux et a réalisé une substantielle économie annuelle : 180 millions de francs.

Chez Andersen Consultants, autre chantre du télétravail, les consultants salariés ont tous été élégamment externalisés. La société en a profité pour déménager dans la très chic avenue George-V, dans le 8<sup>e</sup> arrondissement de Paris, où elle occupe une superficie deux fois moindre. Les consultants n'y ont plus de bureau personnel ; ils partagent des bureaux “tournants” lorsqu'ils sont de passage à la maison mère. Les salariés télétravailleurs d'une agence de publicité new-yorkaise disposent, au mieux, d'un placard pour ranger leurs affaires. Quand ils se trouvent au siège, ils se contentent d'un chariot à roulettes pour poser leur portable.

Autre avantage du télétravail : il abolit la notion d'horaire. Loin du regard de l'entreprise, qui est incapable de surveiller ses heures de “bureau”, le salarié, tenu d'accomplir la tâche qui lui a été confiée

dans les délais impartis, gère son temps comme bon lui semble. A en juger par les expériences de télétravail menées ici et là, ça marche plutôt bien : la productivité de ces “cobayes” a augmenté de 15 à 30 %, selon les estimations.

### MOINS DE TRAJETS : MOINS DE POLLUTION

L'autonomie dont jouit le télétravailleur lui garantit, théoriquement, une meilleure qualité de vie. N'ayant plus à faire acte de présence à heures fixes, il est libre de travailler le matin ou le soir plutôt que l'après-midi, qu'il consacrera à ses loisirs ou à ses enfants. Cette souplesse est à l'origine du lieu commun selon lequel le télétravail serait très favorable aux femmes : elles peuvent s'occuper de leur famille sans avoir à courir de bus en métro. Moins de stress, moins de déprime, le bonheur, en somme.

Mais que celle qui a déjà essayé de taper un monceau de courrier dans un petit appartement tout en gardant un œil sur le petit dernier, prêt à planter ses doigts dans la prise de courant, le confirme. Les plus pessimistes vont jusqu'à craindre que le télétravail ne soit un moyen déguisé de reconduire les femmes dans leur foyer...

Toujours côté jardin, le télétravail aurait des retombées intéressantes sur l'environnement. L'expansion des villes – cet inexorable mouvement centrifuge qui chasse les employés de plus en plus loin vers la périphérie – a considérablement allongé le temps de trajet entre le lieu de résidence et le lieu de travail. L'éclatement de l'entreprise supprime ces déplacements. Or, moins de trajets signifie moins de voitures, donc moins d'embouteillages et

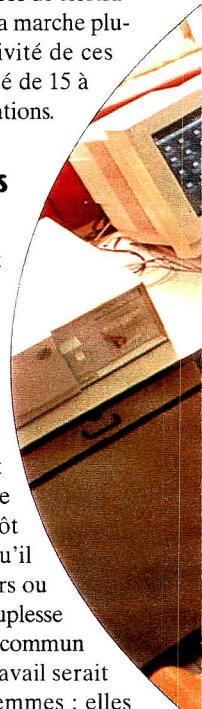
## TÉLÉTRAVAIL ET DÉPLACEMENTS

■ 37 % de la totalité des emplois sont “travaillables” à distance pour au moins 20 % de leur temps. En Ile-de-France, 400 000 personnes sont potentiellement concernées.

- Le travail à

distance permet de réduire de 7,5 % les déplacements quotidiens. Il permet d'économiser chaque jour 16 000 heures de trajets professionnels en Ile-de-France.

(D'après l'enquête Téléurba, menée par le CTRAL en juillet 1995.)





## La COMPTA est à BOMBAY

**A l'instar de la compagnie aérienne Swissair, de nombreuses sociétés européennes ont délocalisé leur comptabilité en Inde. Les dossiers y sont traités et retransmis par le réseau.**

d'émissions polluantes.

Réduire de 15 % le nombre de voitures circulant en Ile-de-France suffirait à donner un visage plus humain au boulevard périphérique parisien, aux heures de pointe.

### FINI LES POTINS AUTOUR DE LA MACHINE À CAFÉ

Abolissons la distance, les autoroutes de l'information constituent – toujours en théorie – également un moyen de repeupler les zones rurales, désertées pour les grands bassins d'emploi, et les banlieues, abandonnées dans la journée par leurs habitants. Convaincue de tenir avec le télétravail un moyen de rééquilibrer le peuplement du pays, la Délégation à l'aménagement du territoire (DATAR) a lancé, depuis

1992, plusieurs appels à des projets de télétravail favorisant les zones sinistrées. Le rêve fou d'amener la ville à la campagne s'incarnera-t-il grâce au virtuel ?

Côté cour, la vie d'un télétravailleur peut virer au cauchemar. Le réseau charrie, vingt-quatre heures sur vingt-quatre, un flot de sons, d'images, de textes. Isolé au cœur de cette marée, joignable n'importe où, n'importe quand, transportant partout son bureau virtuel, le télétravailleur risque de devenir, selon l'expression de Denis Ettighoffer (2), «l'homme-terminal

(2) Denis Ettighoffer, *l'Entreprise virtuelle ou les Nouveaux Modes de travail*, Odile Jacob, 1992.

nal» d'une société branchée, «nomade électronique», zappeur fou d'un travail qui quitte les lieux de production traditionnels». En l'absence de frontières spatio-temporelles, vie privée et vie professionnelle risquent de s'imbriquer en un écheveau inextricable, infiniment plus stressant que le voisin de bureau et certaines de ses blagues.

