

# SCIENCE & VIE

50  
ans  
après  
Einstein

UN SAVANT  
ÉLUCIDE  
LES MYSTÈRES  
DE L'UNIVERS

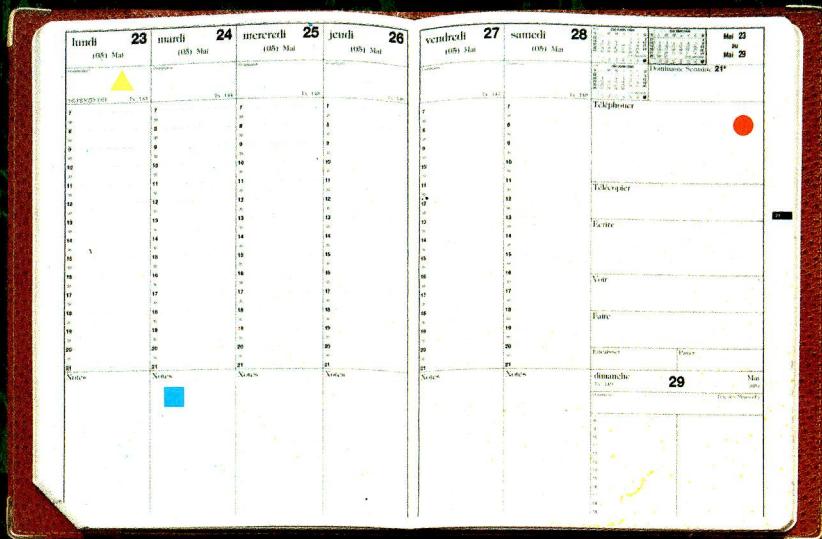
T 2578 - 936 - 23,00 F

CHAYÉ

Avez-vous  
la bosse des  
maths ?



# DE SEPTEMBRE À SEPTEMBRE L'“AGENDA PLANING”® QUO VADIS RYTHME LA VIE DES AFFAIRES



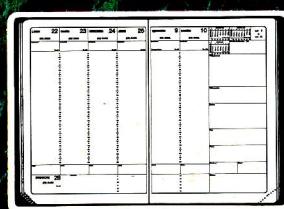
Septanote 18 x 24 cm

▲ la "Dominante"®

● les cases spéciales

■ les notes journalières

Organiser son temps efficacement,  
c'est tout simplement aller à l'essentiel.  
Le concept de la trilogie QUO VADIS  
vous apporte cette efficacité.

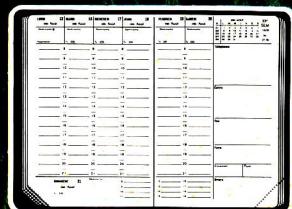


EU 0909  
21 x 29,7 cm

“Agenda Planing”® de bureau par 1/4 d'heure



En vente dans les papeteries-librairies modernes.



UNIVERSITAIRE

10 x 15 cm

“Agenda Planing”® de poche

LEADER MONDIAL DE L'AGENDA

20-26, rue Caisserie - 13235 Marseille Cedex 02 - Tél. 91 91 92 61 - Telefax 91 91 87 61 - Télex 440 177

Dépôt de Paris: Tél. (1) 46 36 44 72 - Telefax (1) 46 36 77 34

**quo**  
**vadis**

AGENDA  
PLANING®



**S**cience & Vie est né en avril 1913. Quatre-vingt-deux ans déjà, presque un siècle... Tout un siècle en vérité, le xx<sup>e</sup>, que *Science & Vie* a déchiffré pour ses lecteurs, mois après mois. Et c'est pour décrypter le suivant, le xxI<sup>e</sup> siècle, que *Science & Vie* rajeunit, dans le fond et dans la forme. Si notre – votre – journal a aujourd’hui une si longue existence (l’une des plus longues de toute la presse française), c'est parce qu'il a su s'adapter aux mutations, aux révolutions d'un siècle fertile en découvertes – et en tragédies.

Son ambition n'a pas changé : comprendre, informer, apporter des connaissances. Malgré la suspicion engendrée par certaines applications funestes qu'on a pu faire de la recherche pure, *Science & Vie* a gardé intacte sa foi dans l'humanisme et dans les bienfaits qu'on peut légitimement retirer des progrès scientifiques et technologiques.

Mais, loin d'être seulement un conservatoire de la “raison raisonnante”, votre journal a toujours été, il est encore, un défricheur de l’avenir. S'il évolue aujourd’hui, c'est pour mieux rendre compte de son époque, afin de mieux anticiper le siècle qui arrive.

*Science & Vie* est avant tout un journal d'actualité. C'est pourquoi il ouvrira désormais ses pages sur un vaste chapitre consacré aux événements du mois. Les lecteurs retrouveront les rubriques sur la recherche, l'environnement et la technologie, auxquelles s'ajouteront des



## Science & Vie vers le xxI<sup>e</sup> siècle

“échos” sur la médecine. Une double page “Balise” apportera des informations claires et concises sur un sujet d'actualité. Au terme de cette section, un article dévoilera les dessous scientifiques ou techniques d'un événement qui a frappé l'opinion.

Autre innovation : nos pages “Histoires” seront consacrées à un savant ou à une découverte (ce mois-ci, Röntgen et les rayons X), dans tous leurs aspects, scientifiques et humains.

Enfin, il nous a paru indispensable de consacrer un large chapitre aux technologies du futur, ce fameux “multimédia” qui va, à coup sûr, transformer notre vie quotidienne. Non pas seulement pour sacrifier aux dieux de la modernité, mais parce qu'il nous semble évident que ces nouveaux moyens vont abondamment favoriser et enrichir la culture de l’“honnête homme” du xxI<sup>e</sup> siècle. Dans sa double page “Cyberscope”, puis dans ses articles et ses échos intitulés “Futurs”, *Science & Vie* explorera le monde de demain et... d'après-demain. Il tentera de déchiffrer pourquoi et en quoi la science et les nouvelles technologies vont affecter l'ensemble de la société, tant à l'échelle des Etats qu'à celle des groupes humains et de l'individu.

Bref, *Science & Vie* suivra sa règle de toujours : comprendre le monde pour vivre en bonne intelligence avec lui.

**S & V**

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

Recevez *Science & Vie* chez vous. Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 105. Vous pouvez commander les reliures de *Science & Vie* p. 27. Vous pouvez aussi vous abonner par minitel en tapant 36 15 ABON. Organigramme p. 143. Encart abonnement jeté dans *Science & Vie*. Diffusion : vente au numéro France métropolitaine.

■ Refusant de dépendre des Etats-Unis, la France, l'Italie et l'Espagne viennent de lancer le satellite d'observation militaire Hélios.



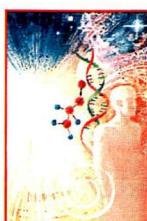
Illustration de couverture :  
Rémi Chayé

■ Injectée avec succès à des souris, une protéine rend l'espoir à tous les obèses du monde.



## ACTUALITÉ

recherche . . . . .	6
environnement . . . . .	22
technologie . . . . .	28
médecine . . . . .	36
balise . . . . .	40
<b>Marées : un phénomène lunatique</b>	
enquête . . . . .	42
<b>Enigme au fond du labyrinthe</b>	



**EN COUVERTURE**  
**50 ans après**  
**Einstein**  
**UN SAVANT ÉLUCIDE**  
**LES MYSTÈRES**  
**DE L'UNIVERS... 46**

### CERVEAU

**Avez-vous la "bosse des maths" ?... 58**

## DOSSIER

**L'ESPIONNAGE SPATIAL... 67**

**HÉLIOS : L'ŒIL DE L'EUROPE DANS LE CIEL... 68**

**CAHIER PHOTOS**  
**BIG BROTHER**  
**VOUS REGARDE... 72**

**LES SENTINELLES**  
**DE L'ESPACE... 78**

### MÉDECINE

**Le gène de tous les cancers... 82**

**SANTÉ**  
**La fin de l'obésité ?... 86**

## MUSÉOLOGIE

**Les chefs-d'œuvre  
dans l'accélérateur...90**

## NAVIGATION

**Quand la Chine dominait  
les mers...94**



## HISTOIRES



- **RÖNTGEN OFFRE  
AU MONDE  
LES RAYONS X...98**

## AUTOMOBILE

**La valse à deux  
temps...106**

## TRANSPORTS

**Les traversées  
de Paris...112**

■ Il y a  
cent ans,  
Wilhelm  
Röntgen,  
modeste  
savant  
allemand,  
découvrait  
les rayons X, qui  
allaient révolutionner  
toute la science.

## RENDEZ-VOUS

- |  |            |
|--|------------|
| <b>quotidien</b> : <i>Cyclistes, rechargez vos batteries</i> . . . | <b>120</b> |
| <b>expérience</b> : <i>Des enzymes à tout faire</i> . . .          | <b>126</b> |
| <b>énigme</b> : <i>Un angle droit = un angle obtus</i> . . .       | <b>128</b> |
| <b>astronomie</b> : <i>Les lunes d'automne</i> . . .               | <b>130</b> |
| <b>rétro</b> : <i>Il y a 75 ans</i> . . .                          | <b>132</b> |
| <b>invention</b> : <i>Brunissez vos couverts !</i> . . .           | <b>133</b> |
| <b>forum</b> : <i>Les pesticides sont à nos portes</i> . . .       | <b>134</b> |
| <b>médiathèque</b> : <i>La "Préhistoire" rééditée</i> . . .        | <b>138</b> |
| <b>cyberscope</b> : <i>Internet, les bonnes adresses</i> . .       | <b>144</b> |

**3615  
SCV**

Votre journal  
en direct  
sur minitel

■ Les nouveaux logiciels  
de simulation en trois  
dimensions ouvrent  
la porte d'un monde  
fascinant. Et dangereux ?

## FUTURS



**DANS LE MONDE  
DE LA COMMUNICATION,  
ON NE SE RENCONTRE PLUS...146**

**Jeux vidéo : les vertiges  
du virtuel...156**

**c'est déjà demain...158**



# SEAT TOLEDO TDI. LA CONS ET POURTANT LA RE

Là.

Journal Economique Européen

MERCREDI 2

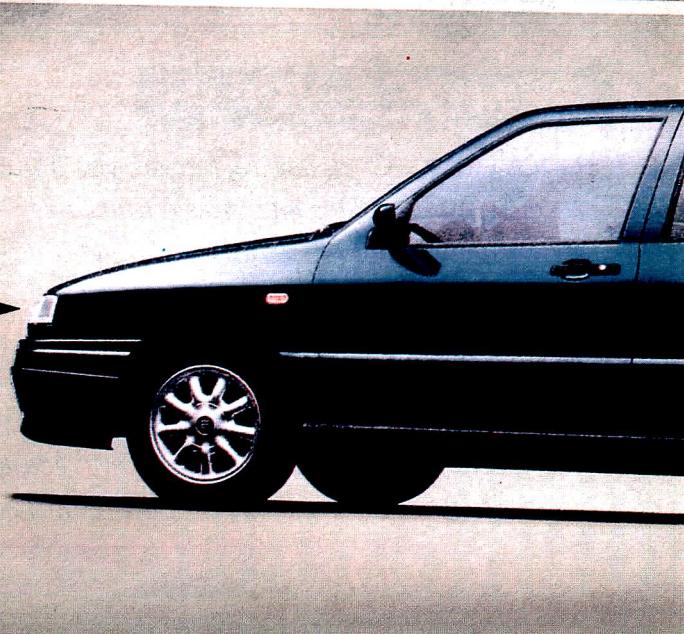
Avec le TDI, tous  
les indicateurs  
sont au vert.

La nouvelle tendance est à la performance. Cette performance a un nom ou plus exactement un sigle, TDI. Il s'agit bien sûr du fameux moteur Turbo Diesel Injection du groupe Volkswagen qui équipe à présent la Seat Toledo et lui assure des reprises qui offrent à son conducteur un confort de conduite inégalé.

Mais le plus surprenant c'est que cette performance, et quelle performance, s'accompagne d'une récession de la consommation 3,7 l à 90 km/h ; 5,3 l à 120 km/h et 5,5 l en ville selon des normes UTAC.

Des chiffres que n'ont pas manqués de noter les spécialistes, et ce d'autant plus qu'ils s'accompagnent d'une sécurité active et passive accrue. Qu'il s'agisse de l'Airbag (coussin gonflable de

## THE FINAN



# CONSOMMATION EST À LA BAISSE, PRISE EST BIEN LÀ.

1995

3615  
SEAT  
0.95 Fia mm

TDI 96

sécurité) conducteur et passager, de l'ABS de dernière génération en option, des barres de renfort latérales et de la colonne de direction rétractable, rien n'a été oublié.

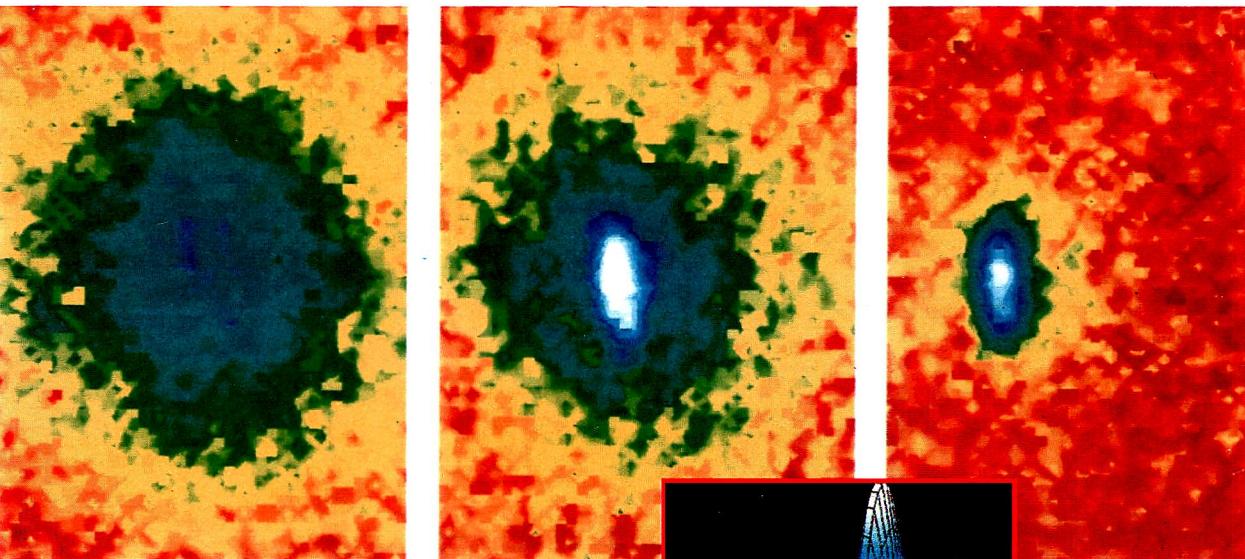
Quant à l'équipement disponible sur la version GLX : 4 vitres électriques, ordinateur de bord, verrouillage centralisé par télécommande à distance et système d'immobilisation antivol... Il se révèle d'ores et déjà exceptionnel et vient confirmer le fait que la Seat Toledo TDI est bien en ces temps incertains, une berline familiale idéale pour traverser en toute sérénité les années qui viennent.

Seat Toledo TDI, une gamme à partir de 113400 F. Modèle présenté : Seat Toledo TDI GLX (hors jantes alliages en option) : 122 500 F - Prix Tarif au 10/8/95 - AM 96. Seat recommande les lubrifiants REPSOL. Financement par SEAT FINANCIEMENT.

**SEAT**  
MOTORIZATION GROUPE VOLKSWAGEN

# recherche

dirigé par Thierry Pilorge



## Un nouvel état de la matière

Si éphémère qu'il soit, ce "quatrième état", obtenu par des Américains, donne une fois de plus raison à Einstein. Et renouvelle notre vision de l'Univers.

Pour chacun d'entre nous, la matière peut prendre trois états : solide, liquide ou gazeux. A pression constante, on passe de l'un à l'autre en faisant changer la température. Lorsque celle-ci frôle le

zéro absolu ( $-273,15^{\circ}\text{C}$ ), un quatrième état de la matière vient d'être mis en évidence par l'équipe du physicien Eric Cornell, au Joint Institute for Laboratory Astrophysics (JILA) de Boulder, Colorado. Il s'agit

de la "fusion" de plusieurs atomes identiques (de rubidium) en un seul méga-atome, sorte de frère jumeau géant du rubidium. Pour y parvenir, l'équipe de Cornell a réussi à refroidir un gaz d'atomes de rubidium à 170 milliards du zéro absolu.

Si le fait expérimental est sans précédent, sa "découverte" théorique avait été prévue par Einstein (encore lui) dès 1920. Le phénomène, connu sous le nom de condensation de Bose-Einstein (BEC, en anglais), s'explique par la dualité onde-

corpuscule de la matière.

C'est le physicien français Louis de Broglie qui énonça cette dualité : la matière peut se "décrire" en termes d'ondes de probabilités (de la présence d'atomes en un lieu à un instant donné) ou en termes de corpuscules. La BEC découle directement de la nature ondulatoire de la matière. Un gaz d'atomes identiques se caractérise par une série d'ondes de probabilités distinctes (une onde par atome). Dans l'expérience réalisée au JILA, à mesure que l'on refroidit le gaz, les ondes s'élargissent et finis-

Quinze secondes, c'est ce qu'a duré cette condensation d'atomes – à son apogée sur la photo du centre (tache blanche). Ci-contre, l'onde correspondante.

Photo X : tous droits réservés

sent par se chevaucher à  $170 \cdot 10^{-9}$  K, créant une seule méga-onde.

La difficulté résidait dans les conditions nécessaires à cette condensation. Il fallait réussir à superposer les ondes tout en les maintenant éloignées pour que les forces d'interaction entre atomes (conduisant à la formation de molécules ou d'agrégats) n'éclipsent pas l'effet BEC. C'est donc dans la mise au point expérimentale de l'abaissement de la température, à l'aide de faisceaux lasers, que se situe l'exploit de l'équipe du JILA. Le reste revient à Einstein.

Cette réalisation n'est pas sans évoquer la découverte du laser. Dans celui-ci, toutes les ondes lumineuses fusionnent pour donner une onde cohérente d'une énergie considérable. Ce nouvel état de la matière ressemble fort à une sorte de "cohérence" des ondes des atomes. Peut-être sommes-nous à la veille d'une révolution scientifique et technologique, semblable à celle engendrée par le laser il y a près de cinquante ans. On peut rêver de mégordinateurs – gelés ! – dont la mémoire serait faite de ces mégatomes... Mais, n'anticpons pas, il faudra d'abord confirmer cette expérience, pour l'instant unique. R.I.

**36 15**  
**SCV**

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

## ARCHITECTURE

# La maison et le tardigrade

**L**es tardigrades sont de microscopiques créatures qui résistent à peu près à tout grâce à leur structure annelée. De quoi inspirer à Eugene Tsui, un architecte de Berkeley, en Californie, la construction d'une maison à l'épreuve aussi bien des incendies que des tremblements de terre. « La nature, explique-t-il, ne construit pas de boîtes. Celles-ci présentent une forme débile, car les tensions se concentrent dans les coins, le long des surfaces planes qui risquent de se plier, de s'affaisser... »

Les fondations et le rez-de-chaussée sont faits de polystyrène expansé renforcé par de l'acier, et le

**Quel rapport entre ce minuscule invertébré et cette maison ? Leur structure, capable de résister à (presque) tout.**



G. Olson/SPL/Cosmos

J. Burgess/SPL/Cosmos

premier étage est composé d'une série d'arches en bois, liées par des mailles d'acier et recouvertes de béton. Grâce à ses formes exclusivement circulaires ou elliptiques, sa maison peut, selon Tsui, être qualifiée de maison "la plus sûre du monde". Bien sûr, ce *sweet home*, baptisée *Œil du Soleil*, est écologique : une grande fenêtre exposée plein sud chauffe le salon. Illuminé, Eugene ? Peut-être, mais sa maison, elle, est lumineuse... S.F.

## BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

# PROTÉINE PRISE SUR LE VIF

**V**oici le portrait de RAD51 en pleine action : c'est l'une des protéines qui intervient pour coller bout à bout les morceaux d'ADN coupés lors des "crossing-over" : au cours de la méiose (division d'une cellule en quatre cellules filles qui donneront naissance aux cellules sexuelles, spermatozoïdes et ovules) ont en effet lieu des échanges de fragments d'ADN entre chromosomes d'une même paire, appelés "crossing-over". Pour photographier l'enzyme au travail, des chercheurs de l'université d'Osaka (Japon) ont introduit dans des cellules de lis en division des anticorps spécifiques de RAD51, porteurs de marqueurs fluorescents verts. RAD51 joue aussi un rôle dans la réparation de l'ADN endommagé.