Plus de potins autour de la machine à café, plus de visages autour

■ ■ ■ d'une table de réunion, plus de cantine, plus de « Salut, bon week-end ! » « Tout ce qui est technologiquement possible n'est pas nécessairement rentable économiquement, ni socialement souhaitable », écrit Michel Godet (3), professeur de prospective industrielle

## « CE QUI EST EN TRAIN DE SE JOUER, C'EST LA FIN DU SALARIAT »

au Conservatoire national des arts et métiers. « Il est peu probable que le travail à domicile se développe au point de faire disparaître une bonne partie du travail de bureau. Plusieurs facteurs mili-

tent contre cette hypothèse : d'une part, l'actuelle physionomie du parc des logements urbains en France, leur exigüité, leur inconfort et la médiocrité de leur environnement rendent peu vraisemblable leur occupation pendant des journées entières; d'autre part, il faut bien considérer que le travail représente une socialisation et répond à un besoin de communication et de lien social qui est de moins en moins satisfait par ailleurs. »

Bref, le télétravailleur se retrouve seul. Même les réunions se font désormais à distance : c'est ce qu'on appelle le "groupware", l'informatique de groupe. Ce système permet à plusieurs personnes de "téléréunir", c'est-à-dire de travailler ensemble à un même projet, de se consulter, d'élaborer et de modifier à distance des documents, simple- m e n t

en se connectant au serveur de l'entreprise. Lequel peut aussi tenir leurs agendas électroniques à jour pour prévoir la date de la téléréunion et, au besoin, la leur rappeler.

### DEUX JOURS EN ENTREPRISE, TROIS À L'EXTÉRIEUR

Si le télétravailleur dispose d'un module de vidéoconférence (environ 360 000 PC en sont équipés dans le monde), il pourra tout de même voir le visage de ses interlocuteurs. « Nous magnifions la vie sociale au sein de l'entreprise de peur de la perdre, analyse Denis Bérard. La socialisation peut aussi se faire à travers le réseau. Elle sera

(3) Michel Godet, *Mirages technologiques et Attentes sociales*, colloque "Comment travaillerons-nous demain?" Anvie, 2 avril 1997. Du même auteur, *le Grand Mensonge : l'emploi est mort, vive l'activité!* Fixot. A lire également : Denis Bérard, *Télétravail et Nouvelles Formes de travail*, ANACT, coll. "Dossiers documentaires". Bertrand Schneider et Nicole Rosenohn, *Télétravail, réalité ou espérance?* PUF, coll. "le Sociologue".



### Bureaux ITINÉRANTS

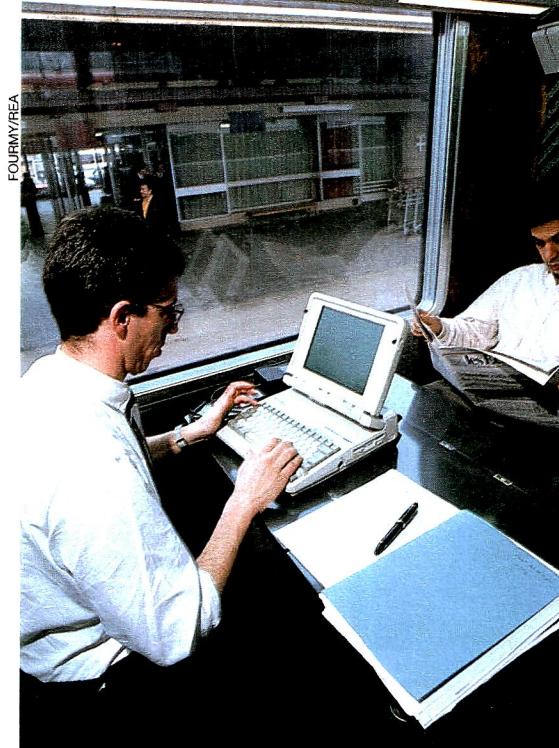
chez Andersen Consultants, à Paris, les salariés n'ont plus de bureau personnel. Ils partagent des bureaux "tournants": lorsqu'ils passent au siège de la société, ils récupèrent leurs dossiers enfermés dans des coffres roulants.

différente, mais pas moins riche : il faut simplement que nous nous adaptons à ces nouveaux modes de communication.»

L'isolement, la perte de lien avec l'entreprise peuvent s'aggraver d'une incapacité à assumer son autonomie. « Une enquête au sein du Conseil régional d'Île-de-France, une sorte d'expérience avec des employés placés en condition de télétravail, nous a montré que certains d'entre eux étaient incapables de gérer leur travail, explique Anne-Sophie Robinot. C'est pourquoi le télétravail doit se mettre en œuvre sur une base de volontariat et de réversibilité. De même, pour conserver un lien avec l'entreprise, mieux vaut ne pas l'imposer cinq jours sur cinq. La formule deux jours en entreprise, trois à l'extérieur, ou l'inverse, est la mieux adaptée.»

Il y aurait bien une solution : les bureaux de voisinage ®. L'idée est sortie toute casquée du chapeau du CATRAL. Son principe est simple : au lieu de laisser les employés broyer du noir seuls face à leur écran, pourquoi ne pas les regrouper dans de grands centres proches de leur domicile, où des bureaux, de vrais bureaux, sont mis à leur disposition, avec tout l'équipement nécessaire ? Les salariés n'appartiendraient pas forcément à la même entreprise, et des travailleurs indépendants, des chercheurs, des étudiants, etc., pourraient se glisser parmi eux.

Avantage de la formule : rupture de l'isolement, maintien des liens avec une communauté, meilleure



## Travailleurs NOMADES

**Les commerciaux représentent le gros des télétravailleurs actuels. Equipés de micro-ordinateurs portables, de modems, de téléphones mobiles, ces nomades modernes mettent à profit leur temps de déplacement pour travailler.**

gestion du temps et de l'organisation du travail. Plusieurs collectivités ont été séduites par le projet : le premier "télécentre" du CATRAL devrait bientôt voir le jour à Provins (Seine-et-Marne).

### LA PLUS VIVE RÉSISTANCE VIENT DES ENTREPRISES

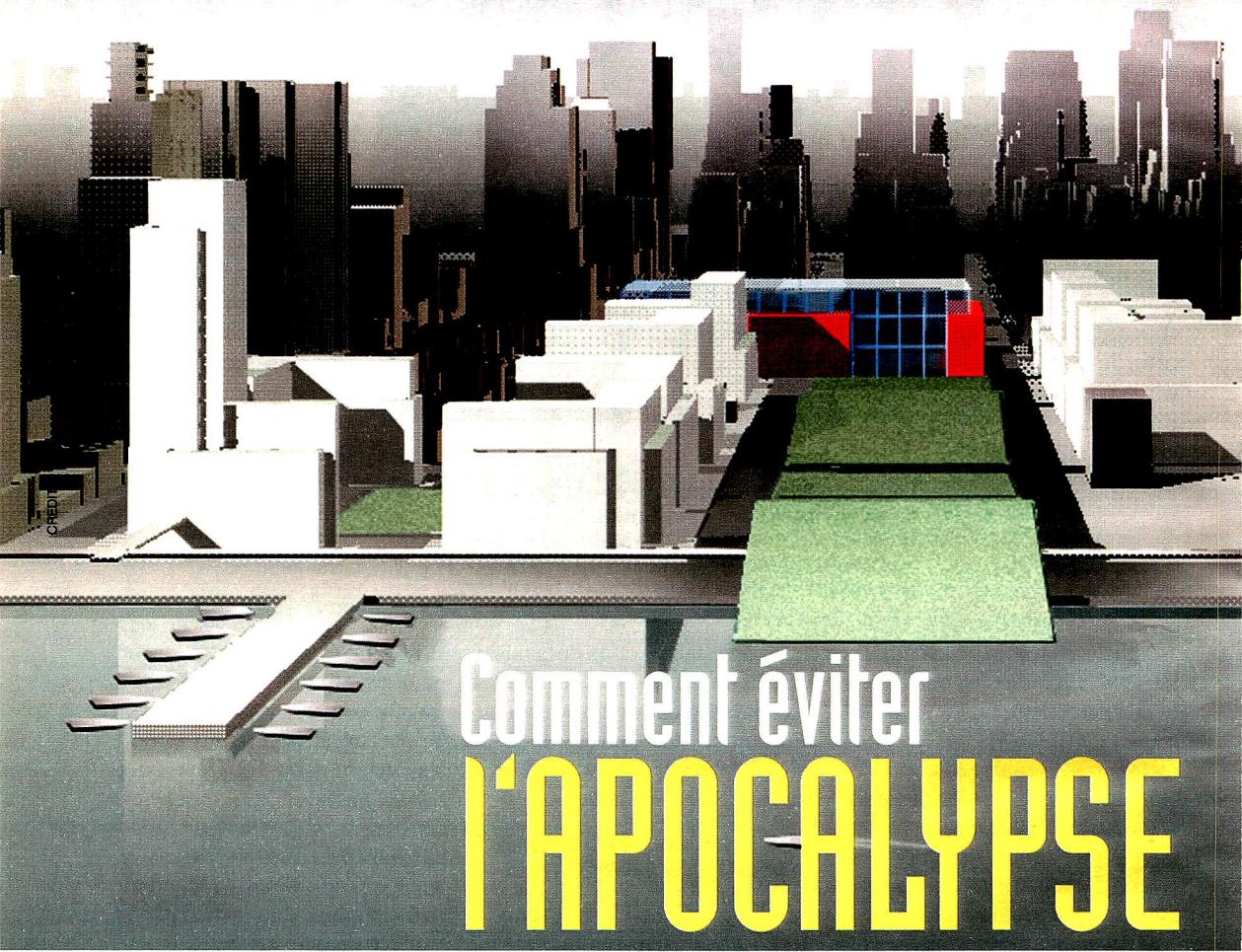
Solution d'avenir ? Peut-être... Mais pas franchement du présent. L'aventure du télétravail peut se révéler hasardeuse pour celui qui s'y lance, et elle rend les syndicats très nerveux. Juridiquement, le télétravailleur salarié n'a pas de statut particulier, ce qui pose certains problèmes : par exemple, s'il a un accident chez lui, est-ce un accident du travail ? Eloigné de son entreprise, il l'est aussi de ses représentants légaux. Fragilisé, il peut redouter d'être marginalisé, dévalorisé, oublié : loin des yeux, loin du cœur...

Paradoxalement, la plus vive résistance vient des entreprises elles-mêmes, qui freinent des quatre fers devant les transformations radicales qu'implique le télétravail. Le salarié est autonome, et, à moins de greffer sur son micro-ordinateur un œil ou une puce électronique pour surveiller ses faits et gestes, il n'y a plus moyen de le contrôler autrement qu'à travers ses résultats. On lui confie une tâche, on le contacte en cas de besoin, et on le laisse se débrouiller à sa guise. C'est ce qu'on appelle un management par objectifs, qui rend inutile la hiérarchie et bouleverse la notion de carrière et le système de promotion traditionnels.