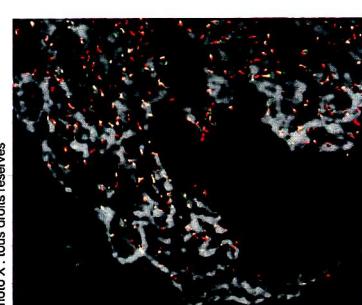


Photo X : tous droits réservés

**Lumineuse, la liaison entre l'enzyme RAD51 et l'ADN, révélée par des marqueurs fluorescents.**

## LABYRINTHES

# Les ondes chimiques montrent le chemin

Les rats de laboratoire ne sont pas les seuls à être confrontés au problème du labyrinthe. Lorsque nous cherchons le trajet le plus court pour aller d'un endroit à un autre en métro... ou lorsqu'un robot doit livrer ses marchandises dans un grand magasin, il s'agit aussi de résoudre des problèmes de labyrinthe.

Pour s'en sortir, on peut faire appel à un ordinateur. Mais les calculs exigent un temps d'autant plus long que le labyrinthe est complexe. Oliver Steinbock et ses collègues de l'université de Morgantown, aux Etats-Unis, ont eu une autre idée : faire appel à la propagation d'une réaction chimique.

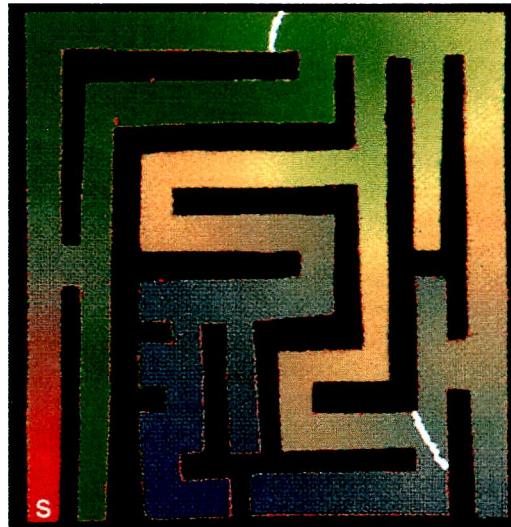


Photo X, tous droits réservés

Ils ont utilisé la réaction de Belousov-Zhabotinsky, qui a la particularité de s'autopropager : quand des molécules du mélange

acide malonique-bromure réagissent ensemble en un endroit de la solution, les molécules voisines se mettent à réagir à leur tour. La

Grâce à un indicateur qui change de couleur au fur et à mesure que la vague chimique progresse, on peut suivre la propagation de la réaction dans le labyrinthe à partir d'un point donné (ici, en bas à gauche).

réaction s'étend ainsi à tout le mélange par vagues successives, à la manière d'une étincelle sur une traînée de poudre. Ces vagues provoquent le changement de couleur d'un indicateur. En examinant la propagation de la réaction dans des labyrinthes gravés dans du plastique, les chercheurs ont pu déterminer le chemin le plus court d'un point à un autre.

Un cheminement qui pourrait aussi conduire à la compréhension du fonctionnement des réseaux de neurones.

C.H.

## LE TRIANGLE DES BULLES

● D'octobre à décembre, un navire de l'Ocean Drilling Programme sondera le sous-sol de l'océan Atlantique dans les parages du triangle des Bermudes, à la recherche de méthane. En effet, emprisonnées dans des failles sédimentaires, des bulles de ce gaz remonteraient à la surface. Ce qui pourrait expliquer les mystérieuses disparitions de bateaux et d'avions qui ont rendu célèbre la région.

## ARCHÉOLOGIE

# LA HACHE DE PIERRE ENFIN DÉTERRÉE



THE European

L'existence dans bon nombre de sites européens de haches de jade ne manquait pas d'intriguer les archéologues. D'où venaient-elles ? Une étude récente, effectuée par des chercheurs de l'université de Bologne, vient de résoudre l'énigme. L'attention de Claudio d'Amico et de ses collègues avait d'abord été attirée par le fait que de 70 à 90 % des haches néolithiques trouvées en Provence et dans le Nord de l'Italie étaient en jade. Restait à trouver la source du matériau, de préférence sans détruire les précieux objets. D'Amico et son équipe ont donc analysé leurs échantillons à l'aide de la diffraction des rayons X.

En comparant leur texture à celle de roches de différentes localités, ils ont montré que la jade des haches avait été extraite dans des localités situées dans les Alpes italiennes, dans la région du Piémont.

Quand on soulève  
la coiffe de la FISCHER  
on s'aperçoit tout de suite  
qu'elle est blonde.



## HISTOIRE

# L'assassin de Napoléon

**N**apoléon est bien mort empoisonné à l'arsenic : des analyses le confirment, et le coupable est désigné. Les examens, effectués par l'Institut de police scientifique et de criminologie de Lausanne, le synchrotron européen de Grenoble (ESRF) et le FBI américain sur des prélevements de cheveux de l'Empereur, le démontrent : les échantillons contiennent tous de dix à

## PREMIERS PAS DANS LE SABLE ?

● Des chercheurs ont découvert dans l'ouest de l'Australie des traces de pattes, laissées par des arthropodes il y a 420 millions d'années.

Des traces faites sur la terre ferme, ajoutent-ils, convaincus que les boulettes de sable fossilisées qui jalonnent certaines empreintes ont été fabriquées par l'un de ces arthropodes.

Un comportement qui, selon eux, n'a pu se produire qu'en dehors de l'eau. Si tel est bien le cas, cela ferait avancer la date de la "sortie de l'eau" (l'apparition des premiers animaux terrestres) de 30 millions d'années.



Photos : Decou/Apex/Réa



**L'analyse des cheveux de l'Empereur le prouve : Napoléon a été empoisonné à l'arsenic.**

seize fois plus d'arsenic que la normale. Selon le Pr René Maury, les Anglais n'y seraient pour rien : le coupable serait le comte de Montholon. Son mobile : se venger de la destitu-

tion de ses titres par Napoléon pour avoir épousé une aristocrate de mœurs légères. Autre motivation pour le couple "diabolique", selon Maury : le magot laissé par le Corse,

dont il espérait bien hériter. Pour cela, Montholon se voulait son dernier confident... et fit durer les confidences en "assassinant" son vin à l'arsenic, à doses homéopathiques, pendant quatre ans. Quant au poison, il n'eut aucun mal à se le procurer, étant chargé de la dératification de l'île. Henri-Georges Clouzot n'aurait pas renié un tel scénario.

## COSMOLOGIE

## LE PORTRAIT VIRTUEL DE L'ORIGINE DE L'UNIVERS

■ L'Univers a commencé quand il avait 300 000 ans. Tout au moins, pour nous, puisque c'est à cette époque qu'a eu lieu le premier flash de lumière encore visible aujourd'hui. Or, si l'on connaît bien le visage réel de cette première image, enregistrée par le satellite *Cobe* en 1989, personne n'a pu remonter en arrière pour expliquer comment s'est effectuée la répartition observée de la matière. Des astronomes et des informaticiens du MIT (Massachusetts Institute of Technology) ont donc

programmé les lois physiques à l'œuvre à l'origine pour tirer le premier portrait virtuel à haute résolution de cette image (ci-dessous). Des cartographies précises, réalisées depuis le sol, devraient confirmer ou non cette simulation.

J.-F.R.

**Cette simulation haute résolution des débuts de l'Univers montre de grandes inhomogénéités dans la répartition de la matière originelle.**

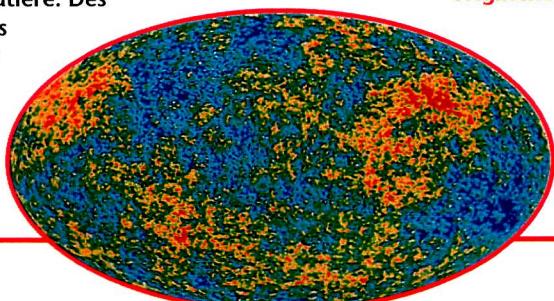


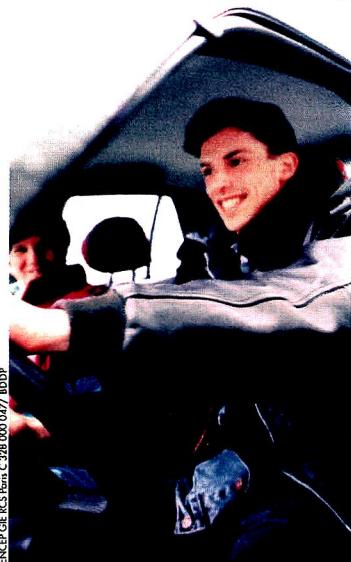
Photo X : tous droits réservés

**PRÉPAREZ  
VOTRE PERMIS**



**ET L'ACHAT DE  
VOTRE 1<sup>RE</sup> VOITURE**

## **ON PEUT ENFIN DIRE A SES PARENTS D'ATTACHER LEUR CEINTURE.**



### **LE VOLANT D'UNE MAIN...**

Ah, le doux bruit de la ceinture qui s'attache, le 1<sup>er</sup> jour de conduite !

Dès 16 ans, avec l'AAC, l'Apprentissage Anticipé de la Conduite, c'est possible d'apprendre à conduire tout en étant accompagné... d'un adulte bien sûr. De plus, grâce au Livret A Feu Vert pour la Conduite vous faites une économie de 500 F sur les cours ECF, l'Ecole de Conduite Française. Votre permis en poche, vous pourrez bénéficier d'un prêt privilégié\* pour acheter votre première voiture et le porte-clés qui va avec.



### **...LE CHEQUIER DE L'AUTRE.**

Maintenant que vous avez votre voiture, il faudrait peut-être penser à l'argent pour l'essence ! Aujourd'hui, avec les Comptes Satellis, à vous le chéquier et les Cartes Satellis ou la Carte Bleue pour régler vos dépenses quotidiennes. En plus, avec les services Phonécureuil et Télécureuil, vous pourrez toujours vérifier votre compte à distance et, grâce à votre épargne sur votre Livret A, faire de grands projets pour les vacances...

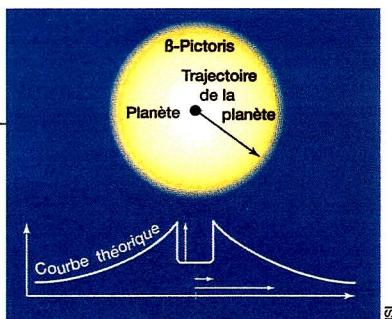
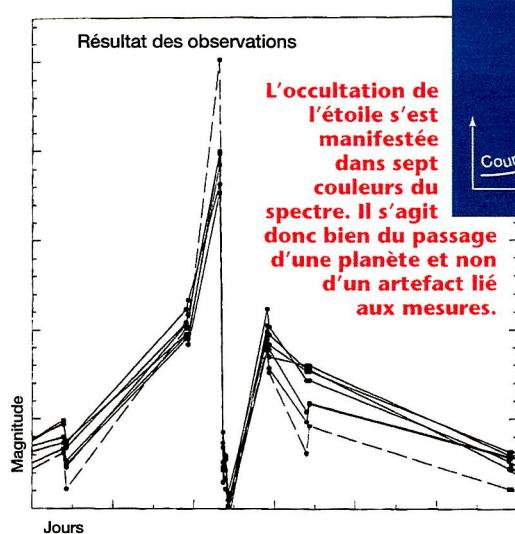


**CAISSE D'EPARGNE**

## ASTRONOMIE

Chronique de  $\beta$ -Pictoris

La planète extrasolaire qui tourne autour de l'étoile  $\beta$ -Pictoris (voir *Science & Vie* n° 429, p. 33) se porte bien. Les chercheurs de l'Institut d'astrophysique de Paris (IAP) persistent et signent dans la découverte de la trace d'une occultation de l'étoile par une planète de 1,5 fois la taille de Jupiter : «En fait, la détection de l'événement est bien plus forte que prévue, car elle a été faite dans sept couleurs du spectre lumineux, et non pas une seule, explique Alfred Vidal-Madjar, astrophysicien à l'IAP. Dans ces conditions, l'hypothèse d'un parasite ins-



une planète faisant une occultation commence par masquer la partie la moins lumineuse (bord) avant de passer devant la partie la plus claire (centre). La courbe photométrique continue donc à décroître légèrement pendant la durée de l'occultation.

Enfin, «s'il s'agit bien d'une planète, celle-ci devrait être distante de  $\beta$ -Pictoris de 3 à 10 unités astronomiques et pourrait donc avoir une période de révolution comprise entre neuf et vingt-cinq ans», précise Alain Lecavelier des Etangs, de l'IAP. Ph.H.

## VADE VELCRO SATANAS !

● Pour prévenir les prédateurs qu'elle est venimeuse, une espèce de tarentule, *Theraposa leblondi*, émet un crissement. Celui-ci est produit par un effet Velcro : lors du rapprochement de ses pattes ou de ses pédipalpes, les crochets situés au bout des soies des appendices opposés s'emmêlent. Lorsque l'araignée les sépare, cela provoque le bruit irritant bien connu. Apparemment, nous ne sommes pas les seuls que cela énerve...

trumental ou du passage d'un nuage dans le ciel est définitivement écartée.»

A cela s'ajoute une nouvelle information soutirée à la courbe de lumière de  $\beta$ -Pictoris du 10 novembre 1981. Après avoir chuté très rapidement, l'intensité

lumineuse a continué à décroître légèrement pendant quelques heures au lieu de rester stable. Les astronomes expliquent cela par le fait qu'une étoile est moins brillante sur les bords de son disque apparent qu'au centre. Donc,

## La légèreté de l'éléphant

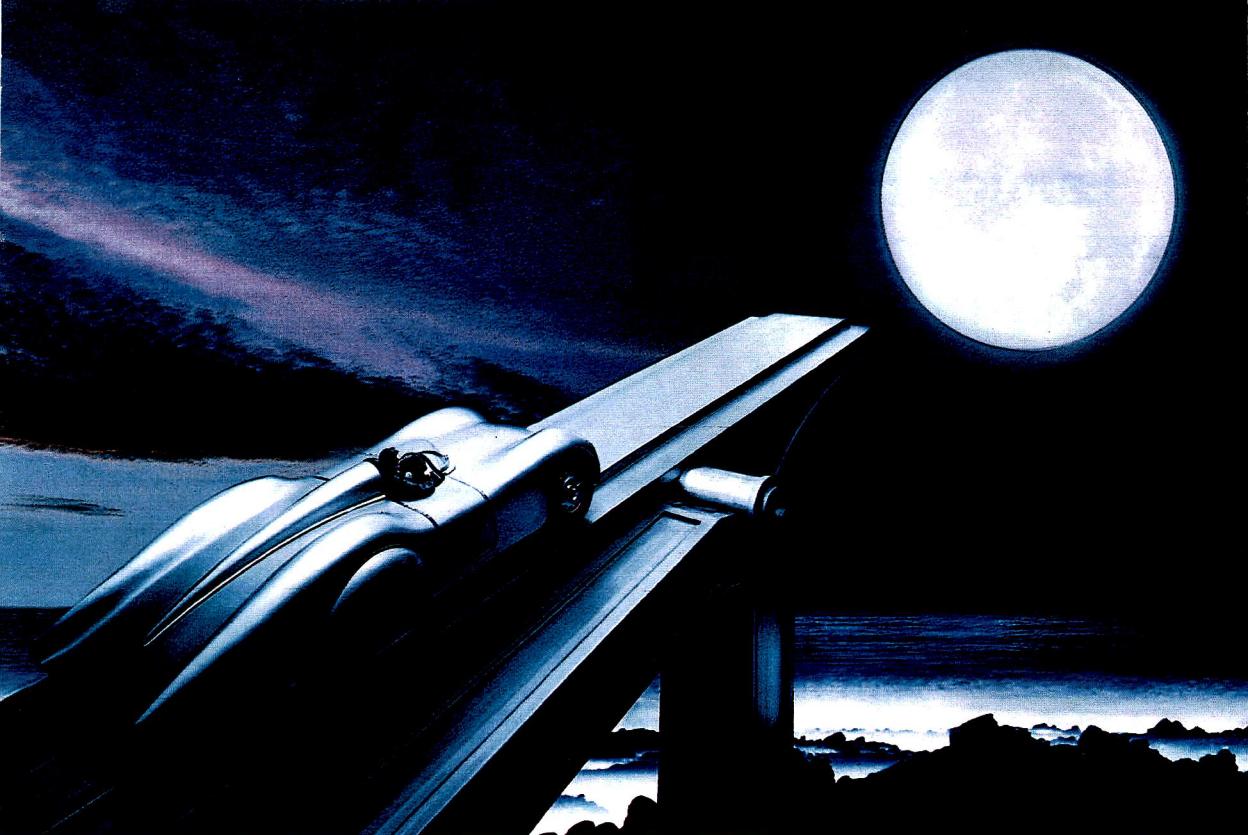
● Non, cet étrange attelage ne sera pas le moyen de locomotion écologique de l'an 2000. Cette installation a été mise au point par R. Taylor et N. Heglund, de Harvard, pour évaluer les dépenses énergétiques du plus gros animal terrestre : l'éléphant. Au repos, il consomme, toutes proportions gardées, vingt fois moins d'énergie que la souris. Grâce à une pompe reliant sa trompe à un kart de golf, les biologistes ont prélevé des échantillons de l'air rejeté par l'animal en mouvement. En mesurant la concentration en oxygène, ils ont ainsi pu calculer son rendement énergétique. La conclusion

est franche et massive : malgré la masse de ses pattes et sa pesante démarche, l'éléphant est, proportionnellement, le plus efficace de tous les animaux terrestres. E.S.



Photo X : tous droits réservés

Un éléphant, ça trompe énormément... sur les dépenses énergétiques.



RDS, affichage EL multicolore, télécommande ergonomique

# POURQUOI SE CONTENTER D'AVOIR TOUT QUAND ON PEUT AVOIR BEAUCOUP PLUS ?

DIAMANT VERT ASSISTÉ

Pourquoi se contenter d'avoir dans sa voiture un lecteur CD, un ampli tuner et 2 HP ?

Pourquoi se contenter de haut-parleurs qui grésillent à cause de l'humidité, de FM qui zappent toutes seules au fil des kilomètres, de membranes qui agonisent sous les infra-basses de vos compils techno, d'opéras remixés par les ralentisseurs de parking ? Pourquoi subir des agressions sonores, mécaniques, hertziennes ou digitales qui vous minent peu à peu jusqu'à vous saper complètement le moral dans votre auditorium monté sur pneumatiques ?

Pourquoi se contenter d'un autoradio quand on peut avoir un Pioneer ?

36 15 Pioneer 2,19 F / mn



**DEH-P815 RDS. Combiné CD-Syntoniseur haute puissance**

**NOUVEAU  
4X35W**

Partant du principe que la lecture laser permet aujourd'hui de restituer la pureté des sons dans leur intégralité et qu'il serait dommage de s'en priver,

Pioneer donne à ses automobilistes, pour la première fois dans le monde et en exclusivité, beaucoup plus de puissance avec 4 x 35W\* intégrés, plus de pureté de restitution avec l'IP BUS, plus de praticité avec une télécommande ergonomique, plus de mémoire avec le BSM 12, plus de musique avec la compatibilité multi-CD et plus d'ambiance avec le DSP en option. Plus, plus, plus...

Pourquoi se contenter de la terre quand on peut avoir la lune ?

Pioneer ou subir ?

**PIONEER®**  
The Art of Entertainment  
PIONEER SETTON S.A.



## ARCHÉOLOGIE

## La vie en Guyane au temps de Jésus



M. Mercier/Photothèque EDF

**Les découvertes faites à l'emplacement du futur barrage révèlent l'occupation des rives du Sinnamary au début de notre ère.**

ce la période coloniale. Ces sites d'habitat (trous de poteaux associés à des foyers et des fosses) ou de fabrication d'outils en pierre, fouillés sous la direction de Sylvie Jérémie et Stéphane Vacher (Association pour les fouilles archéologiques nationales), ont livré plusieurs centaines de milliers de vestiges : des céramiques, des haches de pierre polie (photo ci-contre) et autres outils taillés dans du quartz, proches des outils de silex préhistoriques (il n'y a pas de silex en Guyane). Les archéologues vont travailler en liaison avec leurs collègues des pays voisins (Brésil, Surinam, où les recherches archéologiques sont plus avancées) pour mieux cerner l'émergence et l'évolution des cultures amérindiennes.

C.C.

Trois cent onze sites d'implantation humaine ont été découverts en pleine forêt amazonienne, un milieu jugé auparavant archéologiquement pauvre, à l'emplacement du barrage EDF de Petit-

Saut. Une fouille de sauvetage de grande envergure, commencée en 1990, marque aussi le point de départ des recherches archéologiques en Guyane.