Mais la plus grande crainte que suscite le télétravail, c'est la précarisation qu'il peut entraîner. « Ce qui est en train de se jouer, c'est la fin du salariat », prophétise Denis Bérard. En effet, une fois l'employé externalisé, qu'est-ce qui empêchera l'entreprise de le maintenir définitivement à l'écart, en le transformant en travailleur indépendant, en prestataire de services payé à la pièce comme les travailleurs à domicile de jadis, véritable esclave des temps à venir ?

On laissera la conclusion à Michel Godet : « Les hommes de demain (...) chercheront dans le travail au bureau, comme dans la vie associative, d'abord des lieux de reconnaissance mutuelle, de lien social, sans lesquels la vie perd son sens et devient l'enfer de la solitude des individus branchés sur d'autant plus de réseaux informationnels qu'ils ont faim de chaleur humaine. »

## NEW YORK 2020

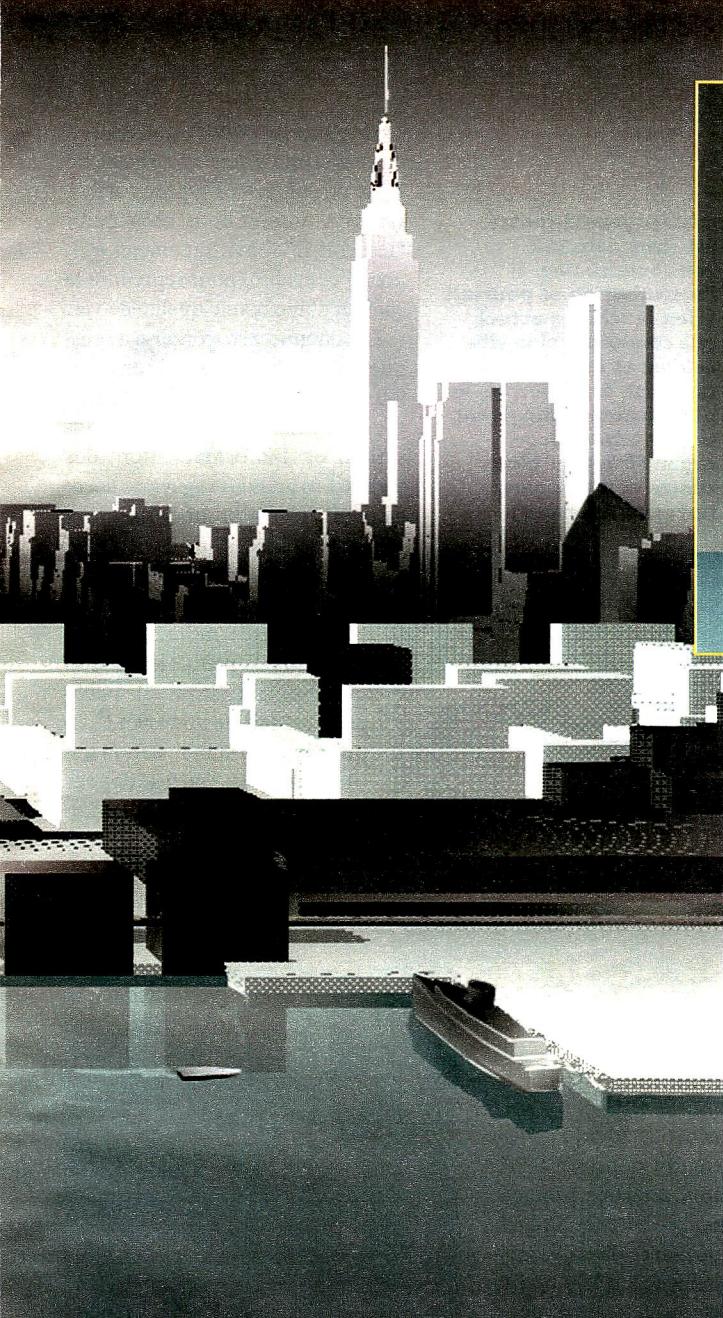


## Comment éviter l'APOCALYPSE

**Pour échapper à la catastrophe annoncée, les planificateurs new-yorkais préconisent de tourner le dos au modèle américain et de sacrifier le sacro-saint individualisme sur l'autel de l'intérêt commun.**

PAR Loïc CHAUVEAU

**N**ew York est un fantasme mondial. Une cité appelée à retourner tôt ou tard à la barbarie, colonisée par des bandes d'assassins pervers, plongée dans l'anarchie, routes éventrées, égouts étripés, gratte-ciel délabrés, sur fond hurlant de rock métallique. A Hollywood, le cinéma a décidé que le futur de New York est tout entier inscrit dans la Bible, au livre de l'Apocalypse.



## RÉINVENTER la ville

**A l'ouest de la 9<sup>e</sup> Avenue, dans un groupe d'immeubles abandonnés, les architectes Max Bond et Navid Maghami veulent recréer une vie de quartier. Un vaste espace vert en pente relie le centre des congrès à un embarcadère sur l'Hudson.**

des subventions accordées par les trois Etats sur lesquels s'étend la zone urbaine (Etat de New York, New Jersey, Connecticut), et des dons de fondations privées et de grandes sociétés. Sa zone d'étude comprend 20 000 km<sup>2</sup>, sur lesquels vivent 20 millions de personnes.

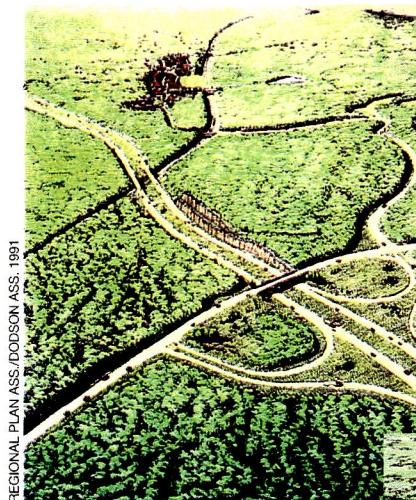
L'organisme ne compte que vingt-cinq salariés – une équipe réduite à cause du manque de moyens et de la méfiance des politiques. Au pays du libéralisme, les prévisions à long terme sont souvent mal reçues. Ainsi, les Etats, les comtés et les communes ne sont pas obligés de suivre les avis de la RPA, ce que déplorent les urbanistes, les architectes et les sociologues qui y travaillent.

En un siècle d'existence, la RPA n'a élaboré que trois plans, correspondant chaque fois à des étapes cruciales de la croissance de la ville. Publié en 1929, l'année du grand krach boursier, le premier plan a incité les trois Etats à construire un réseau de routes et de voies ferrées. et ■■■

La ville ne se reconnaît pas dans cette caricature. Mais elle ne repousse pas l'éventualité d'un tel scénario. Ainsi, le "troisième plan régional pour l'aire métropolitaine New York-New Jersey-Connecticut", publié l'an dernier par l'association pour le plan régional (Regional Plan Association, RPA), est intitulé "Une région à risque". Le document, qui dessine le New York de 2020, dresse la liste des dangers

qui guettent la mégapole : déchirement du tissu social, déclin économique, congestion automobile, asphyxie urbaine... Ses auteurs, Robert D. Yaro et Tony Hiss, préviennent : « Pour la première fois, le défi que doit relever la RPA est non pas d'encadrer la croissance mais d'empêcher le déclin. »

La RPA est le seul organisme planificateur que possède New York. Fondée au début du siècle, elle vit



## Le VILLAGE en banlieue

**L'échangeur ci-contre est situé dans une zone suburbaine. Si l'urbanisation se poursuit selon le schéma actuel, elle conduira à une ville éclatée et sans âme (ci-dessous). En revanche, les planificateurs imaginent un véritable village organisé autour d'un centre et d'une gare ferroviaire (en bas).**



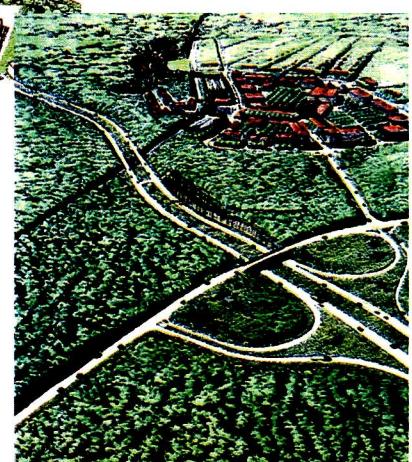
coûts d'installation des entreprises.

Mais cet accident économique a fait peur. La RPA s'est donc attachée à imaginer un autre futur. « Malgré notre puissance dans l'économie mondiale, dit le rapport, nous allons vers des années de croissance molle. Malgré les milliards de dollars dépensés chaque année par les secteurs privés et publics pour les infrastructures, le logement et la construction de bureaux, nous avons gaspillé des investissements pour plusieurs générations. Malgré une histoire marquée par la diversité de la population, l'ombre de la division sociale plane sur la région. Enfin, malgré des lois strictes et une opinion publique en alerte, nous

continuons de polluer notre air et notre eau, et l'extension urbaine ne cesse de coloniser l'espace rural. » La RPA entend donc réconcilier « les trois E » (environnement, économie et égalité) pour reprendre le chemin d'une bonne qualité de vie.

L'économie new-yorkaise a presque tourné le dos aux industries lourdes, elle a procédé aux restructurations impliquées par l'automatisation et l'informatisation des tâches. Les grandes vagues de licenciement liées à la modernisation sont passées, et l'avenir de New York se trouve dans les services. La ville occupe la première place mondiale dans l'édition, la presse, les médias électroniques, les arts, la publicité... Mais les nouvelles techniques de communication autorisent les cadres de ces entreprises de haute technologie à ne plus habiter New York en permanence.

Les sociétés peuvent également être tentées de déménager,



ger, parce que les loyers sont exorbitants, mais aussi parce que les embouteillages sont insupportables, l'air, irrespirable, et que les banlieues peuvent voir éclater à tout moment des émeutes raciales. « Indubitablement, dit la RPA, la qualité de vie est le critère sur lequel la région est jugée dans sa compétition

### ENVIRONNEMENT, ÉCONOMIE, ÉGALITÉ

Depuis, la situation s'est retournée. L'économie américaine s'est remise à créer des emplois, et New York a reconquis son prestige, au prix d'une baisse rigoureuse des

avec les autres régions américaines et le reste du monde. »