Les rives du Sinnamary

paraissent avoir été occupées par les Amérindiens de façon continue depuis le début de notre ère jusqu'en 1550, où commen-

## VIE ARTIFICIELLE

## LES RÉSEAUX NEURONAUX AGONISANTS ONT DES HALLUCINATIONS

■ Les visions lors des "états proches de la mort" ne sont pas uniquement de nature biochimique, elles peuvent aussi être mathématiques. Telle est la conclusion du physicien américain Steven Thaler, du McDonnell Douglas Institute, à Saint-Louis. Il est arrivé à ce résultat en faisant "agoniser"... son ordinateur. Depuis de nombreuses années, les scientifiques tentent de reproduire le fonctionnement du cerveau par le biais de l'informatique. Ils ont inventé les réseaux neuronaux numériques, mini-programmes (appelés neurones) connectés entre eux et

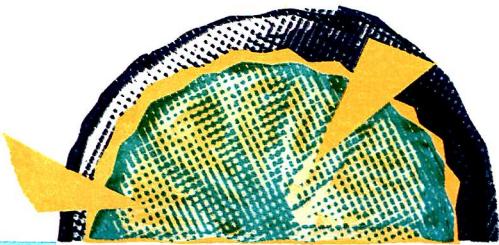
capable d'"apprentissage". Jusque-là, les neurologues s'en servaient de modèle pour simuler des lésions cérébrales (en détruisant quelques neurones). Thaler est allé plus loin : il a "tué" son réseau et recueilli ses derniers soupirs sur un autre ordinateur, branché en parallèle. Ces informations ressemblent en tout point à des hallucinations du type «je vois ma vie défiler». Thaler en déduit que son réseau approche un «état de conscience» de par l'aspect hautement «créatif» de ses hallucinations. D'autres chercheurs ne sont pas loin de penser que c'est lui qui en a. R.I.

## ÖTZI, MARCHAND DE SILEX

● C'est ce qui expliquerait, selon Alexander Binstéiner, de l'université d'Innsbrück, sa tentative de traversée des Alpes : Ötzi, la momie de 5 000 ans découverte en 1991 dans le Tyrol, aurait livré des silex (essentiellement produits au Nord de l'Italie à l'époque) jusqu'au Danemark et en Angleterre.



# MARTINI & Schweppes



RESCOUN '93

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

McCANN

## GÉNÉTIQUE

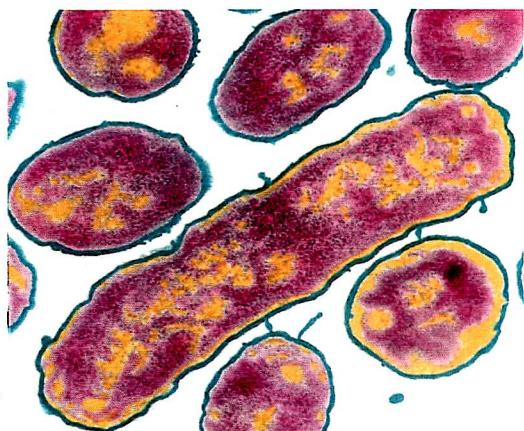
## Deux génomes complets

**C**raig Venter, un chercheur américain qui s'est déjà illustré dans la bataille pour faire breveter des gènes, a réussi une première – et même deux : le

déchiffrage des génomes complets de deux bactéries, *Haemophilus influenzae* (responsable d'otites chez les jeunes enfants) et *Mycoplasma genitalium* (un pathogène sexuellement transmissible souvent associé au sida). L'intérêt de cette prouesse technique est qu'elle concerne des organismes rudimentaires dont le patrimoine génétique se limite à 600 gènes. Il s'agirait d'un "minimum vital", dont on a réussi à identifier les fonctions pour environ les trois quarts. Cela pourrait en faire un modèle du fonctionnement d'êtres plus com-

## GRONDEMENT DE TERRE

● **Analysant les enregistrements de 30 séismes survenus depuis dix ans aux Etats-Unis, des sismologues de l'université Stanford (Californie) ont mis en évidence, juste avant le début des secousses, de faibles oscillations irrégulières. Ce "grondement" durerait d'autant plus que le séisme est puissant. Ce qui laisse penser que, parmi les modèles avancés pour expliquer le déclenchement des séismes, celui du "prégissement" est le bon. Selon ce modèle, il se produit d'abord un léger glissement des deux bords d'une faille dans une région très limitée. Il se poursuit jusqu'à ce que les deux parois accrochent : c'est le début de la secousse. Plus la faille a coulissé sur une longue distance, plus le séisme est violent. Le grondement identifié par les chercheurs américains traduirait-il le glissement précurseur ? H.G.**



CNRI

***Haemophilus influenzae* : on lit désormais dans son génome à livre ouvert.**

plexes. Rappelons cependant que le génome humain comporte quelque 50 000 à 100 000 gènes... Quant à *H. influenzae*, la moitié de ses gènes est totalement inconnue ailleurs. Ces anomalies peuvent être corrélées avec le pou-

voir pathogène de cet organisme, ce qui devrait déboucher sur la mise au point de vaccins et d'antibiotiques. Si les intérêts commerciaux ne font pas tomber les résultats obtenus sous le sceau du secret industriel...

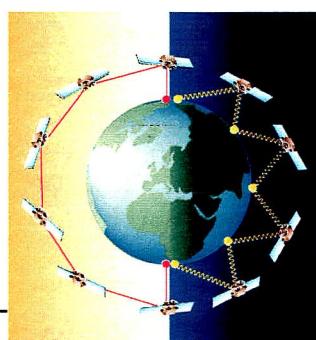
## COMMUNICATION

## LES SATELLITES PARLENT AUX SATELLITES

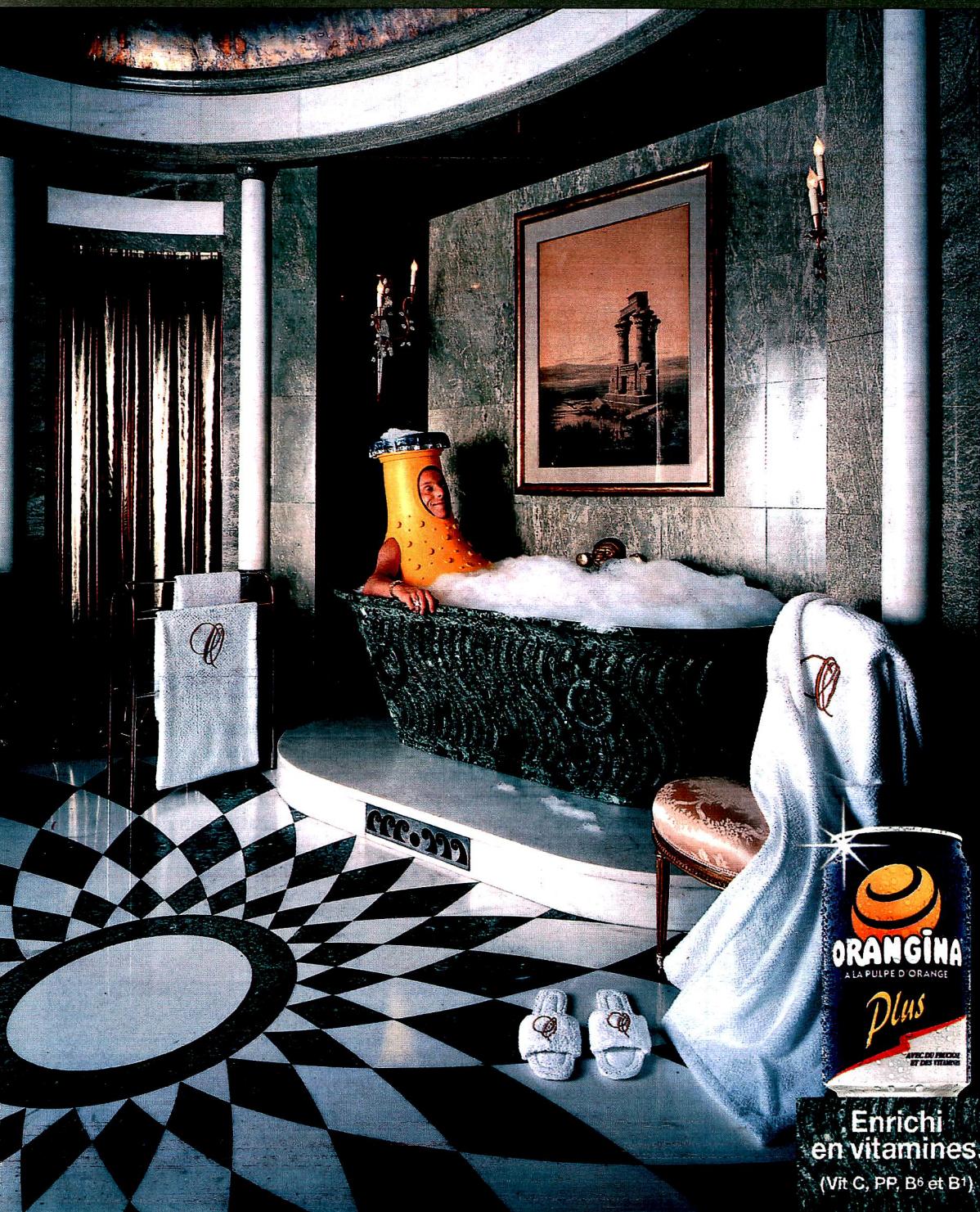
■ Pour établir une liaison intercontinentale par satellite, la communication transite par des bases radio terrestres faisant office de relais. Ce système pénalise le débit de la transmission. Un nouveau procédé de liaison intersatellite directe est à l'étude. Basé sur une transmission laser infrarouge, il permettrait à chaque satellite du réseau ainsi constitué d'entrer directement en communication avec son voisin. Il sera alors possible d'atteindre des débits de l'ordre de 1 milliard de

bits/seconde (soit 50 fois celui des réseaux actuels). De plus, la directivité du faisceau laser garantit la confidentialité de la transmission. En revanche, elle pose des problèmes de "pointage" : la moindre erreur d'orientation conduit son faisceau à passer à des kilomètres du satellite récepteur. A terme,

chaque satellite devrait être équipé de plusieurs sources laser permettant de constituer un "maillage" comparable à celui des réseaux terrestres. H.-P.P.



# Orangina *Plus* L'Orangina enrichi.



Enrichi  
en vitamines.

(Vit C, PP, B6 et B1)

## BACTÉRIES

Plantes et animaux,  
même combat

Tony Brain/SPL/Cosmos

**Les bactéries utiliseraient les mêmes moyens pour infecter plantes et animaux. A leurs yeux, une cellule végétale vaut une cellule animale.**

**A**lors que plantes et animaux constituent deux règnes distincts, les mêmes bactéries peuvent leur être pathogènes. Ainsi, comme l'a montré l'équipe de Fred Ausubel (Massachusetts General Hospital, Boston), la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* entraîne chez les plantes la sécrétion par les feuilles d'une sorte de morve suivie de putréfaction, et, chez les brûlés et autres patients ayant une déficience immunitaire, des infections.

Plus curieux encore, ce sont les mêmes gènes de la bactérie qui sont impliqués dans les deux cas. C'est ce qu'ont montré des expériences comparatives sur une plante, *Arabidopsis thaliana*, proche parente de la moutarde, et chez des souris souffrant de brûlures bénignes de la peau.

Selon les chercheurs, si les mêmes gènes bactériens peuvent causer des maladies chez des espèces aussi

éloignées dans l'évolution, c'est parce qu'ils agissent sur des mécanismes fondamentaux de la machinerie cellulaire, communs aux cellules animales et végétales, notamment ceux intervenant dans la synthèse des protéines.

Cette découverte pourrait éviter dans l'avenir de sacrifier des milliers d'animaux. En infectant des feuilles, on en apprendra tout autant sur la manière dont la bactérie s'y prend pour déclencher la maladie. Mais cela ne pourra pas remplacer l'étude de l'expression de la maladie dans l'organisme concerné ou dans un modèle proche.

P. R.

PRÉVISION  
DE SÉISMES :  
ENCORE  
PERDU !

● Au début du mois de mai, notre confrère *Herald Tribune* rapportait une prévision de Charles Sammis, directeur du département de géologie de l'université de Californie du Sud. Celui-ci annonçait pour le 9 juillet un séisme de magnitude 6,0 à 6,5 en Californie centrale, dans la région de Parkfield, où un tremblement de terre majeur est attendu de longue date. Heureusement, pas le moindre frémissement n'est venu troubler la croûte terrestre. La boule de cristal était-elle embuée ?

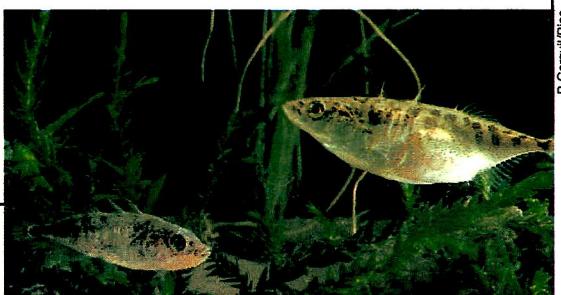
## VIE ARTIFICIELLE

NOUVELLES VICTIMES  
DU HARCÈLEMENT SEXUEL

■ Madame épinoche, petit poisson des ruisseaux, est mise à rude épreuve : elle subit environ une tentative de copulation, plus ou moins rustre, par minute. Il faut dire que la belle est plutôt difficile quant au choix de ses partenaires, car elle tient à engendrer une descendance de qualité. Monsieur, pour sa part,

vise plutôt la quantité, afin de propager ses gènes. Les nombreux mâles non élus, frustrés, profitent du moindre moment d'inattention de la dame pour, subrepticement, tenter leur chance. Elle, stoïque et non violente malgré sa plus grande taille, se contente de migrer vers des lieux plus sereins.

**Rien de plus insupportable qu'un mâle frustré, pourraient dire cette femelle épinoche (à gauche).**



P. Gargul/VEOS

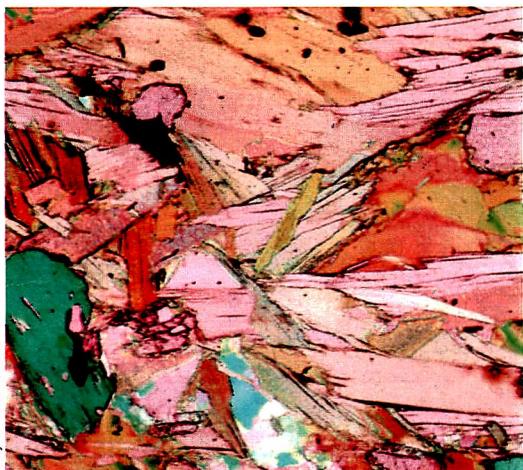
## ASTROPHYSIQUE

### La matière sombre au bout du microscope

**S**elon les astronomes, 90 % de la matière de l'Univers est invisible à nos yeux et à nos télescopes. De véritables cathédrales souterraines ont été bâties dans l'espoir de détecter une seule de ces vaporeuses particules. Pour le moment, le silence des détecteurs est désarmant. Il

granite. Selon Daniel Snowden-Ifft, les quelques WIMPs qui ont, pendant ce laps de temps, bousculé un atome de la roche auraient entraîné, par déplacement en chaîne d'électrons, une sorte de réaction chimique dont la trace serait conservée.

La technique de détec-



A. Syred/SPU/Cosmos

**Le mica garderait la trace du passage de matière sombre de l'Univers encore inconnue et indétectée.**

faut dire que ces WIMPs (*Weakly Interacting Massive Particles*) sont, comme leur nom l'indique en anglais, des particules qui interagissent très peu avec la matière ordinaire.

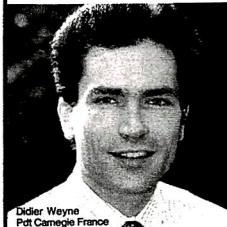
Une équipe de l'université de Californie a récemment proposé de contourner le problème en utilisant un "observatoire" datant de quelque 500 millions d'années. Il s'agit du mica, ce silicate lamellaire, un des trois composants du

tion consiste à badigeonner les surfaces du mica d'acide fluorhydrique puis de lire, à la manière d'un gramophone, les trous (de quelques nanomètres) ainsi creusés, grâce à un tout nouvel appareil, le "microscope à force atomique". Il ne reste plus qu'à le développer pour que l'astronomie résolve, peut-être, l'un de ses plus grands mystères. J.-F. R.

*Sceloporus occidentalis : un lézard fougueux et distractif.*

## CARNEGIE®

Leader mondial de la Formation continue  
Dans 30 villes en France depuis 30 ans  
Au service des entreprises et particuliers



Didier Weyne  
Pdt Carnegie France

Développez vos qualités de parole en public, mémoire, contact, relations humaines, confiance et leadership.

La méthode exclusive vous garantit des progrès solides. Vous en tirerez vraiment plus de réussite et de bien-être.

### CONFÉRENCES GRATUITES

à 19h (dates et lieux disponibles sur simple demande) à : Annecy, Bayonne, Bordeaux, Cannes, Chartres, Dijon, Grenoble, La Roche s/Yon, Le Chesnay, Lille, Lyon, Marseille, Metz, Montpellier, Mulhouse, Nantes, Nice, Rennes, Rouen, Strasbourg, Toulouse, Tours.

à PARIS : 90 Champs Elysées, m<sup>e</sup> Fr Roosevelt  
• 15h30 précises : jeu 14, lun 18, mar 19 Sept 95  
• 19h précises : jeu 14, ven 15, mar 19, mer 20 Sep



### DALE CARNEGIE® TRAINING LEADERS

Renseignements : Société Weyne 78150 Le Chesnay  
Tél (1) 39 54 61 06 - Fax (1) 39 54 81 25

## ÉTHOLOGIE

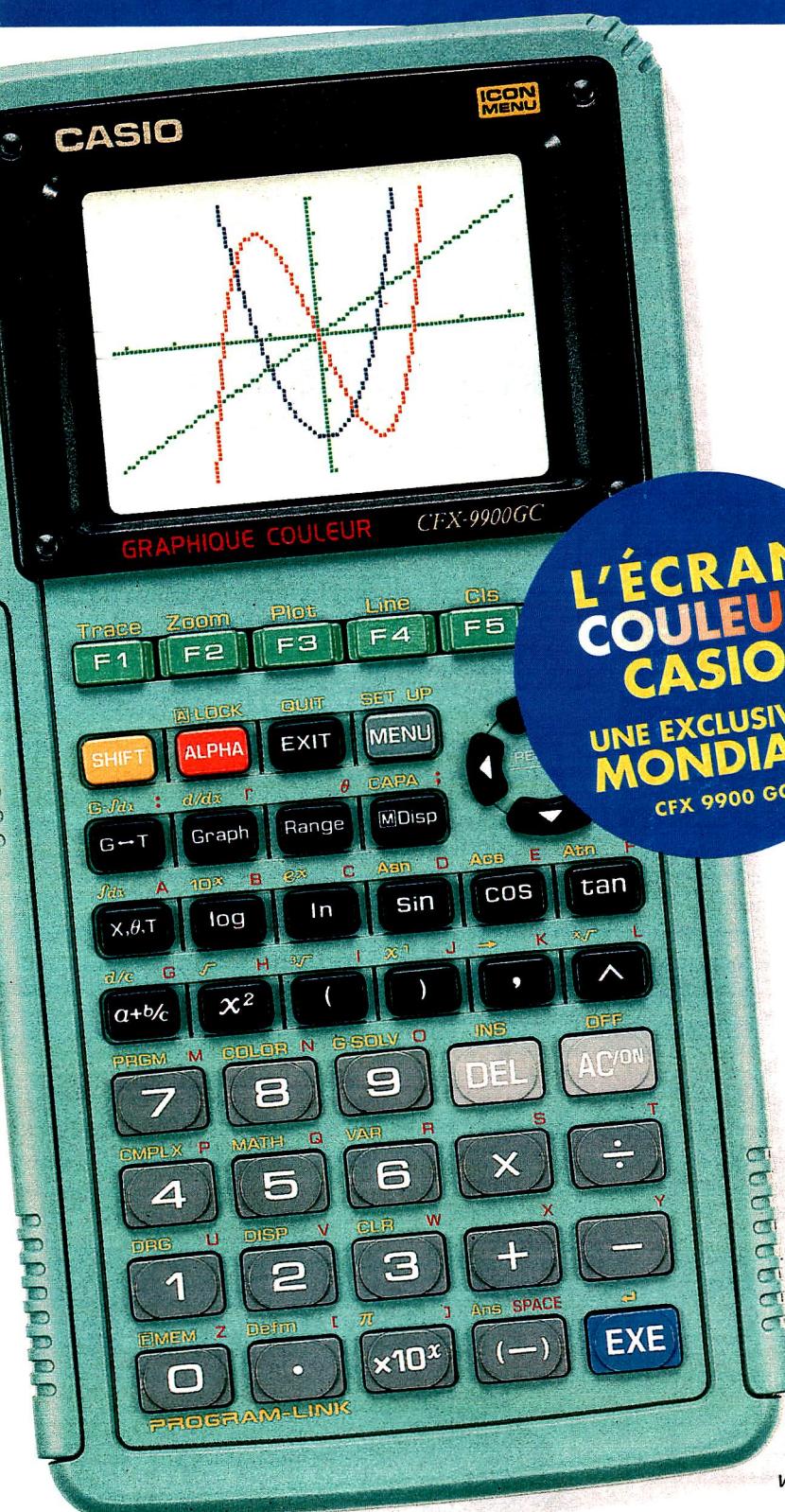
### Attention, chute de lézards

Dans l'Ouest des Etats-Unis, à l'automne, il tombe des feuilles des arbres... et, au printemps, des lézards. Notamment des mâles de l'espèce *Sceloporus occidentalis* : pas moins de 198 en deux ans, sur une surface de 39 m<sup>2</sup>. Pire : en moyenne, chaque lézard tombe six fois par an ! Dans leur fougue pour séduire les femelles, ces distractis poseraient le pied dans le vide... A moins que, en poursuivant des insectes en vol, ils ne voient pas arriver la fin de la branche ! ■

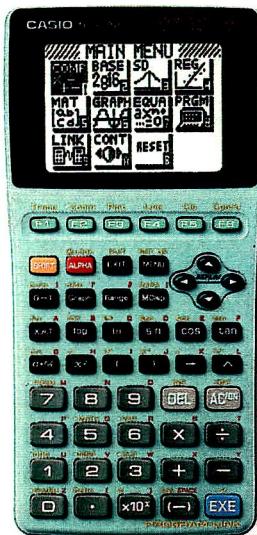
S. M. Alden



# CASIO...ÇA SAU



**FX 92 Collège II**  
Un grand classique.



**FX 7900 GC**  
La graphique avec menu à icônes, connectable : 8 k.

**CASIO**  
vous donne les moyens de réussir

# TE AUX YEUX



## FX 180 P Plus

Pour l'initiation  
à la programmation.



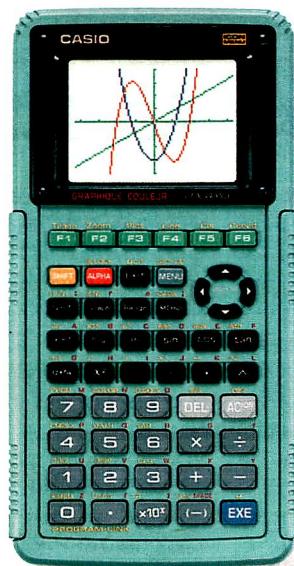
## FX 6800 G

La première graphique  
à petit prix.



## FX 6900 G

La graphique polyvalente  
avec menu à icônes.



## CFX 9900 GC

La première graphique à écran couleur  
menu à icônes, connectable : 32 k.

NIVEAU	COLLÈGE				LYCÉE			PRO. UNIVERS.
	6°	5°	4°	3°	2°	1°	T <sup>ale</sup>	
<b>FX 92 COLLÈGE II</b>								
<b>FX 180 P Plus</b>								
<b>FX 6800 G</b>								
<b>FX 6900 G</b>								
<b>FX 7900 GC</b>								
<b>CFX 9900 GC</b>								

■ Parfaite adaptation  
du modèle au niveau scolaire.

■ Peut être utilisée à ce niveau afin de  
commencer à maîtriser ce type de produit.

■ Suffisant pour ce qui peut être exigé au  
baccalauréat ou pour des études supérieures.

Calculatrices conformes aux normes d'utilisation définies par le  
Ministère de l'Éducation Nationale - Garantie 2 ans.

# environnement

dirigé par Didier Dubrana



## Les arbres de Sibérie ont trop chaud

**Dans les forêts boréales, l'étude d'arbres plusieurs fois centenaires dément les idées reçues sur le rôle de l'effet de serre dans la croissance des végétaux.**

**A**u terme d'une étude de quatre ans, deux chercheurs américains, Gordon Jacoby et Rosanne Arrigo, du Lamont-Doherty Earth Observatory, ont découvert que, « contrairement aux idées reçues, l'effet de serre ralentit la

croissance des arbres ». L'augmentation du taux de gaz carbonique dans l'atmosphère ne dopérait donc pas la croissance des plantes comme pourrait le faire croire la logique de la photosynthèse.

Ce sont les forêts de Si-

bérie, d'Alaska et du Grand Nord canadien qui ont révélé le pot aux roses. En effet, dans ces régions, la température terrestre a grimpé de 2 °C en un siècle. Les forêts boréales constituent donc un immense laboratoire naturel pour les spécialistes de l'effet de serre.

C'est en lisant dans les cernes d'épicéas vieux de 500 ans que les chercheurs ont pu apprécier la réaction des conifères au réchauffement du climat. Les troncs s'épaissent chaque année d'une couche de bois supplé-

mentaire, les cernes, témoignant de la croissance annuelle de l'arbre mais aussi de la nature du climat de la région. La largeur des cernes est d'autant plus grande que la croissance des troncs est forte.

Or, on constate qu'après de trois à quatre siècles de croissance régulière, le développement des arbres s'est soudain emballé au début du siècle, tandis que l'atmosphère se réchauffait, pour diminuer à partir des années quarante, alors que le thermomètre atmosphérique

**Dans les forêts boréales, les cernes des épicéas, de moins en moins larges, révèlent que l'effet de serre a ralenti leur croissance.**

Lamont-Doherty Earth Obs.

poursuivait son ascension.

Les scientifiques avancent pour l'instant deux hypothèses pour expliquer ce phénomène complexe. Si, dans un premier temps, l'augmentation du gaz carbonique favorise bien la croissance végétale, en revanche, l'augmentation simultanée de la température faciliterait l'évapotranspiration qui, elle, affaiblit la photosynthèse – donc la croissance de l'arbre.

Quand à la seconde hypothèse, elle suggère que le réchauffement du climat entraînerait la prolifération des insectes, qui ralentiraient la croissance des arbres en s'attaquant à l'écorce et aux racines.

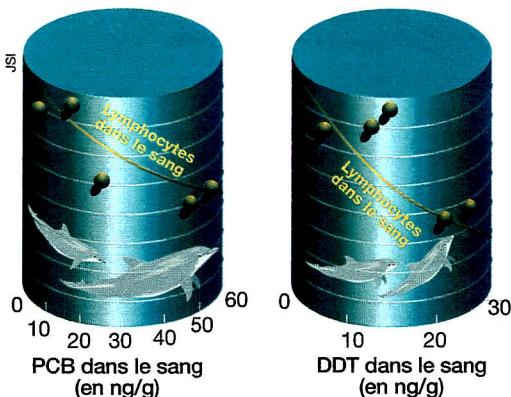
E. M.

## FAUNE

### La triste fin des dauphins

**L**a pollution chimique des mers devient sérieusement inquiétante pour les mammifères marins. En dix ans, les eaux du globe se sont transformées en véritable cimetière marin : entre 1985 et 1995, 8 000 phoques ont péri dans le lac Baïkal (Sibérie), 18 000 autres en mer du Nord, 3 000 dauphins à bosse sont morts au large des Etats-Unis, et les bélousas du Saint-Laurent (Canada) agonisent.

A chaque fois, le scénario est le même : les mammifères sont intoxiqués par



### IMMUNITÉ ET POLLUTION CHEZ LES DAUPHINS

**C**hez le dauphin *tursiops*, DDT et PCB provoquent la chute du nombre de lymphocytes, cellules clés de l'immunité.

de fortes doses de PCB et de DDT. Ces produits chimiques, de la famille des organochlorés, réduisent l'immunité (voir infographie ci-dessus) et la fertilité

des animaux.

Au départ, les poisons s'accumulent sournoisement dans les graisses (40 % de son poids). Que l'animal manque de nourriture ou qu'il soit malade, et il puise dans ces réserves d'énergie, libérant le DDT ou les PCB dans son organisme. Les jeunes non servés sont les plus vulnérables : le lait maternel est contaminé. On y a retrouvé des concentrations de PCB de l'ordre de 20 parties par million (ppm), alors que la dose maximale admissible pour l'homme est de 1 ppm. Quand on sait que ces produits ont une durée de vie de plusieurs années...

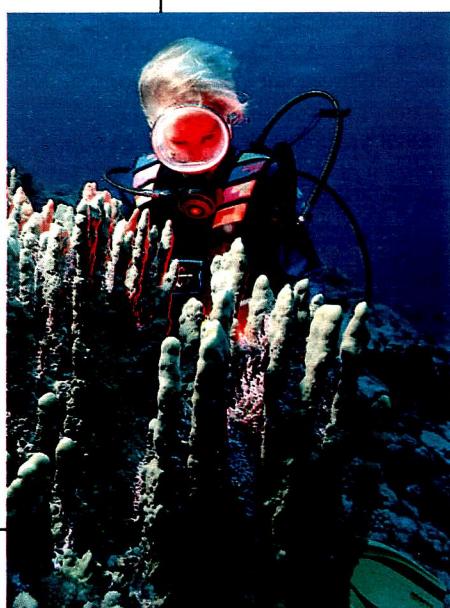
## Océanologie

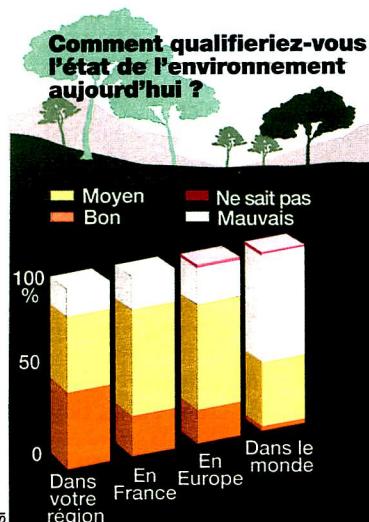
### LA GRANDE BARRIÈRE VA SE FAIRE GREFFER

**L**a Grande Barrière de corail, qui s'étend sur plus de 2 000 km le long de la côte nord-est de l'Australie, est menacée par les marées noires, les ancrets de bateaux jetées sans précaution, et les plongeurs inexpérimentés qui percutent les coraux en allant les photographier. Plus de la moitié des dommages causés en un mois aux coraux d'Aigincourt Reef, au large de Port Douglas, sont dus à cinq plongeurs armés d'appareils photos ! C'est le résultat d'une étude menée par Tony Roush, de l'université James Cook, à Townsville.

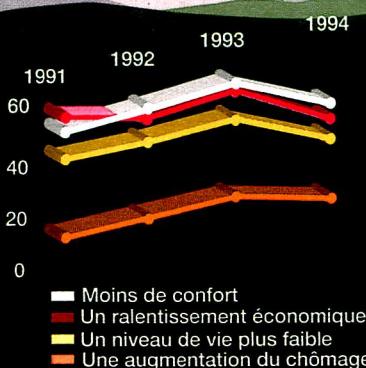
Mais l'homme n'est pas le seul responsable : le mauvais temps et les prédateurs, tels que certaines étoiles de mer, sont autant de menaces pour les coraux. Face à l'urgence, des spécialistes de biologie marine du Nord-Est de l'Australie ont décidé de greffer de jeunes "pousses" de corail sur les récifs endommagés, à l'aide de clous, de ciments spéciaux ou de résine époxy. Avec cette dernière méthode, la plus efficace, entre 71 % et 90 % des greffons sont encore en vie au bout de trois mois. Les morceaux prélevés n'excédant pas 10 cm, les coraux "donneurs" ne sont pratiquement pas abîmés. Seule l'ombre au programme, son prix : près de 2 millions de francs pour un hectare de récif.

**Principal ennemi du corail :**  
le plongeur maladroit qui abîme le récif.  
S. F.





**Pour préserver l'environnement, êtes-vous prêt à accepter :**  
(pourcentage de « oui »)



## LES FRANÇAIS : "ÉCOLOS", OUI, MAIS...

Plus c'est loin, plus c'est sale ! C'est ainsi que les Français voient l'environnement, selon une enquête de l'IFEN fin 1994. Est-ce une conséquence de ce point de vue ? Ils sont aujourd'hui moins prêts qu'en 1993 à sacrifier leur niveau de vie, leur confort ou la sécurité de leur emploi pour que le monde soit plus beau...

### FAUNE

## L'indispensable chien de prairie

Depuis le début du siècle, les éleveurs américains ont un ennemi héréditaire : le chien de prairie. En effet, cette sorte de marmotte truffe les vastes pâturages de nombreux terriers qui – croyaient les éleveurs – endommagent le tapis végétal. En un siècle, l'épannage d'appâts empoisonnés a donc tué 98 % de la population originelle de chiens de prairie.

Or, selon des études menées par les biologistes du Badlands National Park (au Sud du Dakota), ces rongeurs sont en fait la clé de voûte de la biodiversité des prairies américaines. En

tantant celles-ci, ces rongeurs stimulent la croissance de la végétation, qui attire une faune allant du plus petit insecte au bison en passant par le mulot. Dans leurs terriers nichent des "chouettes des terriers", tandis que les pluviers viennent se nourrir des restes d'herbes qu'ils broutent. Enfin, le furet à tête noire, en voie de disparition, se

nourrit tout simplement de... chiens de prairie.

Cette découverte devrait donc stopper la lutte contre une espèce considérée comme nuisible.

**36 15**  
**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.

**Longtemps considérés comme nuisibles, ces chiens de prairie sont en fait des protecteurs de leur milieu.**



## ALGUES

# RÉGIME DE FER CONTRE EFFET DE SERRE

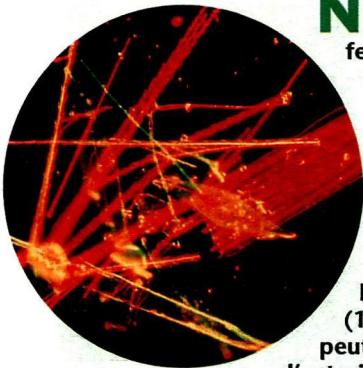
**N**ourrir les algues avec du fer, afin qu'elles se développent plus rapidement et, de ce fait, qu'elles absorbent plus de gaz carbonique dans l'atmosphère (1 tonne de fer peut permettre

d'extraire 10 000 t de CO<sub>2</sub> de l'air) : l'expérience a été tentée par l'équipe d'Andrew Watson (Plymouth Marine Laboratory) au Sud de l'océan Pacifique, entre Tahiti et les îles Galápagos.

Bilan : une incroyable croissance des algues, accompagnée d'une chute du taux de CO<sub>2</sub>. Ce résultat était un peu inespéré, car la même expérience avait été tentée sans succès il y a deux ans. Andrew Watson et ses collègues avouent ne pas savoir encore très bien pourquoi la première tentative a échoué. Sans doute les algues étaient-elles différentes. Ce succès pourrait être dû au fait qu'une seconde ration de fer a été déversée trois jours après la première.

Quoi qu'il en soit, Watson espère que ces résultats encourageront les "éco-ingénieurs" à répéter l'opération à une plus large échelle (le taux de fer est sans doute, dans la plupart des océans, un facteur limitant la croissance des algues). Mais son opinion est loin de faire l'unanimité. Certains scientifiques, redoutant les autres conséquences possibles de ce régime et déplorant qu'on s'attaque aux effets plutôt qu'à la cause, avaient même été rassurés quand la première expérience avait échoué. — S. F.

A. Syred/SPL/Cosmos



Les algues (ici, des diatomées) agissent comme une pompe à CO<sub>2</sub>.



## Utilisez

### TECHNOLOGIE

# A9

Nouvelle technologie (brevetée)



- Vous consommez moins de carburant.
- Vous réduisez la pollution de l'air.

## Choisissez

### L'huile moteur



## OU

### Le traitement moteur



Ces 2 produits sont miscibles avec les huiles de toutes marques.

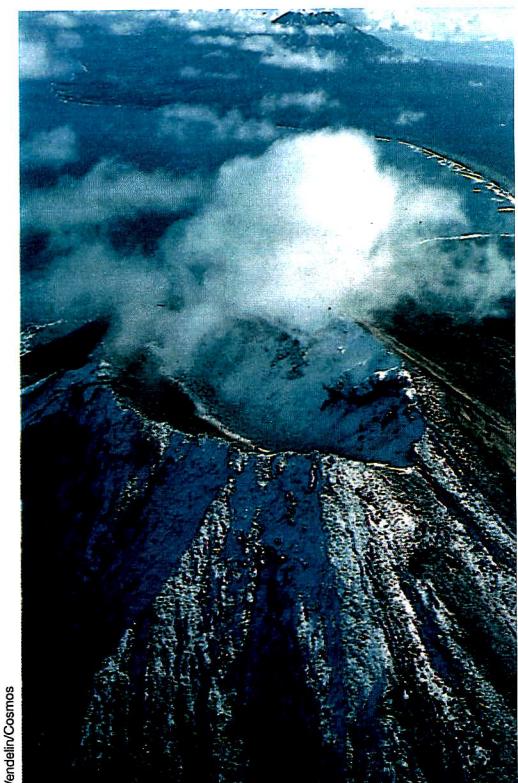
- Réduction de la pollution de l'air (diminution des rejets d'oxyde de carbone de 75% au ralenti et de 20 à 30 % en ville pour les moteurs essence).
- Réduction moyenne des rejets de fumées de 40% aux accélérations pour les moteurs diesel.

Réduction des consommations de carburant en ville et sur route (5 à 10% en ville).

D. PRODUCTION - A9 - ZI - 62440 HARNEZ

## KOURILES : INVENTAIRE AVANT COLONISATION

● Le gouvernement russe encourage les populations à aller peupler les lointaines îles Kouriles. Mais une équipe de biologistes américains espère bien arriver avant la "colonisation", afin de recenser toutes les espèces vivantes encore inconnues qui peuplent les 56 îles. Les Kouriles s'étendent sur 1 200 kilomètres dans l'océan Pacifique, dans une région où l'activité volcanique est très importante (pas moins de 35 volcans en activité). Avec un climat quasi arctique au niveau de la péninsule Kamtchatka et presque subtropical à la hauteur du Japon, elles offrent une biodiversité extrêmement riche. Pendant le seul été 1994, l'équipe du professeur Ted Pietsch (université de Washington, Seattle) y a déjà recensé quarante espèces jusque-là inconnues (araignées, serpents, poissons...). S. F.



Vendelin/Cosmos



M. Edwards/Sill Pictures

### ÉPIDÉMIOLOGIE

## Le café tue les Indiens

■ Ont collaboré à cette rubrique : Sonia Feertchak, Emmanuelle Muller et Thierry Pilorge.

Quarante pour cent des tribus d'Indiens suruis vivant dans le Rondonia (à l'Ouest du Brésil) sont infectées par un champignon mortel, parasite des cultures intensives de café. *Paracoccidioides brasiliensis* s'attaque à la peau et aux poumons. Cette mycose provoque une infection généralisée pouvant entraîner une méningite.

Ce champignon unicellulaire vit dans le sol des plantations de café. Or, depuis les années quatre-vingts, ce sont les Suruis qui assurent l'entretien de ces exploitations, suite au départ des colons blancs. Ils ont abandonné leurs cultures traditionnelles et se trouvent frappés par la chute du cours du café. L'épidémie vient donc accélérer l'agonie de ce peuple,

**Les Suruis sont décimés par une mycose mortelle provoquée par un parasite du café.**

déjà bien amorcée avec la disparition de son environnement naturel, la forêt tropicale.

## RÉCOMPENSE

### La femme qui a vu le bec-en-sabot

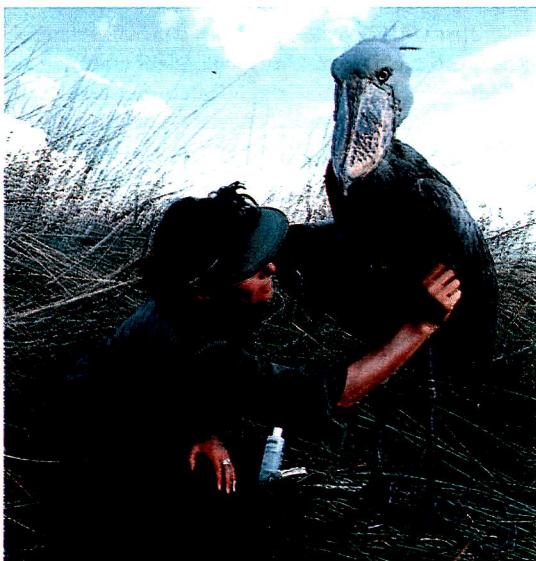
**L**e prix Média Environnement 1994, catégorie "photographes de presse", a été attribué le 22 mai dernier à Geneviève Renson «pour la qualité technique de son œuvre et de ses recherches sur les animaux en voie de disparition». Geneviève Renson va là où les autres ne vont pas. Elle fait partie de ces naturalistes, devenus fort rares, qui osent passer six mois d'affilée au milieu des marécages pour photographier les parades nuptiales et les accouplements du bec-en-sabot, cette étrange cigogne dont on ne sait pratiquement rien. «Avant tout, mon souci est de témoigner de leur existence

[des animaux les plus rares], de leur vulnérabilité, et de pouvoir contribuer à une meilleure connaissance de leur biologie, explique-t-elle. Quand j'entends dire que ce primate est dangereux, j'essaie de parler plutôt de sa timidité. Si le milieu n'est pas toujours hospitalier, je m'efforce alors de faire état de sa biodiversité et d'insister sur l'urgence de sa préservation.»

Au bout du compte – et de l'objectif –, des reportages sur l'antilope bongo, le mandrill, l'okapi et son cher bec-en-sabot, publiés dans la grande presse : le *Figaro magazine*, *Grands Reportages*, *Terre sauvage*, *l'Express...* et, bien sûr, *Science & Vie*. Avec pour seule richesse son entêtement à aller au bout de ses projets.