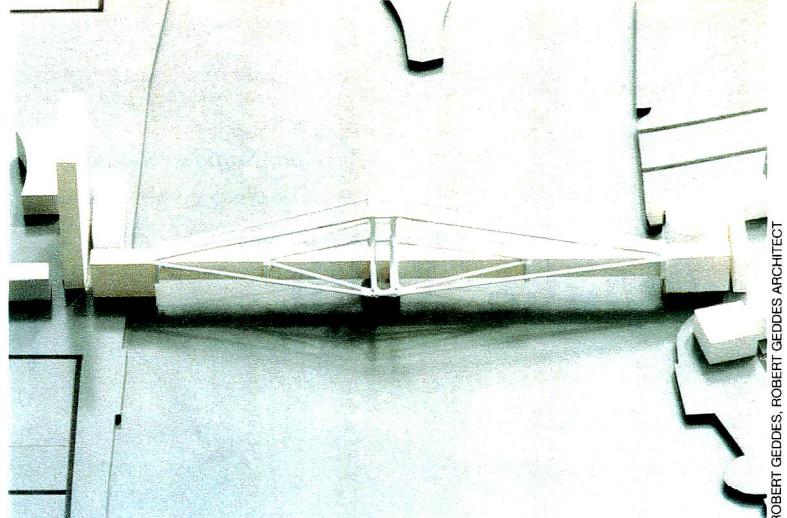
Ses propositions vont à l'encontre du mode de vie américain. L'association privilégie les transports en commun, prône l'arrêt de la construction des maisons individuelles dans des banlieues lointaines, et conseille de réinvestir les centres des villes de la périphérie, aujourd'hui délabrées, où habitent les populations pauvres, majoritairement noires ou hispaniques.

Les solutions ne sont pas si onéreuses. Pour rendre le métro plus efficace, il suffirait de construire 40 km de lignes supplémentaires, pour relier les lignes existantes et structurer ainsi un Regional Express Rail, équivalent du RER parisien. La RPA aperçoit les prémisses d'un renversement de tendance chez l'homme américain, amoureux de sa voiture : 90 % des banlieusards qui travaillent dans le sud de Manhattan, le quartier des affaires, prennent désormais le train. Certains aménageurs rêvent d'installer un péage dissuasif à l'entrée des sept ponts et des deux tunnels qui relient Manhattan au New Jersey, à Brooklyn, au Queens et au Bronx.

### TOUJOURS LA VILLE DU ROI DOLLAR

L'arrêt de la construction des lotissements à la périphérie devrait être plus difficile à obtenir. Cette recommandation, déjà inscrite dans le plan de 1968, est restée sans effet. La RPA insiste sur la préservation d'une ceinture verte comprenant les New Jersey Highlands, les Hudson Highlands et les Housatonic Highlands, une ceinture de collines entourant New York. Mais la création d'une réserve foncière régionale est loin d'être politiquement acquise.

Enfin, le vrai défi du futur, et le plus difficile à réaliser, ce sont les rééquilibrages urbains. Ils impliquent non seulement la réhabilitation esthétique des centres urbains, voire la création *ex nihilo* de



### La VIE sur l'eau

Ce pont piétonnier à deux niveaux imaginé par Robert Gedde abrite bureaux, boutiques, restaurants... Il reliera le siège de l'ONU (42<sup>e</sup> Rue) au quartier de Queens, sur l'autre rive d'East River.

centres-villes, mais aussi des efforts d'éducation, de formation professionnelle et de réinsertion des populations pauvres, et encore le transfert en banlieue de sièges d'entreprises pour rapprocher les habitants de leur lieu de travail.

Les projets existent mais réclament des fonds importants. Dans le droit fil de la politique du président Bill Clinton, la RPA préconise la suppression des aides sociales aux plus démunis, afin que l'argent soit réorienté vers les filières de formation, d'éducation et de réinsertion.

Ce plan exige une importante réorganisation politique. Chacune des quelque 2000 instances qui gouvernent la région new-yorkaise – des services de l'Etat aux "authorities" (les services publics), en passant par les comtés, les municipalités, les districts – perçoit ses propres taxes et gère jalousement son budget. Système inefficace... Le plan recommande la mise en place entre les trois Etats d'une structure de coordination comprenant une conférence annuelle des gouverneurs et un conseil économique composé des chambres de commerce de la région.

La RPA estime le coût de son plan à 75 milliards de dollars (environ 450 milliards de francs) jusqu'en 2020. L'association sait

bien qu'elle ne peut s'appuyer uniquement sur un discours environnementaliste. Mais, affirme-t-elle, l'amélioration des transports, la réhabilitation des banlieues, la limitation de l'extension urbaine fourniront à l'économie un cadre favorable à son développement.

La part de New York dans la richesse globale du pays (9 % aujourd'hui) ne cesse de décroître : elle ne sera plus que de 7 % en 2020. « La réalisation du plan et le renforcement des liens avec les

### « L'OMBRE DE LA DIVISION SOCIALE PLANE SUR LA RÉGION »

marchés mondiaux », dit le rapport, « permettront d'éviter des décentries de relatif déclin économique. En conservant notre part actuelle dans la richesse nationale, plutôt que de continuer sur une pente déclinante, nous pourrons injecter 200 milliards de dollars par an dans l'économie régionale. »

New York tient à rester, au siècle prochain, la ville du roi dollar. ■

par Sonia Feertchak

# Laissez-vous transporter

Révolution en vue dans les transports en commun : la RATP teste trois prototypes hybrides, électriques ou à essence, qui rouleront sur rail ou sur route.