T. P.

**La photographe**  
Geneviève Renson a passé six mois en tête-à-tête avec le bec-en-sabot.



G. Renson

# 3617 AUTOSELECT

## Achat/ Vente d'AUTOMobiles SELECTionnées

Plus de 1000  
véhicules  
Plus de 100  
concessionnaires

COLLECTIONNEZ  
LE SAVOIR  
AVEC  
LES RELIURES  
SCIENCE & VIE

BON DE COMMANDE

à compléter et à retourner païement joint à SCIENCE & VIE  
1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 PARIS cedex 15

OUI, je souhaite recevoir \_\_\_\_\_ lots de 2 reliures (\*) SCIENCE & VIE au prix de 95 F francs - Etranger : 100 F \*\*

\* Je joins la somme de \_\_\_\_\_ F par chèque, CCP ou mandat à l'ordre de SCIENCE & VIE-Bred

NOM \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_ VILLE \_\_\_\_\_

(\*) Chaque reliure est conçue pour classer 6 numéros. (\*\*) Dans la limite des stocks disponibles

OFFRE VALABLE JUSQU'AU 31/12/95

RC Paris B 572 134 773

# ACTUALITÉ technologie

dirigé par Gérard Morice



En main libre,  
l'écouteur de ce  
téléphone futuriste  
se porte à l'oreille :  
une liaison courte  
portée transmet la  
communication.

Photos X: tous droits réservés

## Orbitor, le langage de demain

D'une ergonomie totalement nouvelle, ce radiotéléphone GSM "main libre" est également capable de transmettre des messages manuscrits ou dactylographiés grâce à l'écran – comparable à celui des Notebooks – qui surmonte son clavier.

Le centre de recherche canadien Recherches Bell-Northern (BRN) s'est penché sur ce que pourrait être l'outil idéal de communication

de demain. Après avoir passé au crible les vices ou inconforts d'utilisation tant des radiotéléphones que des radio-messageries ("pagers"), BRN propose un concept rassemblant dans un même boîtier, plus petit qu'un paquet de cigarettes, un outil de communication qui réalise la symbiose de ces deux produits tout en améliorant leur confort d'emploi. Les fonctions radiotéléphone et radio-messagerie ont été totalement repensées.

Le radiotéléphone, qui utilise la norme GSM, est devenu "main libre". L'écouteur peut être déta-



ché du boîtier pour se porter directement sur l'oreille. Une liaison radio auxiliaire de très courte portée, assure la transmission au boîtier ; le micro étant suffisamment sensible pour que la conversation soit perçue dans de bonnes conditions même si l'appareil est posé sur une table. L'utilisateur a ainsi les mains entièrement libérées pour prendre des notes ou feuilleter un document.

Le radio-messager, pour sa part, devient bidirectionnel. Si, comme sur un "pager" conventionnel, des messages s'affichent sur son écran à cristaux liquides, il est aussi en mesure d'en transmettre. A l'aide d'un stylet, il est possible d'écrire un court message sur l'écran puis de l'expédier. La note peut être manuscrite – elle arrive alors sur l'appareil du correspondant sous la même forme –, ou extraite d'une "bibliothèque de messages" pré-programmée du type « J'arrive dans cinq minutes » ou « O.K., message bien reçu ».

Certes, si Orbitor n'est encore qu'à l'état de prototype, son ergonomie est particulièrement séduisante et il fera peut-être partie des objets de notre vie quotidienne dans les années à venir. H.-P.P.

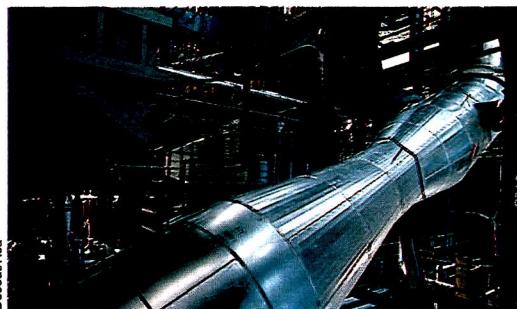
**36 15  
SCV**

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

## CENTRALES

# Retour au charbon

Decou/Réa



**Une centrale thermique propre... avec la redécouverte de la technologie du lit fluidisé.**

(LFC) qui transforme, on le redécouvre aujourd'hui, le charbon en énergie propre. La vieille chaudière de 250 mW de la centrale provençale a été rempla-

cée par une installation qui permettra de diviser par dix les rejets d'oxyde de soufre, de réduire de moitié les émissions d'oxyde d'azote et d'amener le taux de dépoussiérage à 99,9 % – comme l'exigent depuis 1990 les normes européennes pour l'environnement.

Le site de Gardanne préfigure cette nouvelle génération de centrales thermiques de puissance élevée (250 mW pour la tranche actuelle, 600 mW pour la prochaine) qui auront l'avantage de pouvoir brûler du charbon de mauvaise qualité tout en préservant l'environnement... La mise en service industrielle de la centrale LFC de Gardanne est prévue pour la fin de 1995.

## ENERGIE

# LA "CUEILLETTE" DU MÉTHANE

**L**es poches de méthane qui se créent dans le sous-sol lors de la décomposition des végétaux enfouis sont néfastes pour les cultures.

Pourquoi ne pas récupérer ce gaz utilisable comme combustible ? C'est ce qui a été réalisé dans le New Jersey. Plus de cent tubes d'une longueur de 30 m pompent en permanence le méthane. Un vide partiel est pratiqué dans ces tubes de manière à obtenir un bon effet de pompage. Mais toute la difficulté du procédé réside dans le contrôle de cette dépression. En effet, si le vide est trop poussé, de l'oxygène de l'air ambiant risque de se mélanger au méthane, constituant alors un mélange détonant. Après extraction, le gaz, débarrassé de sa vapeur d'eau et des éventuels autres gaz, est exploité comme tout gaz de chauffage.



**Rien ne se perd. Le méthane issu de la décomposition des végétaux est pompé pour servir de combustible.**

J. Leyse/SABA/Réa

## AÉRONAUTIQUE

## RECORD DE VITESSE POUR LE BOEING 777

**N**euf heures et deux minutes : le Boeing 777 vient d'établir un nouveau record de vitesse au cours d'un vol reliant Seattle à Paris, au moment du Salon du Bourget. L'appareil a décollé à 1 h 54, heure de Paris, le dimanche 11 juin et a parcouru 8 278 kilomètres sans escale pour atterrir au Bourget à 10 h 56.



## INFORMATIQUE

## Une mémoire d'éléphant rapide comme un lièvre



Photo X : tous droits réservés

**L**'association d'IBM Corporation, de Siemens A.G. et de Toshiba a porté ses fruits. De cette recherche est née la plus petite mémoire de type D-Ram de 256 mégabits, soit une capacité de stockage équivalente à 16 000 pages dactylographiées. C'est la première mémoire d'une telle capacité à être réellement au point. D'une superficie de 286 mm<sup>2</sup> seulement (photo ci-contre), elle est également la mémoire la plus rapide, avec un temps d'accès aux données de 26 nanosecondes contre plus du double pour ses concurrents.

Grâce à l'association capacité-temps d'accès, ce nouveau composant permet de répondre à l'attente des constructeurs de micro-ordinateurs, ou de stations de travail, nouvelle génération particulièrement gourmande en mémoire.

H.-P. P.

## UN MICROSCOPE ACOUSTIQUE POUR CONTRÔLER LES CENTRALES NUCLÉAIRES

- C'est une première mondiale : des chercheurs du laboratoire d'analyse des interfaces et de nanophysique (unité associée CNRS-université Montpellier 2) viennent, en collaboration avec EDF, de créer un microscope acoustique apte à détecter l'usure des matériaux irradiés ou la porosité du combustible. Une première mesure vient d'être effectuée dans la centrale nucléaire de Chinon. Ces contrôles ont une importance considérable puisqu'ils aident à évaluer la durée de vie des centrales. Le microscope acoustique est constitué de deux parties. La première, le capteur acoustique, fonctionne en milieu irradié. La seconde, à l'extérieur, reçoit les signaux émis par le capteur. Suivant le capteur, le microscope fonctionne à des fréquences de 15 ou 50 mégahertz, et même, récemment, 0,5 et 1 gigahertz, ce qui correspond à des résolutions allant de la fraction de millimètre au micromètre.



# NOUS AVONS TOUT POUR VOUS DONNER DE L'ÉLAN, VOUS N'AVEZ PLUS QU'À VOUS LANCER.

Vous avez entre 18 et 25 ans, l'âge des premiers grands projets et des premières grandes décisions à prendre...

C'est pourquoi, en plus d'un accès à tous nos produits et services, nous vous proposons :

- une **Carte Bleue à demi-tarif**;
- "Déclic Seuil" pour mettre de l'argent de côté sans y penser;
- des **prêts étudiants à taux préférentiels ou "Expresso"**, le prêt pour lequel vous obtenez une réponse immédiate...

A la Société Générale, nous avons pensé à tout pour vous donner de l'élan.

Alors avant de vous lancer, venez vite faire connaissance avec le conseiller "Jeunes" de l'agence Société Générale la plus proche de chez vous.

Il est chaque jour à votre disposition pour vous guider et vous faire découvrir comment la Société Générale en fait plus pour les 18/25 ans.



CONJUGUONS NOS TALENTS.

## MATÉRIAU

## Un concurrent pour le diamant

■ Un revêtement presque aussi dur que le diamant vient d'être mis au point par des chercheurs américains. Il s'agit de nitrate de carbone pur (CN). Le problème que pose ce matériau – qui n'est pas nouveau –, est d'être métastable. C'est-à-dire de n'être stable qu'à l'état gazeux – sous forme cristalline, il se décompose spontanément. L'astuce des chercheurs a donc consisté à lui préserver sa stabilité en le piégeant dans des cristaux de nitrate de titane (TiN). Ils ont ainsi pu réaliser un "film" de quelques micromètres d'épaisseur dont la dureté équivaut à celle des diamants les plus "mous". Il est possible de le déposer sur des métaux et sur du silicium. L'industrie mécanique, est intéressée, mais aussi l'électronique : sa conductibilité thermique étant proche de celle du diamant, il pourrait devenir un substrat de choix pour la réalisation des puces.

H.-P.P.

## MOTEURS

## Des 250 tonnes propulsés comme des tramways

Dans l'Etat américain du Nevada, on creuse encore la terre à la recherche du "métal précieux". Mais ces chercheurs d'or ont remplacé le pic et la pelle par des excavatrices et des camions. Des poids lourds de 250 t évacuent ainsi jour et nuit les déblais de la Barricks Goldstrike, mine près d'Elko, une ville sur la rivière Humboldt.

Ces "monstres", propulsés normalement par des moteurs diesel, peuvent se connecter à des caténaires, comme un tramway, et s'alimenter ainsi en électricité. Une commande électronique installée dans le véhicule assure le passage



Photo X : tous droits réservés

automatique du diesel au trolley. L'économie de carburant peut atteindre 30 %. Et le cycle de rotation des transporteurs s'accélère, les camions roulant presque deux fois plus vite sur les étapes à alimen-

Tantôt camions, tantôt tramways, ces monstres exploitent les possibilités propres à chaque type de propulsion.

tation électrique que lorsqu'ils sont entraînés par leur lourd moteur diesel.

## ÉLECTRONIQUE

## UNE CARTE 8 000 FOIS PLUS PUISSANTE



Photo X : tous droits réservés

L'expérience qui a permis de mettre en évidence la puissance de cette carte fut la reconnaissance de lettres "noyées" dans des parasites.

Le groupe allemand Siemens-Nixdorf vient de présenter une carte électronique qui, associée à un ordinateur type PC, lui confère une puissance de calcul 8 000 fois supérieure à celui d'une station de travail sous Unix. C'est grâce à un traitement parallèle très poussé des informations que cette carte acquiert toute sa puissance (architecture massivement parallèle).

Huit processeurs, exploitant des algorithmes de type logique neuronale, travaillent conjointement et peuvent réaliser jusqu'à 3,2 milliards d'opérations par seconde. De même, une unité de calcul plus conventionnelle, d'une puissance de 100 Mips (100 millions d'opérations par seconde sur des nombres entiers) est utilisée pour les traitements "classiques". Au total, grâce à cette association, une heure de travail sur Synapse 1 correspond à environ 1 000 jours de calculs sur une station de travail conventionnelle. Une performance qui a valu à Synapse 1 de recevoir de la part du ministère allemand de l'Economie le prix de l'Innovation économique 1994.

H.-P. P.

■ Ont collaboré à cette rubrique : Sylvie Morice, Henri-Pierre Penel et Philippe Richard.

Rien n'est devenu  
aussi complexe que ceci.



Rien n'a plus évolué  
pour son entretien que cela.



CALLEGARI BERVILLE

Plus la mécanique devient complexe, plus l'entretien d'un moteur s'avère délicat. Voilà pourquoi les huiles Antar Isofluide contiennent des additifs spécifiques. Les détergents nettoient et évitent l'encrassement des pièces. Les dispersants retiennent suies et saletés et les maintiennent en suspension pour empêcher leur dépôt. Quant aux anti-corrosion, ils luttent contre la rouille et l'attaque de produits acides formés par le moteur. Avec Antar on pourrait même dire que le meilleur moyen d'entretenir son moteur, c'est de le faire tourner.

**CE QUE VOUS EXIGEZ D'UNE VOITURE,  
EXIGEZ-LE D'ANTAR.**

**ANTAR**  
LUBRIFIANTS

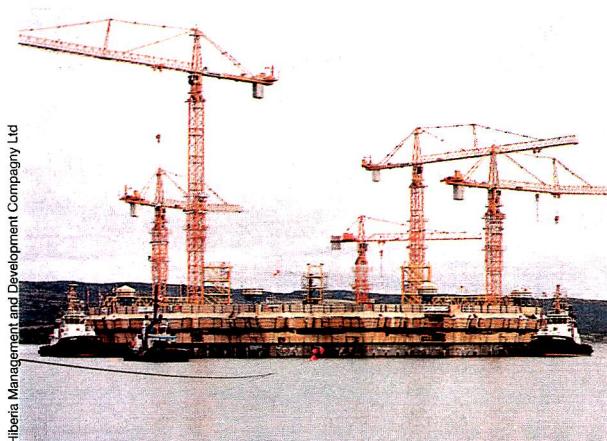
## PÉTROLE

La plate-forme  
brise-glace

**D**écouverte au début des années quatre-vingts, le champ de pétrole d'Hibernia est situé à 315 km de St-John's (Terre-Neuve) par 80 m d'eau. Ses réserves sont estimées à 2 milliards de barils de pétrole brut et on prévoit d'en récupérer 615 millions. La durée de production, estimée à 125 000 barils/jour, serait de dix-neuf années. Pour exploiter les deux réservoirs, situés à 3 700 et 2 400 m de profondeur, un consortium regroupant notamment Mobil Oil Canada, Chevron Canada

Resources et le gouvernement canadien, a décidé de construire un monstre d'acier et de béton qui mesure 111 m de haut et pèse 1,27 million de tonnes. Coût de cette plate-forme : 21,5 milliards de francs environ.

Quelque 6 000 personnes travailleront à sa construction. En février dernier, les différents modules ont été assemblés et, en juillet 1996, on procédera à l'assemblage du système de production. La plate-forme sera ensuite remorquée jusqu'au champ de pétrole et la pro-



Hibernia Management and Development Company Ltd  
**Une fois l'assemblage terminé, cette gigantesque plate-forme résistera à l'assaut des icebergs.**

duction devrait commencer en 1997. Pour éviter le sort du Titanic, qui coula ici-même en 1912, les spécialistes ont retenu une plate-forme à structure dite

"embase-poids" qui a déjà fait ses preuves en mer du Nord. Elle a en effet été étudiée pour résister aux assauts d'icebergs de petite taille qui présentent le plus de danger, car ils se déplacent beaucoup plus vite que leurs grands frères.

Pour construire la nouvelle plate-forme géante, on aura utilisé environ 9 000 tonnes de structures métalliques, soit 3 000 tonnes de plus que la tour Eiffel ! Au total, cette structure pèsera 580 000 tonnes.

Ph.R.

## RÉNOVATION

## PEAU NEUVE POUR LES AVIONS

■ Cette impressionnante machine permet de débarrasser les avions de leurs vieilles peintures, avant de leur donner un "coup de jeune". Le Flashjet, c'est son nom, est un système breveté de Mac Donnell Douglas qui agit grâce à une combinaison d'énergie lumineuse pulsée et de granulés de neige carbonique. Aucune autre substance n'étant utilisée, Flashjet est plus sûr et moins cher que d'autres méthodes plus conventionnelles qui font appel à des produits chimiques. Adapté à toutes les surfaces aéronautiques, y compris les matériaux

composites et l'aluminium ultra-mince, le nouveau système de Mac Donnell Douglas a déjà été acquis par l'US Air Force. S.M.

**Energie lumineuse et neige carbonique remplacent les produits chimiques dans ce décapeur.**



Photo X : tous droits réservés

UN  
TÉLÉPHONE  
QUI ÉCOUTE

● Ce dispositif, réalisé par le centre de recherches canadien BNR, est fondé sur l'identification de 40 phonèmes et dispose d'une base de données de 15 000 mots. Un centre assure leur reconnaissance. Mis en place près d'Ottawa il préfigure, peut-être, ce que seront les standards d'entreprise.



55 900F

DIRECTION  
ASSISTÉE

## Pourquoi voir petit quand on peut voir grand ?

DAEWOO vous propose une grande voiture super équipée pour le prix d'une petite.

**Maxi Espace** 5 vraies places, un grand coffre, 3, 4 ou 5 portes, il y a toujours une NEXIA qui correspond à vos besoins. **Maxi Equipement** La NEXIA GL à 55 900 F\* vous offre un maxi équipement de série : la direction assistée, radio K7 4 HP, vitres

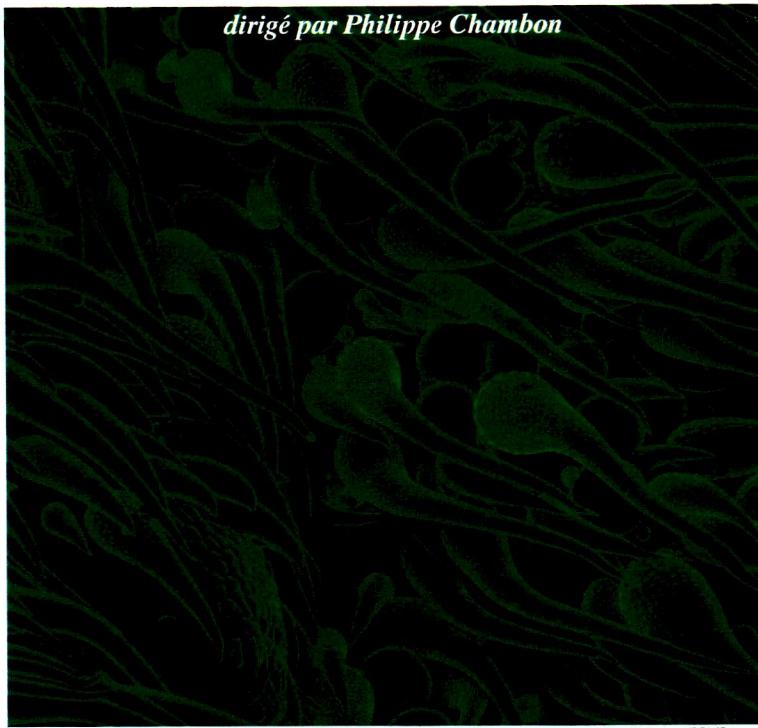
**GARANTIE  
3 ANS  
ASSISTANCE:** teintées, compte-tours, essuie-glace arrière (3 et 5 portes), barres de renfort latérales... **Maxi Garantie** La garantie DAEWOO, 3 ans\*\* avec une assistance gratuite 24H/24 dans toute l'Europe (déjà plus de 500 concessionnaires DAEWOO), est assurée par un réseau en pleine expansion. **Maxi Baisse d'Assurance** Toutes les DAEWOO bénéficient d'un double avantage pour les assureurs : une protection maximale antivol classée 7 clés SRA grâce à l'anti-démarrage électronique de série et des pièces de rechange à des prix très compétitifs, avantageux en cas de réparation suite à un sinistre. Pour l'assurance aussi, DAEWOO, ça vous change la vie !



**DAEWOO**  
ÇA VOUS CHANGE LA VIE

Pour connaître  
votre concessionnaire :  
(1) 48 63 16 58  
36.15 DAEWOO  
2.19 F. la minute

dirigé par Philippe Chambon



D. Scharf/SPL/Cosmos

La molécule euphorisante contenue dans les feuilles de *Cannabis sativa* (ci-contre, une feuille adulte grossie 71 fois) possède des vertus thérapeutiques.

## La santé par le "hach"

Efficace contre les nausées, la migraine, les convulsions, le manque d'appétit... A quand le "hach" sur ordonnance ?

L'American Medical Association, la plus puissante des associations de médecins, demande la légalisation de l'usage médical du chanvre indien. Les membres de l'association rappellent que c'est

un médicament particulièrement sûr, bien moins dangereux que les hypnotiques et autres calmants officiellement agréés et largement diffusés.

Le cannabis a démontré son efficacité dans le traitement des nausées consécutives aux chimiothérapies du cancer et sa capacité à réduire la pression intraoculaire du glaucome. C'est un anticonvulsivant, un relaxant des muscles, et un stimulant de l'appétit très utile aux malades du sida. Certains patients l'utilisent contre la migraine. Des prescriptions thérapeutiques qui restent parfaitement hors la loi.