L'avenir est sur les rails : ci-contre, un véhicule imaginé par un étudiant du Royal College of Art's Vehicle Design (Londres). Ci-dessous, le TVR testé à Caen.

REX FEATURES/SIPA PRESS

La circulation urbaine étant l'un des défis du prochain millénaire, la RATP teste trois prototypes de moyens de transport en commun : le TVR de la société ANF-Bombardier (Crespin, Nord), le Translohr de Lohr (Strasbourg) et le Civis de Matra-Renault.

Leur point commun : ils peuvent rouler à la fois sur rail et sur route.

Un simple rail central, peu coûteux à installer, guide le véhicule lorsque celui-ci est propulsé électriquement. Cette

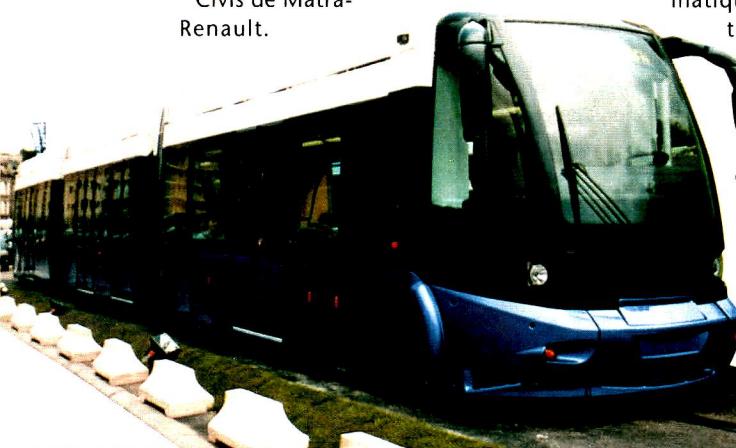
option réduit les pollutions sonore et atmosphérique. Mais le véhicule peut également fonctionner à l'essence, sur n'importe quelle voie, comme un bus traditionnel.

Parallèlement, l'Institut de recherche en informatique et en automatisation (Le Chesnay, Yvelines) développe le Cabby, une petite voiture électrique de deux à quatre places conduite à l'aide d'un simple "joystick" (levier de commande). Rechargeable

grâce à une borne à induction, au-dessus de laquelle il sera garé, ce "véhicule individuel public" se louera pour une ou plusieurs heures. Atteignant la vitesse maximale de 30 km/h, le Cabby devrait pouvoir être utilisé dans les espaces piétonniers. En fin de service, les petits véhicules mis à la chaîne seront rapatriés vers leur lieu de parking par un système de téléguidage informatique.

Dans le même ordre d'idée, Mike Leadbetter, étudiant au Royal College of Art's Vehicle Design de Londres, a élaboré un prototype de taxi à huit places, intermédiaire entre les transports publics et privés.

E. S.



## TOURISME

# Gare au gorille...

Les visiteurs du zoo d'Atlanta (Géorgie, Etats-Unis) pourront bien-tôt se promener parmi une dizaine de gorilles... virtuels!

L'environnement numérique dans lequel évoluent ces "cyber-singes" reconstitue l'habitat naturel de l'espèce. Sous la houlette de Larry Hodges, une équipe de programmeurs du Georgia Institute of Technology a reproduit un demi-hectare de forêt dans les moindres détails (rochers, arbres, herbe...). Pour ce qui est des créatures, les chercheurs ont programmé cinq types de gorilles



(mâle dominant, mâle adulte subordonné, femelle adulte, jeune et petit). Chacun d'entre eux peut

adopter seize comportements (marcher, se coucher, se frapper la poitrine, etc.) qui témoignent de la complexité de la société simiesque. Pour communiquer entre eux, les primates numériques

**Une promenade virtuelle au milieu des cybergorilles.**

crient et grognent, comme les vrais.

Le visiteur se promènera dans l'habitat virtuel des gorilles à l'aide d'un "joystick" (levier de commande). Il pourra avancer... et reculer s'il approche les singes de trop près. Gare, en effet : si le visiteur s'obstine, le cybergorille charge !



PHOTOS GEORGIA TECH

## Energie à la chinoise

La Banque mondiale vient d'accorder à la Chine un prêt de plus de 2 milliards de francs pour la création d'une société indépendante de production d'énergie. Deux centrales à charbon devraient être créées pour remplacer les anciennes, moins efficaces et plus polluantes.

## CONSOMMATION ALI BABA ÉLECTRONIQUE

**A quoi ressembleront les magasins de demain ? A des cavernes d'Ali Baba électroniques, où tout sera mis en place pour attirer les clients, les observer, les dénombrer – et, surtout, les inciter à dépenser ! Les nouvelles technologies déployées sont exposées à l'Echangeur, laboratoire européen pour le commerce du futur, situé à Paris. Pour évaluer la quantité de caisses à ouvrir en fonction du nombre de clients présents dans le magasin, une caméra recensera les personnes arpentant les travées, en faisant la différence entre celles qui regardent et celles qui achètent. Des étiquettes à**

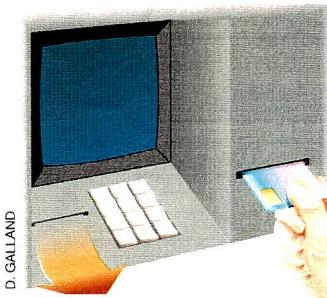
**cristaux liquides commandées par infrarouge permettront de modifier les prix à distance, ou, plus perfidement, de détecter le temps que chaque client passe devant un rayon...**