### La thérapie génique dix fois moins cher

● Mieux et moins cher, voilà ce que propose la société japonaise Takara Shuzo. Jusqu'ici, les thérapies géniques, qui visent à planter des gènes dans les cellules sanguines pour modifier le génome de certaines maladies, n'atteignent leur but, à grands frais, que dans de 0,3 à 3 % des cas. Mais Takara et ses associés américains réussiraient à injecter des gènes directement dans la moelle osseuse, au cœur des cellules qui produisent les cellules sanguines, avec un taux de réussite de 100 % – le tout pour le dixième du prix habituel ! Si l'annonce est vraie (elle doit encore passer l'épreuve des essais cliniques aux Etats-Unis), les thérapies géniques devraient progresser plus vite que prévu.

## VIROLOGIE

# Hépatites : la liste s'allonge

On connaît les hépatites A, B, C, D et E, chacune correspondant à un virus différent. On découvre aujourd'hui les virus GBV, dont trois variétés viennent d'être décrites par des chercheurs américains.

La transmission de ces virus se fait par voie parentérale (essentiellement par le sang). Ils semblent assez répandus et pourraient être responsables d'hépatites chroniques. Sont-ils les agents de la maladie, ou n'interviennent-ils que comme cofacteurs ? Il est encore trop tôt pour répondre. La nécessité d'un dépistage systématique chez les donneurs de sang est à l'étude.

## 15 DOLLARS POUR UNE TRANCHE DE FOIE HUMAIN

Des orteils, des yeux, des testicules, des thyroïdes, des cordons ombilicaux, des utérus, des poumons... 75 organes et tissus humains sont commercialisés par l'International Institute for the Advancement of Medicine (IIAM) à Leicester (Angleterre). Cette organisation, prétendument dépourvue de but lucratif, propose un vaste choix de donneurs de tous âges et origines. Les hôpitaux fournissent la matière première, l'IIAM trouve des clients du côté des laboratoires de recherche. En ce moment, l'IIAM casse les prix sur le foie : de 70 à 120 F la tranche.

Des mauvais esprits mettent en doute le caractère désintéressé de l'entreprise, qui a cependant une obligation éthique : ne pas rémunérer les donneurs ou leur famille.

# 36 15 SCV

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

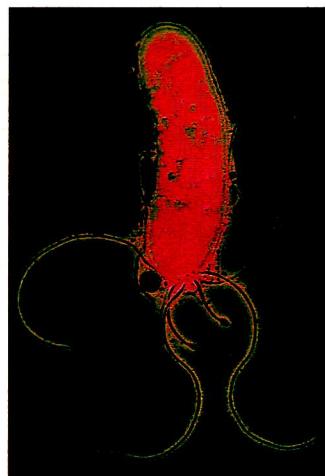
## IMMUNOLOGIE

# UN VACCIN CONTRE L'ULCÈRE

**N**ouvelle théorie concernant l'ulcère de l'estomac : il serait dû à une infection par la bactérie *Helicobacter pylori*, également responsable de gastrites chroniques et de cancers de l'estomac.

Nouveau traitement (efficace) : les antibiotiques. Nouvelle prophylaxie : le vaccin que met au point l'équipe d'Agnès Labigne à l'Institut Pasteur.

Composé de certaines protéines caractéristiques d'*Helicobacter pylori*, il offrirait une protection efficace à plus de 70 %, et il permettrait aussi de soigner les personnes infectées.



La bactérie *Helicobacter pylori* favoriserait l'apparition d'ulcères et de cancers de l'estomac.

P. Hawtin/SPL/Cosmos

## CANCÉROLOGIE

# Le protecteur de la moelle

**L**es médicaments efficaces contre le cancer détruisent les cellules qui se divisent, ce qui est le cas des cellules cancéreuses. Malheureusement, c'est aussi celui des cellules souches de la moelle osseuse, qui sont à l'origine du renouvellement permanent des cellules sanguines et des plaquettes essentielles à la coagulation. Conséquence de certaines chimiothérapies : la destruction de la moelle osseuse, au point qu'il faut parfois recourir à

la transplantation, opération délicate et risquée.

La solution viendra peut-être des travaux de l'équipe de Mark Edwards, de la firme British Biotech (Oxford). Ces chercheurs anglais ont

mis au point une molécule protectrice (SCP) des cellules souches qui les empêche de se diviser, les protégeant ainsi des médicaments anticancéreux. Le SCP pourrait aussi trouver une application dans le traitement de certaines leucémies.



La molécule SCP permet de protéger la moelle osseuse des cancéreux traités par chimiothérapie.

Prenez 26 os, 33 muscles et

plus de 100 ligaments, raccordez le tout

avec des centaines et des centaines de

veines, artères et

autres nerfs, recou-

vrez de peau et vous

avez une chance sur des milliards d'obtenir

un pied. Pour qu'il fonctionne, il faudrait que

votre assemblage soit connecté à un gigan-

tesque ordinateur ou mieux, à un cerveau. En effet, chaque centi-

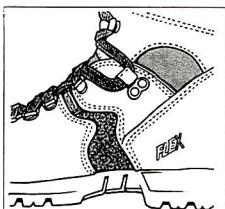
me de seconde, des dizaines de muscles doivent se contracter ou

se détendre pour vous maintenir debout. Lorsque vous marchez,

la complexité des mouvements est

telle qu'il a fallu plusieurs années

à nos chercheurs pour analyser

  
Soufflex en Néoprène doublé et  
recouvert de Kevlar.

**3615**  
**DECATHLON**

DES INFOS  
DES VOYAGES  
DES PROMOS  
DES CONCOURS  
DES EMPLOIS & STAGES  
A TOUTES LES FORMES

toutes les interactions. Au cours de ces

années, ils ont observé un surprenant phéno-

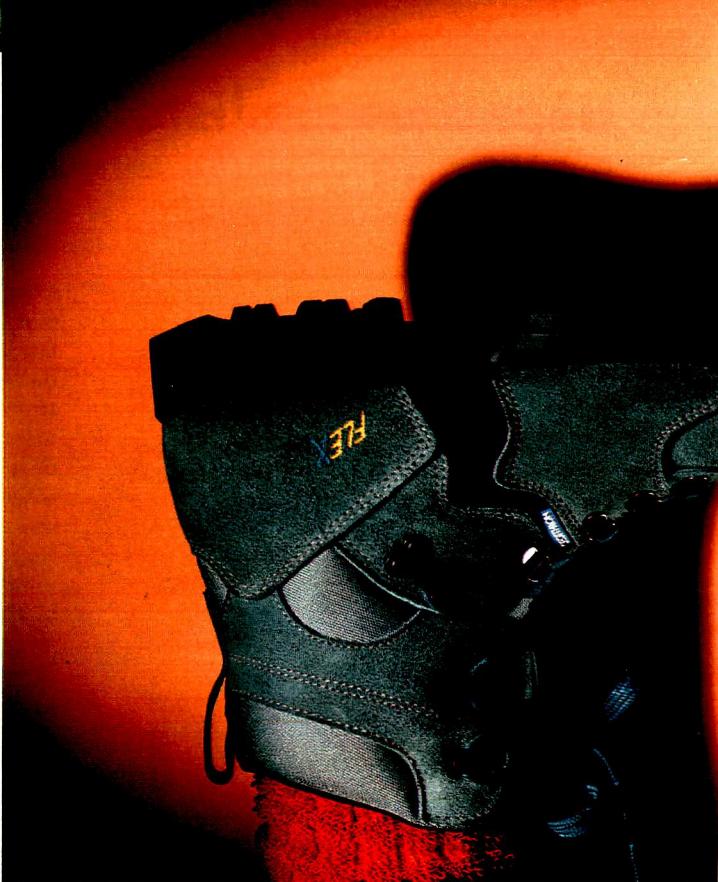
mène : l'avant du pied pivote par rapport au talon, vers l'exté-

rieur ou l'intérieur, suivant qu'il est en phase de propulsion ou en

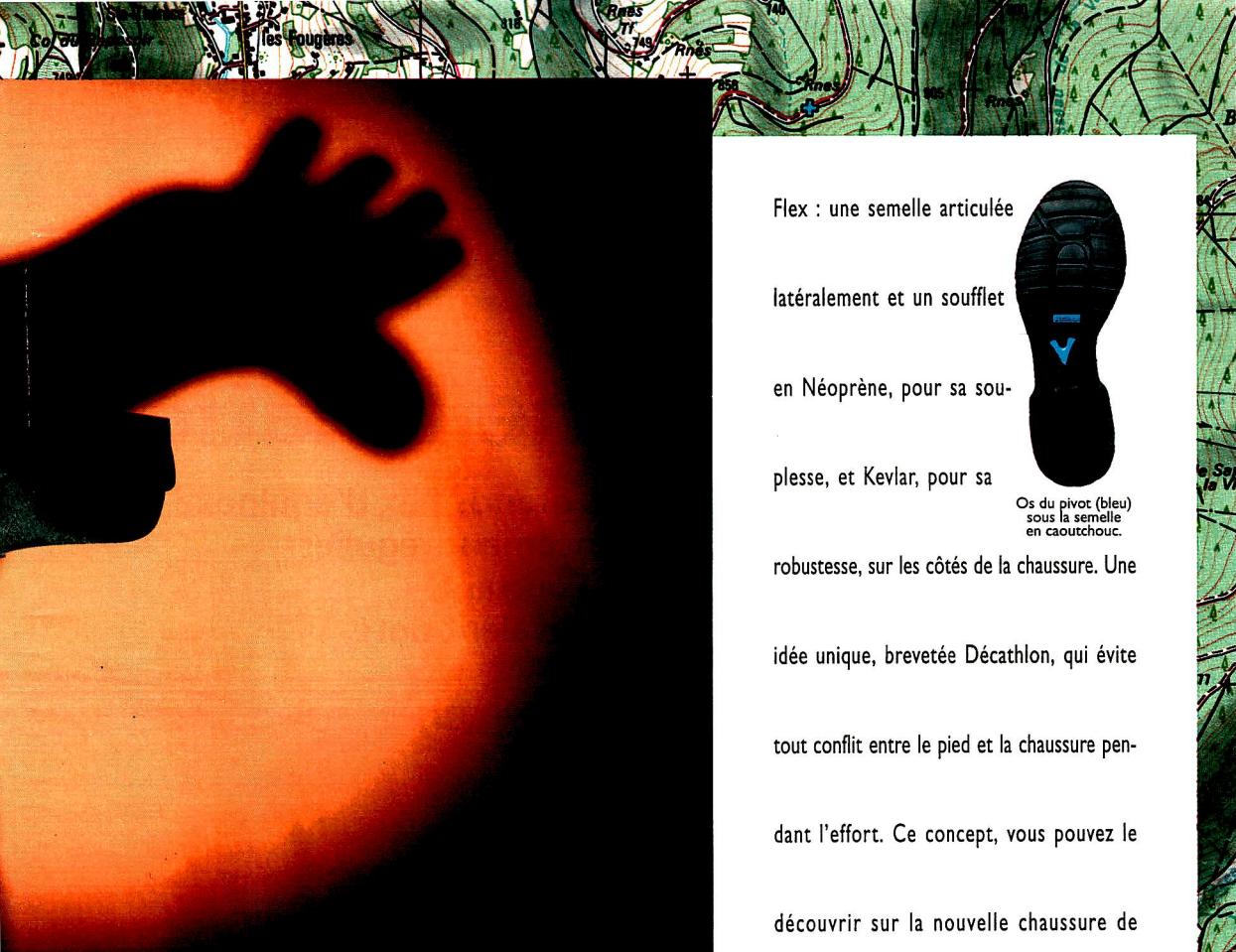
position de freinage. Jusqu'ici, personne ne l'avait remarqué.

Conséquence : lorsque vous marchiez dans des chaussures clas-

siques, seul votre pied se tordait et frottait constamment sur le



## Chaussure Déca Intelligente c



## thlon Maya Flex. comme un pied.

cuir ou pire, le plastique. Résultat : ouille ouille, bonjour les

ampoules et autres rougeurs qui font les joies de nos randon-

neurs. Quand on connaît le problème, la solution n'est qu'une

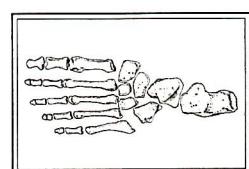
question de technique et chez Décathlon, la technique, on

connaît. Nous avons donc tout naturellement inventé le concept

marche Maya Flex. Sa tige est en croûte de cuir et sa semelle

en caoutchouc. Résistante,

confortable et extrêmement



Le pied et ses articulations.

facile à chauffer, elle maintient parfaitement le pied.

Pour la tester, nous sommes allés sur le terrain et

nous avons marché, marché et les seules ampoules que nous avons

ramenées étaient dans

nos lampes de poches.

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

# Marées : un phénomène lunatique

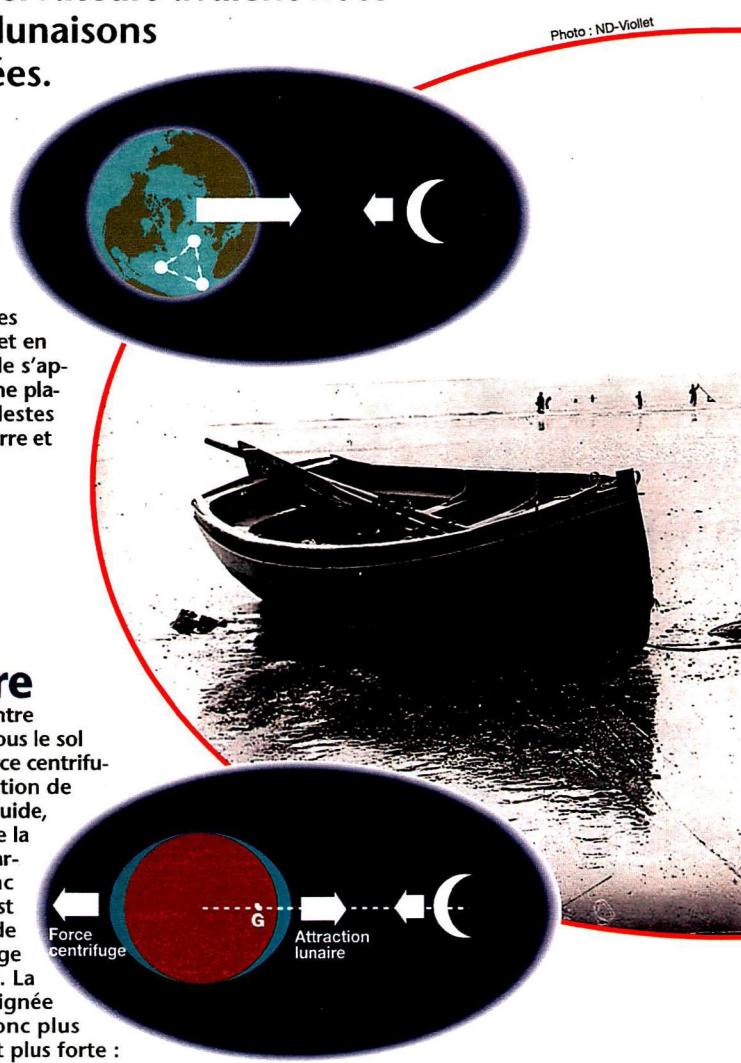
■ En septembre, surviennent les grands flux d'équinoxe. Pendant des millénaires, le balancement régulier des marées a paru inexplicable. Pourtant, dès l'Antiquité, des observateurs avaient noté la corrélation entre les lunaisons et l'amplitude des marées.

## 1- Au commencement est l'attraction gravifique

La loi de la gravitation, formulée par Newton, stipule que deux points matériels quelconques s'attirent en fonction directe de leurs masses et en fonction inverse du carré de leur distance. Elle s'applique aussi bien aux molécules constituant une planète comme notre Terre qu'à deux corps célestes distants de milliers de kilomètres, tels que la Terre et la Lune, ou le Soleil et la Terre.

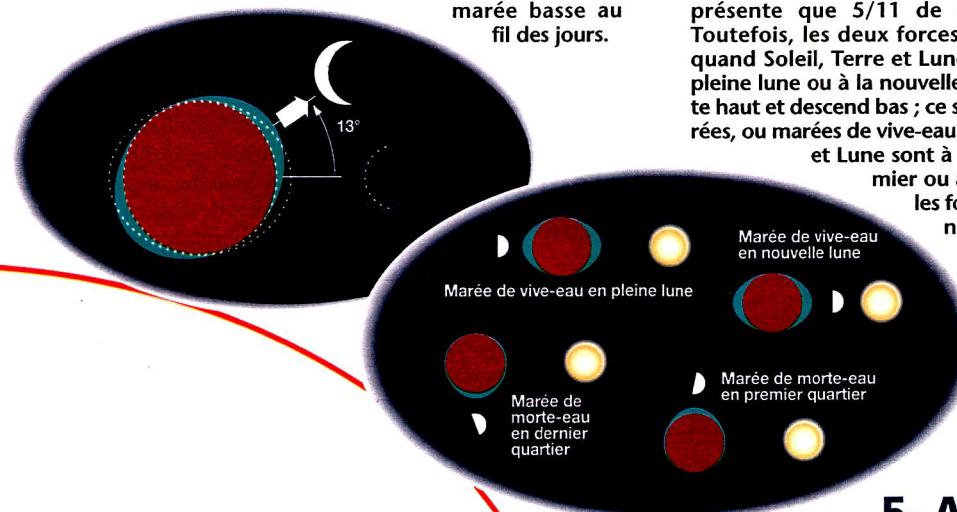
## 2- La Lune tire d'un côté, la force centrifuge de l'autre

Terre et Lune tournent autour de leur centre de gravité commun  $G$ , lequel se trouve sous le sol aux trois quarts du rayon terrestre. La force centrifuge résultant de cette rotation et l'attraction de la Lune agissent sur les molécules d'un fluide, et leur effet est d'autant plus marqué que la masse du fluide est plus importante. La partie de l'océan située côté Lune, et donc proche du centre de gravité Terre-Lune, est soumise à une forte attraction de la part de notre satellite, alors que la force centrifuge y est faible : elle se soulève vers la Lune. La partie située de l'autre côté est plus éloignée de notre satellite : l'attraction y est donc plus faible, alors que la force centrifuge y est plus forte : elle se soulève aussi.



### 3- La valse de la Lune et de la marée

Le renflement des océans, côté Lune et côté opposé, dessine une ellipse dont le grand axe tourne avec la Lune. La Terre fait un tour en vingt-quatre heures, pendant que la Lune tourne dans le même sens d'environ  $13^\circ$  ( $360^\circ$  en 29,53 jours). Pour que la Lune soit de nouveau au-dessus du même point, il faut que la Terre tourne encore de  $13^\circ$ , ce qui lui demande cinquante et une minutes de plus. La période des marées est donc en moyenne de 24 h 51 min, ce qui explique le décalage progressif de la marée haute ou de la marée basse au fil des jours.

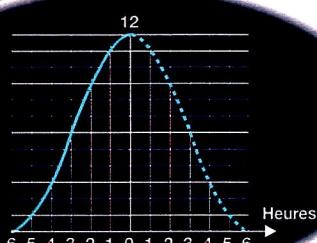


### 5- Arrivent les fortes marées

Au voisinage de chaque équinoxe  
– 22 mars et 22 septembre –  
les grandes marées sont  
encore plus fortes.  
Le Soleil passe à ce  
moment dans le  
plan de l'équateur,  
ce qui renforce son  
action. Vers ces deux  
époques, les coefficients  
de marée dépassent au moins une fois  
105 et sont le plus souvent  
supérieurs à 110.

### 6- La mer a son rythme

La mer ne monte ni ne descend à vitesse constante : si l'on relève la hauteur d'eau en fonction du temps, on ne trouve pas une droite mais une courbe proche d'une sinusoides, comme dans tout mouvement périodique. Si l'on considère que la mer monte ou descend en six heures, on constate que sa hauteur varie le plus vite à mi-parcours, durant la troisième et la quatrième heure. Si l'on divise cette hauteur en 12 parties égales, selon la loi des douzièmes, on note que la mer monte ou descend de 1 partie pendant la première heure, de 2 pendant la deuxième, de 3 durant la troisième et la quatrième heure, puis de 2 pendant la cinquième et de 1 pendant la sixième et dernière heure.



### 4- Le Soleil a rendez-vous avec la Lune

La Lune n'est pas seule à agir sur les eaux : l'attraction du Soleil se fait sentir aussi. Mais, comme il est beaucoup plus loin, son action ne représente que 5/11 de celle de la Lune. Toutefois, les deux forces peuvent s'ajouter quand Soleil, Terre et Lune sont en ligne à la pleine lune ou à la nouvelle lune : la mer monte haut et descend bas ; ce sont les grandes marées, ou marées de vive-eau. Quand Soleil, Terre et Lune sont à angle droit, au premier ou au dernier quartier, les forces d'attraction lunaire et solaire s'opposent, et la mer ne descend pas très bas ni ne monte très haut : ce sont les petites marées, ou marées de morte-eau.

# Enigme au fond du

■ **Neuf morts, en juin dernier, dans une grotte de Seine-Maritime : mystère complet. La version officielle, des émanations d'oxyde de carbone provoquées par un feu de bois, ne résiste pas à l'examen. Et si, à cinquante ans de distance, les terribles V1 allemands avaient fait de nouvelles victimes ?**

Comment une mobylette au moteur mal réglé entrant dans le tunnel de la porte de Saint-Cloud pourrait-elle par ses seuls dégagements d'oxyde de carbone entraîner la mort de conducteurs émergeant de ce tunnel 1,5 km plus loin ? Pour les experts qui ont eu à résoudre l'éénigme de la mort de 9 personnes, et l'intoxication de 6 autres, le 21 juin dernier, dans l'immense base souterraine de V1, à Montérolier (Seine-Maritime), c'est possible, puisqu'ils ont attribué l'accident à une émanation d'oxyde de carbone provenant d'un feu de bois. Explication accueillie avec le plus grand scepticisme par les familles des victimes et par toutes les personnes que nous avons interrogées sur place : gendarmes, pompiers, cafetiers, paysans, deux maires, un prêtre et un pharmacien. «On nous cache quelque chose», «Depuis cinquante ans, tous les enfants du village ont fait du feu dans les souterrains et il n'y a jamais eu d'accident». Autant de réactions récuesillies à chaud. C'est dire la perplexité dans laquelle est plongée la population.

Ce doute est-il justifié ? Autrement dit, est-ce bien l'oxyde de carbone ou un autre gaz mortel et mystérieux qui est la cause des décès ?

Le mercredi 21 juin, en milieu de journée, trois enfants de Buchy, Thomas, Nicolas et Pierre, se rendent à bicyclette à Montérolier, distant de 4 km, pour jouer dans la "grotte" de Clairefeuille, un obscur dédale de galeries creusées au printemps 1944 par les Allemands pour abriter des V1. Comme la base était ultra secrète, les Allemands avaient

fait appel à des prisonniers russes, alors qu'auparavant, pour les travaux moins confidentiels, ils avaient utilisé des Français de la classe 1943.

L'ancienne base de V1 de Montérolier comprend trois entrées s'ouvrant à flanc de talus, qui se prolongent par trois galeries, où s'échelonnent, en arêtes de poisson, les anciennes aires de stationnement des bombes volantes. Tous les conduits ont approximativement 4 m de large sur 3,5 m de haut et couvrent une longueur totale de 2,8 km. Ils sont, par ailleurs, surmontés de bouches d'aération affleurant à la surface du sol, qui, au fil du temps, ont été obstruées par des feuilles et des branchages.

**Drame de Buchy : la mort énigmatique des pompiers**

Les scrupuleuses vérifications par les pompiers dans la grotte de Clairefeuille ont mis en évidence des dégâts importants. Des traces d'oxyde de carbone ont été retrouvées dans les galeries.

Le journaliste a été autorisé à visiter la grotte de Clairefeuille, mais pas à prendre de photographies. C'est pourquoi les images sont celles d'un autre endroit.



# labyrinthe

PAR PIERRE ROSSION

Une fois arrivés à l'entrée de la grotte, les adolescents laissent leurs bicyclettes sur le talus et pénètrent dans l'obscurité, en quête de mystère et de découverte. A l'heure du dîner, ils ne sont toujours pas rentrés à la maison.

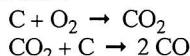
Il est un peu plus de 20 heures quand M. Havé, père de Thomas et de Nicolas, et M. Lampérier, père de Pierre, arrivent aux abords de la grotte. Les V.T.T. des trois enfants sont posés à terre, près de l'entrée principale des souterrains. Tandis que M. Havé part à la rencontre des adolescents, M. Lampérier va chercher du secours. Bientôt, les sapeurs-pompiers de Buchy,

commandés par le capitaine Daniel Tierce, sont sur les lieux. Une équipe du centre Gambetta de Rouen dirigée par le médecin-capitaine Jean-Yves Soulard arrive peu après. Entre-temps, Gérard Duvivier, un spéléologue amateur, a proposé ses services aux sapeurs-pompiers de Buchy. Ensemble, ils pénètrent dans les souterrains. Ils ne portent pas d'appareil respiratoire isolant (ARI), qui pourrait les protéger à 100 % des gaz mortels, car ils croient avoir affaire à un éboulement. Dominique Petit et Christophe Martel ressortent rapidement : ils se sont senti les jambes molles. Gérard Duvivier, lui, ne re-

viendra pas vivant. A leur tour, les sapeurs-pompiers de Rouen se glissent dans les galeries, équipés cette fois du masque protecteur, ce qui n'empêchera pas trois d'entre eux de succomber. Bilan total : 9 morts, dont 5 sapeurs-pompiers.

## 800000 M<sup>3</sup> DE BOIS ?

Si l'on en croit les mesures faites à l'intérieur des galeries, les taux d'oxyde de carbone s'élevaient à 2000 ppm (parties par million), soit deux fois la dose mortelle. A titre de comparaison, 50 ppm sont tolérés dans les locaux de travail. Le monoxyde de carbone est, en effet, un gaz extrêmement toxique qui apparaît lorsqu'il y a déficit d'oxygène et que le carbone est porté à haute température, selon le schéma suivant :



Sa toxicité est due à la propriété qu'il a de se combiner avec l'hémoglobine du sang, qui, de ce fait, ne peut plus transporter l'oxygène vers les différentes parties du corps. Il s'ensuit une anoxie, dont les symptômes sont des maux de tête, une baisse de l'acuité auditive, des vertiges, la perte de connaissance, enfin la mort.

Comme l'oxyde de carbone est un gaz un peu plus léger que l'air, il a dû, pour être mortel, s'accumuler du haut en bas des galeries, faute de quoi, à la première syncope, les victimes, en tombant sur le sol, auraient respiré de l'air pur et récupéré. Ce qui ne fut pas le cas. En outre, comme les victimes ont été retrouvées aux quatre coins du dédale souterrain, à parfois plus de 200 m l'une de l'autre, il a fallu, pour que l'oxyde de carbone devienne dangereux, qu'il se répartisse uniformément dans l'ensemble du volume des galeries.

## Neuf morts par asphyxie dans une grotte normande

Trois enfants puis les personnes qui s'étaient portées à leur secours ont été intoxiqués par de mystérieux gaz.

Neuf personnes ont trouvé la mort hier asphyxiées dans des galeries souterraines, en

## L'autre mystère de la grotte

### Malgré le masque...

Trois sapeurs-pompiers, pourtant équipés d'un masque protecteur, sont morts asphyxiés. Seul un gaz toxique et volatil comme le phosgène a pu s'infiltrer.

■ ■ ■ Pour calculer ce volume, il suffit de multiplier la longueur des galeries, par leur hauteur et leur largeur soit :  $2800 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 39200 \text{ m}^3$  ( $40000 \text{ m}^3$ , en arrondissant au chiffre supérieur).

Comme la teneur en oxyde de carbone mesurée dans les galeries par les sapeurs-pompiers est de 2000 ppm, soit 0,2 %, cela correspond à  $80 \text{ m}^3$  d'oxyde de carbone pour un volume de  $40000 \text{ m}^3$ . Pour obtenir ces  $80 \text{ m}^3$  de CO avec du bois, sachant que  $1 \text{ m}^3$  de bois donne, en combustion lente, de  $0,1 \text{ dm}^3$  à  $0,5 \text{ dm}^3$  d'oxyde de carbone, selon la nature du bois, il aurait fallu, dans le premier cas, que soient brûlés dans les galeries :  $80000 \text{ dm}^3 / 0,1$ , correspondant à  $800000 \text{ m}^3$  de bois brûlé, soit un cube de 93 m de côté, l'équivalent de la tour Montparnasse.

Dans le deuxième cas, il aurait fallu  $80000 \text{ dm}^3 / 0,5$ , correspondant à  $160000 \text{ m}^3$  de bois, soit un cube de 54 m de côté, plus de trois fois l'arc de triomphe de l'Étoile.

## Des stocks de phosgène enfouis en août 1944

Or, qu'est-ce qu'ont trouvé les pompiers dans les galeries ? Un petit feu de bois presque éteint, comme en font les ouvriers pour réchauffer leur gamelle. Logiquement, ce n'est donc pas lui qui a pu produire un cubage aussi important de monoxyde de carbone. De plus, aucun des hêtres, bouleaux, chênes du bosquet situé au-dessus des galeries n'a été abattu.

Se trouve-t-on alors en présence d'un autre gaz mortel ? Cette hypothèse est d'ailleurs venue à l'esprit des sapeurs-pompiers sortis vivants du souterrain : « Il y a autre chose que du monoxyde de car-



bone. Ce n'est pas possible autrement.»

Premier argument en faveur de cette thèse : les appareils ARI, utilisés par les pompiers sont étanches à 100 %. Il s'agit de bouteilles d'air comprimé gonflées à 200 bars, contenant une réserve d'air de 1 600 litres procurant une autonomie de 30 minutes. Comme ces bouteilles envoient dans le masque un air en surpression, l'air ambiant ne peut y pénétrer. En outre, dès que la pression descend à 120 bars, une sonnerie retentit qui donne l'ordre de rebrousser chemin. Ces appareils ne sont pas à mettre en cause, car ils sont très sévèrement contrôlés. Comment trois des sapeurs-pompiers ont-ils pu mourir alors qu'ils en étaient équipés ? « On veut bien admettre que l'un d'entre eux n'a pas respecté les consignes de sécurité, mais trois c'est impossible », ont dit les sapeurs-pompiers de Rouen. En revanche, le mystère s'éclaircit si le gaz en question est un gaz très volatil, qui aurait pu s'infiltrer à l'intérieur du masque, ce que l'oxyde de carbone n'aurait pu faire.

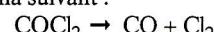
Deuxième argument : les sapeurs-pompiers entrés sans masque dans le souterrain ont tous noté

## Un trop grand feu

Les neuf victimes ont été retrouvées aux quatre coins du réseau souterrain. Pour que l'oxyde de carbone devienne mortel, il aurait fallu qu'il remplisse la totalité des  $40000 \text{ m}^3$  des galeries. Impossible avec un simple feu de bois.

une odeur particulière, suffocante, agressive, ressemblant à celle du phosgène, un gaz de combat, très volatil, à base de chlore (formule  $\text{COCl}_2$ ), bien connu de l'armée allemande qui en avait fait grand usage pendant la Première Guerre mondiale. Comme le monoxyde de carbone, ce gaz provoque la mort par asphyxie.

Troisième argument : le phosgène est un gaz instable qui, avec le temps, se décompose en oxyde de carbone et en chlore selon le schéma suivant :



Les taux élevés de CO observé à l'intérieur des souterrains s'expliqueraient mieux par la décomposition de ce gaz, plutôt que par un feu de bois. Quant au chlore dégagé, il s'agit d'un gaz volatil, extrêmement toxique.

Depuis le drame, M. Gérard Daras, pharmacien à Cailly et maire de ce village, situé à quelques kilomètres de Montérolier, cherche à savoir la vérité. Il formule quelques hypothèses.

La première est justement celle du phosgène, qui aurait pu être stocké par les Allemands dans les souterrains. Les V1, entreposés autrefois dans les souterrains de Montérolier, étaient de véritables bombes volantes. Dès qu'ils arrivaient au-dessus de la capitale de la Grande-Bretagne, leur moteur s'arrêtait et ils tombaient en piqué. A l'arrivée sur le sol, un détonateur assurait la mise à feu de la charge explosive, située dans la partie avant de l'engin. Cette charge était constituée d'un mélange de trinitrobenzène, de nitrate d'ammonium et d'hexogène. Elle n'avait donc rien à voir avec du phosgène. «Mais, dit Gérard Daras, comme les V1 ne faisaient guère de dégâts et comme les Anglais avaient fini par s'y habituer, il est possible que les Allemands aient envisagé de remplacer la charge explosive par une charge de gaz beaucoup plus dangereuse».

Pour René Bail, spécialiste des questions militaires, cette thèse est tout à fait crédible; les historiens l'ont souvent débattue. Il ajoute: «En France, on sait que des stocks d'ypérite (ou gaz mou-

tarde), datant de la Première Guerre mondiale, sont encore cachés.» Lors de la débâcle allemande, qui, à Montérolier, est intervenue dans la dernière semaine d'août 1944, les Allemands ont pu, dans la précipitation, enfouir les stocks de gaz dans le sous-sol des galeries.

Il est également possible que des stocks de phosgène aient été entreposés dans les galeries, afin d'empêcher le débarquement des troupes alliées sur les plages normandes. Cette hypothèse avait d'ailleurs été sérieusement envisagée par le haut commandement allemand.

### L'ARMÉE EMBARRASSÉE

Comme le phosgène était conditionné en bouteilles d'acier sous haute pression, le hasard a pu faire que, sous l'action de la rouille, l'une des bouteilles ait libéré son contenu au moment de la venue des enfants. Ou bien il est possible que ce soit les enfants eux-mêmes qui les aient découvertes et qu'ils se soient asphyxiés en les manipulant.

Cette hypothèse pourrait expliquer la présence de forts détachements de l'armée française aux abords des souterrains dans les jours qui ont suivi

le drame. Comme l'armée était censée avoir vidé les galeries après la guerre, la présence éventuelle de réserves de gaz doit la mettre dans une position inconfortable. D'où la chape de plomb qui recouvre aujourd'hui l'affaire. Quand nous avons téléphoné au tribunal de grande instance de Dieppe, chargé d'instruire l'affaire, on s'est retranché derrière le prétexte de l'enquête en cours pour avancer la version du feu de bois, la seule officielle.

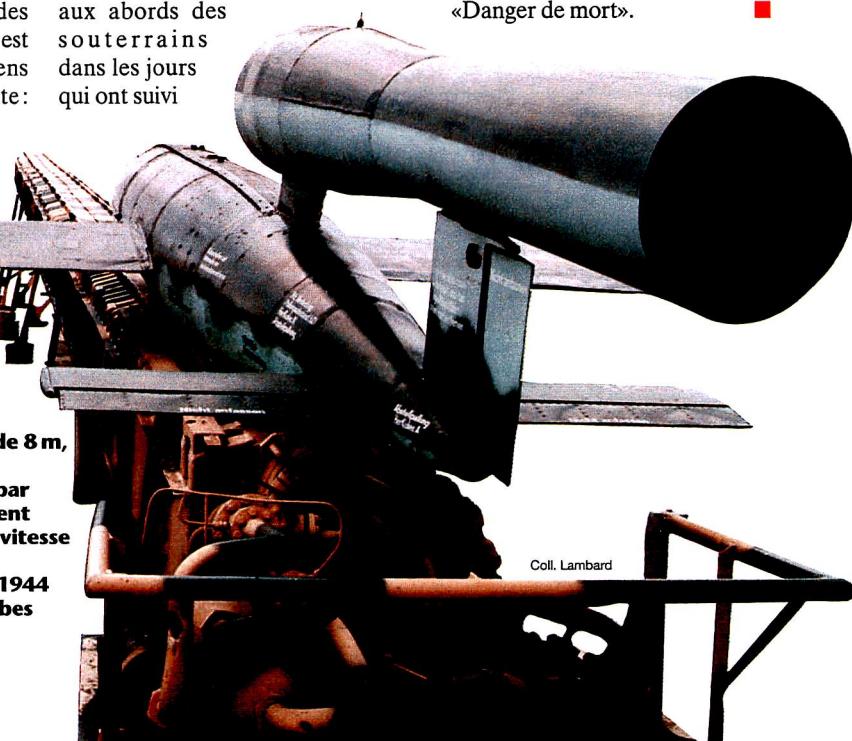
La seconde est celle de réserves de gaz entreposées par le Front islamique du salut (FIS) algérien. Les arguments en sa faveur sont la présence de deux Mercedes et d'une tente en toile aux abords du souterrain, la veille du drame. Or, d'après la DGSE, c'est dans une voiture de cette marque que quatre personnes venues de Grande-Bretagne auraient été transportées pour perpétrer des attentats en France.

Aujourd'hui, le souterrain a été ventilé et l'armée a quitté les lieux, mais l'entrée du souterrain est toujours barrée par du fil de fer barbelé sur lequel flotte une banderole portant ces mots :

«Danger de mort».

## Ils ont terrorisé les Londoniens

Les V1 avaient une longueur de 8 m, une envergure de 5,20 m et pesaient 2 tonnes. Propulsés par un moteur à réaction, ils avaient une portée de 260 km et une vitesse maximale de 600 km/h. Les Allemands utilisèrent, en 1944 et 1945, ces redoutables bombes volantes, contre la Grande-Bretagne.



Coll. Lambard

# 50 ANS APRÈS EINSTEIN Un savant élucide les mystères de l'Univers

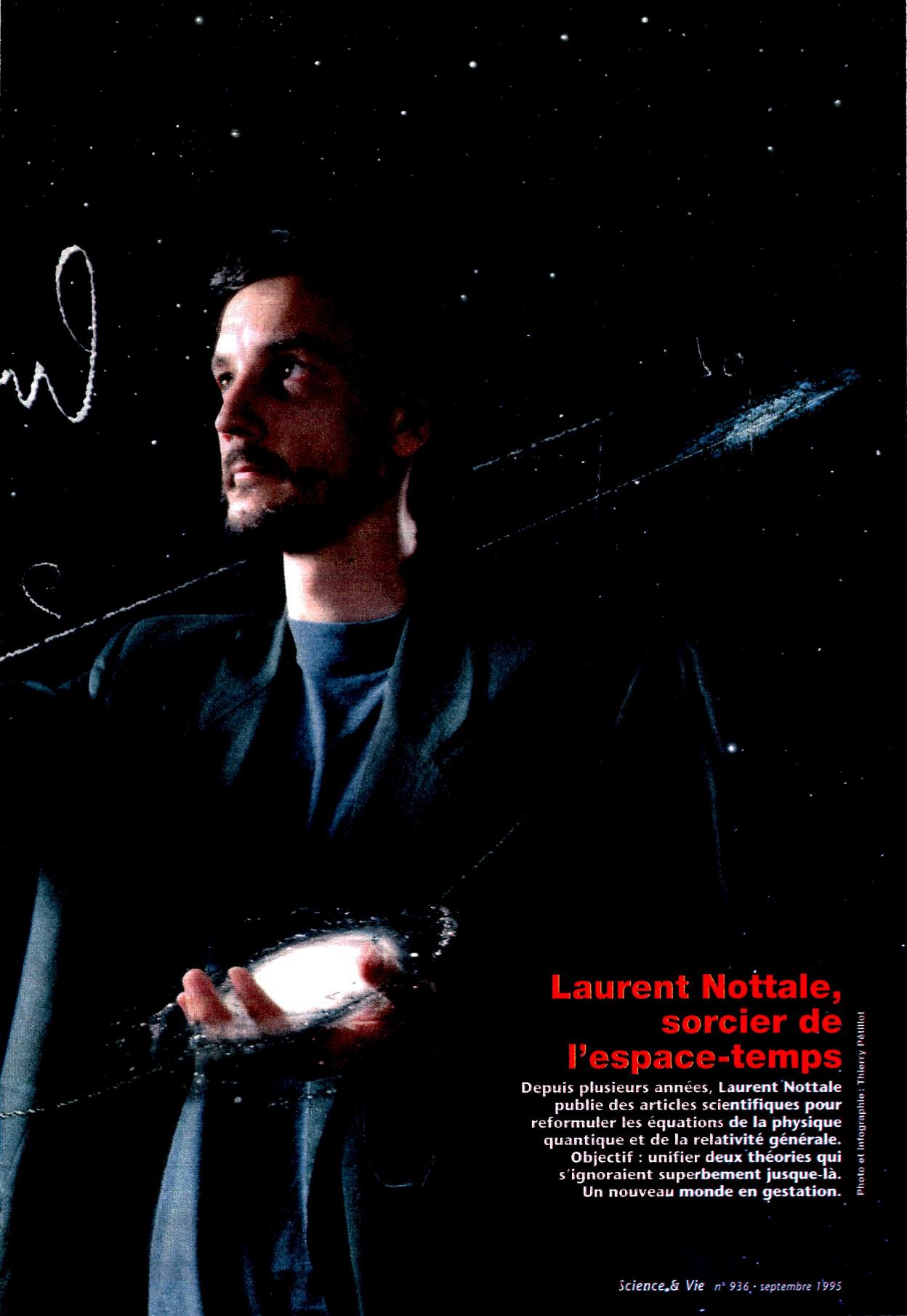


Rémi Chauvet

■ L'univers de la science est scindé en deux. D'un côté, le monde microscopique, où règne la physique quantique; de l'autre, notre monde macroscopique, soumis à la relativité. Or, les deux théories sont incompatibles!

Preuve qu'elles sont, sinon fausses, du moins incomplètes. Il fallait donc les repenser en profondeur. C'est ce qu'a fait un jeune astronome de l'Observatoire de Paris-Meudon, Laurent Nottale. Sa théorie réconcilie l'Univers dans son ensemble, à condition de dépasser Einstein, de renverser Descartes, de repenser l'origine et la fin du cosmos. Sans oublier de replacer l'homme à sa vraie place dans l'Univers... Visite guidée du Nouveau Monde.

PAR JEAN-FRANÇOIS ROBREDO



## **Laurent Nottale, sorcier de l'espace-temps**

Depuis plusieurs années, Laurent Nottale publie des articles scientifiques pour reformuler les équations de la physique quantique et de la relativité générale.