**Autre innovation : la visite virtuelle d'un magasin sur Internet. A condition de disposer d'un ordinateur relié au magasin par modem, il suffira pour commander d'énoncer dans un micro, de chez soi, les noms des produits que l'on souhaite acheter.**



**Toutes les technologies des magasins de demain.**

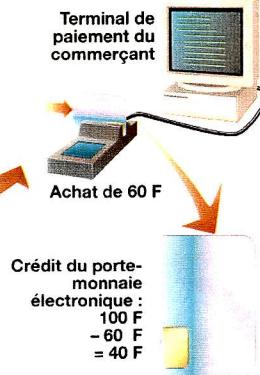
DR



D. GALLAND

Le compte en banque du client est débité de 100 F

Crédit du porte-monnaie électronique : 100 F



pour qu'ils puissent lire aussi les PME. Le compte en banque du client sera instantanément débité de la somme retirée.

Chez les commerçants équipés d'un terminal de paiement, le client réglera ses achats grâce à son PME, dont il verra le solde amputé du montant de l'achat. La caisse virtuelle du commerçant sera créditez d'autant. Et celui-ci accumulera de la monnaie électronique jusqu'à ce qu'il transfère toute sa recette vers son compte bancaire.

Quel intérêt présente cette monnaie virtuelle ? Les opérations effectuées en monnaie électronique se feront en dehors de la banque, donc sans frais de gestion.

(1) Car cela ne serait pas rentable : quand un commerçant est payé par carte bancaire, chaque transaction lui coûte entre 0,5 et 1 % du montant de l'achat.

## Le grand bogue de 1999

Le "bogue" (1) du 9 septembre 1999 pourrait bien s'avérer tout aussi terrible que celui du passage à l'an 2000 (voir *Science & Vie* n° 942, p. 159). En effet, dans les années 70, on identifiait la fin d'un programme informatique par deux codes : 999 999 ou bien 09/09/99.

Or, la date du 9 septembre 1999 s'écrit 09/09/99.

Ce jour-là, de nombreux logiciels risquent donc de s'arrêter, pour avoir confondu la date du jour et la fin du programme.

(1) Défaut d'un programme informatique se manifestant par des anomalies de fonctionnement.

## ARGENT

# Dans six mois, la monnaie virtuelle

Le groupement d'intérêt économique (GIE) des cartes bancaires vient d'annoncer la mise en place, au printemps 1998, de porte-monnaie électroniques (PME). Sous la forme de cartes à puce universelles et interbancaires, ces PME pourront être utilisés pour les paiements inférieurs à 100 F

— limite au-dessous de laquelle il est déjà impossible de payer par carte bleue (1).

Le client "approvisionne" son porte-monnaie électronique dans un distributeur automatique de monnaie électronique. A cet effet, les 25 000 distributeurs de billets de France vont être modifiés,

## TRANSPORTS

# Le vélo solaire

Plus besoin de pédaler... à condition qu'il fasse beau ! L'écologiste gallois Tony Case a inventé un vélo solaire : sur le porte-bagage, trois plaques de cellules photovoltaïques alimentent une batterie, placée à l'arrière de la selle, qui développe la puissance d'un moteur de 12 volts. L'engin dispose ainsi d'une autonomie de près de 125 km (sans qu'il soit nécessaire de pédaler, évidemment). Et

il ne faudrait pas croire qu'il se traîne : ce vélo solaire peut atteindre 75 km/h. Deux prototypes circulent actuellement en Grande-Bretagne.

SIPA PRESS



● A collaboré à cette rubrique : Emilie Sueur.

Et même si vous n'êtes pas idiot, vous pouvez

Il vous suffit pour ce faire de convaincre l'entre-

et vous devez lire cette annonce. En effet, vous êtes

prise titulaire des droits de vous les céder et votre conseil

Directeur Général, PDG... dirigeant d'une entreprise,

d'administration de faire la dépense. Si vous louez le

disons d'électronique par

brevet, c'est une concession de

exemple. Sans

licence et

montrer

**Si vous êtes riche,**

vous êtes

**vous avez une chance de devenir intelligent.**

l'obésité du ventre d'un zeppelin,

tenu au versement de redevances.

votre carnet de commande

A l'achat, c'est une cession.

est convenablement garni et

comme lorsque vous achetez une

vous offre des perspectives

cervelle chez votre boucher.

d'avenir plutôt souriantes.

Le contrat de cession ou de concession doit

En manager avisé, vous voyez plus loin - quand

être rédigé et inscrit au registre de l'INPI pour

on vous disait que vous n'étiez pas idiot... - En manager

être opposable au tiers.

avisé donc, vous savez que le marché va évoluer.

Cela fait, vous exploitez en toute légalité le bre-

Seulement voilà, une autre entreprise a conçu

vet, la marque, le dessin ou modèle et vous ne

un nouveau produit dont vous serez dépendant à très

serez donc pas accusé de contrefaçon.

court terme. Le brevet est déjà déposé. Tout est fini ?

Votre carnet de commande ne dégonflera pas.

Que non point ! Vous avez perdu une bataille,

vous allez continuer à être

vous n'avez pas perdu la guerre. Vous pouvez acheter

riche... vous êtes décidément

ou louer les droits d'exploitation de ce nouveau produit.

très intelligent. CQFD.



**LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE. UNE ARME STRATÉGIQUE.**

3615 INPI (LOFTIC la minute).



Bar Gelateria, Piazza Trastevere 2, Rome

# MADE IN ITALY.\*

**MARTINI**

\*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