Objectif : unifier deux théories qui s'ignoraient superbement jusque-là. Un nouveau monde en gestation.

# Tout est bousculé,

**L**'heure est aux bouleversements. A n'en pas douter, en cette fin de siècle et de millénaire, la science attend un renouvellement vivifiant. Partiel? Total? Prévisible? Imprévisible?

La prédiction n'est pas un caprice de journaliste, elle émane des hommes de science eux-mêmes. Car le diagnostic de la situation actuelle est souvent cruel : «Nous avons accumulé une somme inimaginable de savoir. Pourtant, des questions essentielles restent sans réponse, et des contradictions flagrantes subsistent. Avons-nous échoué, ou est-il encore temps de réagir?» Certains savants pensent qu'il est encore temps. Laurent Nottale fait partie de ces kamikazes-là.

Astronome à l'Observatoire de Paris-Meudon, ce chercheur âgé d'à peine plus de 40 ans est tout simplement en train de bâtir un nouvel Univers. «Une nouvelle vision du monde», dit-il sans ambages mais sans triomphalisme. A coups d'équations mathématiques quantiques et relativistes, il côtoie les plus grands noms de la science passée et présente. Son objectif est clair : réconcilier ces sœurs ennemis que sont les théories quantique et relativiste. L'une s'applique au monde de l'infiniment petit, l'autre

explique l'infiniment grand. Sans trouver, depuis près de cent ans, aucun terrain d'entente. «L'incompréhension était frappante. Il fallait réagir, c'était une nécessité.»

En quoi ce sursaut est-il nécessaire? Pour les hommes de science, la remise en cause est une seconde nature qui doit parfois prendre le pas sur la conservation des vérités du moment. Pour le grand public, l'enjeu n'est pas moins important. Que se passe-t-il quand l'explication scientifique du monde donne des signes de faiblesse? C'est la porte ouverte à toutes les interprétations, les plus insolites, les plus risibles mais aussi les plus dangereuses. «La vision du monde de la science» n'est pas une expression vaine : si le grand public ne l'apprécie pas toujours à sa juste mesure quand elle domine, il risque d'être sérieusement égaré quand elle manque. Or, en cette fin de siècle, la blessure est béante : les médecins s'interrogent, tandis que les charlatans se précipitent.

«Dès le début de mes études, j'ai été sidéré par la différence entre les deux grandes théories qui ont dominé la science de ce siècle, la mécanique quantique et la relativité générale. La théorie relativiste élaborée par Einstein repose sur des principes universels, compréhen-

## MÉCANIQUE QUANTIQUE ET RELATIVITÉ GÉNÉRALE : LES SŒURS ENNEMIES

La théorie élaborée par Albert Einstein au début du siècle repose sur un principe de relativité qui implique (contrairement à l'idée reçue du «tout est relatif») que les mêmes lois sont valables partout dans l'Univers. Que l'on reste sur Terre, que l'on aille sur la Lune ou au fond de l'Univers, que l'on soit au repos ou en mouvement, les mêmes équations mathématiques sont valables pour décrire ce qui se passe. Partout, donc, sauf dans le monde microscopique, totalement hermétique à la relativité... Einstein, qui a connu l'élaboration de la

mécanique quantique, qui y a même participé, a tenté toute sa vie de chasser cet affront inacceptable à sa théorie. En vain...

De plus, le principe de relativité conduit à l'élaboration de lois mathématiques : les faits de l'expérience sont prédicts, compris et absolument nécessaires. «Dieu ne joue pas aux dés», aimait à dire Einstein. Sauf dans le monde microscopique, qui semble se moquer des injonctions divines... En effet, la mécanique quantique s'est construite pour rendre compte de faits expérimentaux tels que la dualité ondes-corpus-

cules, sans les avoir prédicts, sans les comprendre et sans que la nécessité des axiomes mathématiques (contrairement à des lois ou à des principes premiers) soit d'aucune manière établie.

Enfin, la relativité générale suppose que le monde extérieur existe (ce qu'on appelle le réalisme), qu'il soit indépendant de nous et qu'il se propose à nous comme un livre déjà écrit dont il faudrait lire les pages avec les yeux de la science. Une idée somme toute sensée, qui s'impose à nos sens et à notre intellect comme une éviden-

ce. Sauf dans le monde microscopique, absolument insensible au bon sens... Car, ici-bas, l'objet étudié ou mesuré est affecté par l'observateur. Si l'instrument de mesure est différent, l'objet étudié change radicalement. Il n'y a donc pas de monde extérieur indépendant. Une idée insensée mais incontournable, qui a favorisé l'émergence d'interprétations loufoques émanant de charlatans comme d'hommes de science respectables, à qui les propriétés apparentes de la mécanique quantique ont littéralement fait perdre la tête.

# mais tout est conservé



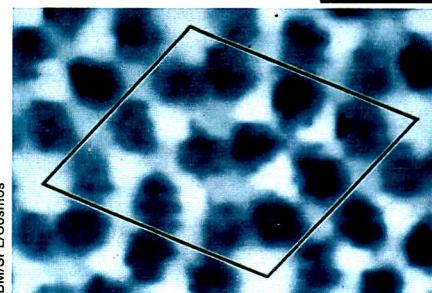
T. Petitot

sibles et déterministes. L'autre, la théorie des quanta, n'est qu'un ensemble d'axiomes non nécessaires, non démontrés, apparemment absurdes même, comme l'a dit Richard Feynman, l'un des plus grands scientifiques du siècle, en tout cas incompréhensibles. Rien d'étonnant si les deux mondes qu'elles décrivent, respectivement macroscopique et microscopique, sont totalement déconnectés, opposés...» Amer constat de Laurent Nottale.

La relativité générale a été l'objet de violentes critiques : elle n'est valable qu'à de très grandes échelles (astronomiques, voire cosmo-

logiques). Pourquoi, dès lors, ne pas s'en passer ici-bas ? La mécanique quantique est encore plus effrayante : l'observateur perturbe l'objet observé, autrement dit, le monde extérieur ne semble pas exister de façon indépendante. En outre, l'une et l'autre s'opposent au sens commun : l'espace est courbe et en expansion pour le macroscopique ; on ne peut connaître que des probabilités, et non des données précises, dans le microscopique...

Laurent Nottale a choisi le chemin le plus difficile. « Devant tant de carences et de contradictions, je me suis dit qu'il devait y avoir une théorie plus fondamentale qui puisse non seulement lever les incohérences de la mécanique quantique mais aussi réunifier celle-ci avec la relativité générale. » C'est ce qu'il propose aujourd'hui, avec sa théorie de l'espace-temps fractal. Une nouvelle théorie, certes, mais qui englobe les deux autres : tout est bousculé, mais tout est conservé. Autrement dit, il faut non seulement continuer à expliquer les faits connus mais encore décrire les faits jusqu'ici incompris ■ ■ ■



IBM/SPL/Cosmos

## Atomes-galaxies : la guerre des mondes

Jusqu'ici, le royaume de l'atome (ci-dessus, atomes de silicium) s'opposait en tout point à celui des galaxies (amas de la Vierge, ci-contre). Avec sa nouvelle théorie, Laurent Nottale les rapproche et leur trouve même un air de famille.



Royal Observatory, Edinburgh/AATB/SPL/Cosmos

# La relativité a éclairé

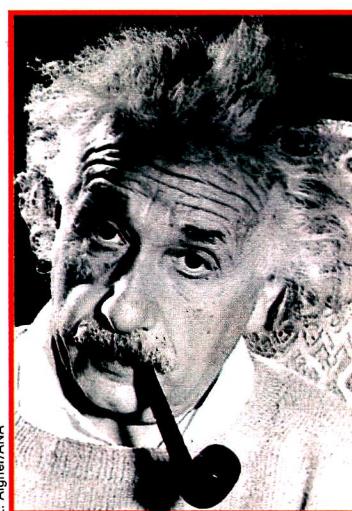
■ ■ ■ et en prévoir d'autres. Le qualificatif de «nouvelle vision du monde» est à ce prix. La théorie de Laurent Nottale, pour être nouvelle, doit se révéler «meilleure» que les deux «monstres» qu'elle avale et, en même temps, les réunifier. Car, enfin, l'abîme entre les deux est insoudable (voir encadré page précédente).

«Si encore les deux mondes étaient séparés dans les faits, on pourrait se satisfaire de ce dualisme, mais ce n'est pas vrai, et tous les objets macroscopiques ont des comportements microscopiques, ne serait-ce que l'émission et l'absorption permanentes de photons de lumière, insiste Laurent Nottale. On ne peut éviter de se poser crûment le problème. S'il y a communication, interaction, c'est qu'il y a une loi plus profonde, plus fondamentale encore à trouver.» Pour ce faire, l'homme de science va suivre un fil d'Ariane qui a été d'une efficacité redoutable

tout au long de l'histoire des sciences : le principe de relativité (voir encadré ci-dessous). En effet, c'est l'idée de relativité qui a permis l'émergence de lois plus générales, plus universelles, rendant le monde plus compréhensible. Malgré le bond conceptuel et formel que lui a fait faire Einstein, la source n'était pas tarie. C'est là que va s'abreuver encore Laurent Nottale. «J'ai voulu répondre aux problèmes posés par la mécanique quantique avec la méthode relativiste, c'est-à-dire répondre aux "pourquoi" et pas seulement aux "comment".» Entreprise louable puisque – ce n'est un secret pour personne – les physiciens appliquent les équations quantiques sans les comprendre et, plus grave, sans chercher à les comprendre.

L'idée forte de la relativité, c'est la notion d'«espace-temps». Elle est à la base non seulement de la relativité mais aussi de la science elle-même. En effet, c'est quand on a pu dire

## ..... HÉRACLITE, GALILÉE, EINSTEIN ET LES AUTRES



L. Aigner/ANA

### L'HÉRITAGE D'EINSTEIN

**La théorie de la relativité, élaborée par Einstein au début du siècle, a permis un formidable développement scientifique. Que va-t-il sortir de la généralisation opérée par Laurent Nottale ?**

L'histoire de la relativité est peut-être vieille comme le monde (civilisé). N'est-ce pas le philosophe grec Héraclite qui, 500 ans avant J.-C., parlait des rives qui reculent ou de l'eau qui avance, selon qu'on se place sur le bateau ou sur la berge ? D'un strict point de vue scientifique, la relativité a surgi avec l'annonce inimaginable de Copernic au xvi<sup>e</sup> siècle : la Terre n'est pas le centre de l'Univers. Il s'agit d'une relativité de position qui affirme qu'il n'y a pas de lieu privilégié dans l'Univers (centre). On doit définir ce centre arbitrairement, c'est-à-dire établir un système de coordonnées. Fin de l'origine absolue.

Plus fondamentalement encore, Galilée, quelques dizaines d'années seulement après Copernic, ins-

taure la relativité du mouvement. Ce dernier est «comme rien», affirme-t-il, autrement dit, on ne peut savoir si un corps est en mouvement ou au repos que par rapport (relativement) à un autre. Plus de mouvements absolus, donc.

Einstein, au début de notre siècle, a poursuivi l'œuvre de Galilée en radicalisant la notion de relativité du mouvement, pour aboutir au lien intime entre les objets par l'action gravitationnelle qu'ils exercent du fait de leur masse et de l'espace. Ce dernier doit alors se courber relativement à ce qu'il contient. L'espace devenu l'espace-temps n'est plus un cadre immuable et absolu.

Dans cette lignée, Laurent Nottale va plus loin, en ajoutant

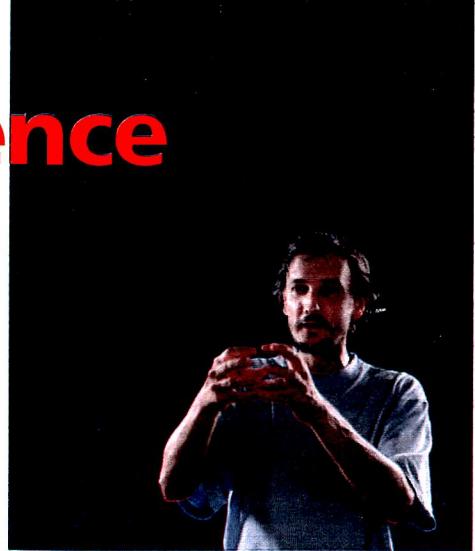
un nouvel élément relativiste aux coordonnées et aux mouvements : l'échelle. Si, jusqu'à présent, on a identifié l'origine, l'orientation des axes et les déplacements d'un objet, il faut y ajouter la résolution spatiale et temporelle à laquelle on le regarde. Cette donnée est hautement relative, car seul un rapport de résolution a un sens, jamais une résolution absolue. Les grandeurs physiques et l'espace-temps lui-même varient maintenant en fonction de la résolution. La loi mathématique appliquée est la même partout, mais le résultat observé est relatif à l'échelle à laquelle on l'observe. La théorie de Laurent Nottale s'installe à la pointe de cette histoire comme une sorte de "super-relativité".

# toute la science

que tous les objets se trouvaient dans un cadre formel (l'espace puis l'espace-temps) qu'on a pu les décrire, donner leurs positions ou coordonnées, dire comment et vers où ils se déplacent, etc. Or, en mécanique quantique, il n'y a pas d'espace-temps. Plus exactement, ce dernier est plat, c'est-à-dire sans influence aucune sur les objets qu'il contient. La relativité générale a pourtant démontré qu'un tel espace absolu n'existe pas : il doit être influencé par la présence des corps. Dès lors, des relations réciproques s'installent : les objets peuvent le courber comme une bille sur un drap tendu et, en contrepartie, l'espace peut donner des caractéristiques aux objets. Rien de tout cela en mécanique quantique : l'espace serait absolu, insensible à la gravitation et finalement inutile.

Effectivement, à petite échelle, la gravitation n'a que peu d'influence : entre deux électrons, elle est  $10^{44}$  fois moins forte que la force électromagnétique. On peut donc la négliger. Mais, comme plus l'échelle est petite, plus l'énergie est grande, et, comme l'énergie est liée à la gravitation ( $E = mc^2$  oblige), à très petite échelle, la gravitation redevient dominante, donc l'espace ne peut plus rester indifférent (sans courbure). C'est pourquoi on cherche tant à élaborer, sans succès jusqu'à aujourd'hui, une théorie de la gravitation quantique.

«La situation actuelle m'est apparue absurde,



T. Petitot

et j'ai éprouvé la nécessité d'introduire un nouveau concept : l'espace-temps a bien une influence au niveau microscopique, à condition qu'on accepte qu'il soit fractal.»

Le mot est lâché : avant de savoir ce qu'il permet de résoudre, il faut comprendre de quoi il s'agit. Les objets fractals ont été introduits en 1975 par le mathématicien français Benoît Mandelbrot comme des objets qui présentent une structure (pas forcément identique), quelle que soit l'échelle à laquelle on les regarde. Une telle relation de dépendance à l'échelle (on parle plutôt de résolution) est précisément à l'œuvre en mécanique quantique.

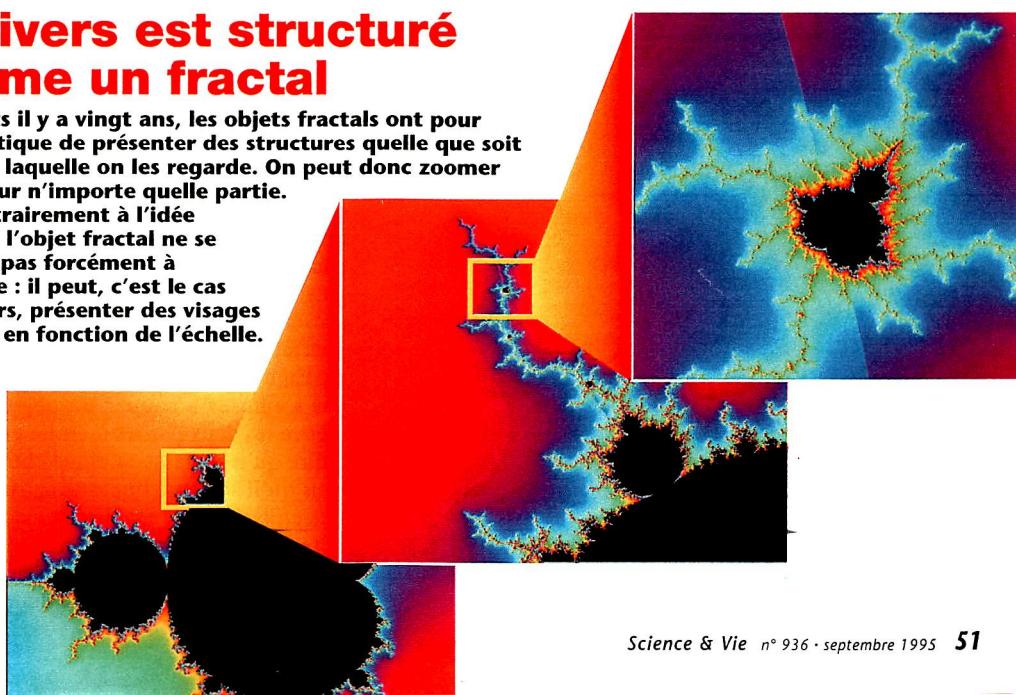
Comparons avec le monde classique pour mieux comprendre. Dans l'univers macroscopique, plus on observe avec une bonne résolu-

■ ■ ■

## L'Univers est structuré comme un fractal

Découverts il y a vingt ans, les objets fractals ont pour caractéristique de présenter des structures quelle que soit l'échelle à laquelle on les regarde. On peut donc zoomer à l'infini sur n'importe quelle partie.

Mais, contrairement à l'idée répandue, l'objet fractal ne se reproduit pas forcément à l'identique : il peut, c'est le cas de l'Univers, présenter des visages différents en fonction de l'échelle.



# L'être vivant, c'est

■ ■ ■ tion la taille, la vitesse ou l'énergie d'un corps, plus la mesure est précise. Dans le monde microscopique, plus on mesure précisément, plus la vitesse change. La résolution ne précise pas le résultat mais en change la nature ! Cette donnée d'observation répétée à l'envi a été interprétée de différentes manières. Pour certains, le monde devient fou, donc incompréhensible. Pour d'autres (école dite de Copenhague), il faut abandonner les notions précises de trajectoire, de vitesse, d'énergie, etc.

«Mon pari, c'est qu'il existe une donnée dont on n'a pas tenu compte dans l'interprétation : l'échelle à laquelle on regarde.» Changement brutal de cap, de «cadre de pensée». Ce qui était sans importance, l'espace-temps ou la résolution spatio-temporelle, devient primordial, et il faut

l'inclure dans le formalisme mathématique qui permet de décrire et de comprendre les faits mesurés. Le monde microscopique est fractal, ce qui veut dire qu'on peut toujours observer à des résolutions plus petites et qu'on trouve toujours des choses différentes correspondant à la résolution à laquelle on regarde. L'exemple le plus frappant est celui de l'électron : contrairement à l'idée reçue, il est plus simple à grande qu'à petite échelle (voir schéma page ci-contre).

Ainsi, «le principe nouveau que j'ajoute à la physique, plus précisément, la relativité d'échelle, souligne Laurent Nottale, explique qu'on puisse voir des choses différentes en fonction de la résolution. Le monde quantique n'est plus fou, puisque la différence inexpliquée des résultats en fonction de l'échelle est maintenant nécessaire et compréhensible. En fait, c'est l'espace-temps lui-même qui est différent selon les échelles. Et c'est parce que son rôle est primordial qu'il produit des résultats différents en fonction des échelles.» Exit les résultats paradoxaux de la mécanique quantique, qui donnaient lieu à des dérives interprétatives.

Reste un problème de taille : comment passer du monde quantique au monde classique ? «Il faut d'abord bien comprendre que la transition entre ces mondes n'est pas absolue mais relative au système considéré. En règle générale, la limite classique-quantique se situe au niveau de l'angstrom (un dix-millionième de millimètre, ou  $10^{-10}$  m), c'est-à-dire à l'échelle caractéristique des atomes. Mais l'identification entre microscopique et quantique est abusive : il y a des objets quantiques macroscopiques. Par exemple, lorsqu'on écoute la radio sur les ondes métriques, c'est un rayonnement aux propriétés quantiques qui nous parvient.

«Ma conjecture, c'est que les propriétés quantiques sont un effet du caractère fractal de l'espace-temps à petite échelle.» Dans ce contexte, il n'est pas interdit de rêver et d'imaginer qu'on puisse fabriquer des matériaux macroscopiques aux propriétés quantiques ; la plus intéressante étant la propriété de cohérence. En effet, au niveau quantique, on ne peut pas s'amuser à couper un objet en deux, à mettre les deux parties à droite et à gauche et à dire qu'il se passe quelque chose d'un côté sans qu'il se passe quelque chose de l'autre. Les utilisations de matériaux macroscopiques dotés de telles propriétés seraient fabuleuses : la réparation d'un immeuble se répercuterait instantanément sur son frère jumeau...»

## La détermination de Claudia

**Un être humain est le résultat d'une détermination quantique (les informations inscrites dans la chaîne d'ADN) et de facteurs extérieurs. C'est donc un lieu privilégié où communiquent en permanence les mondes microscopique et macroscopique. Résultat : une cohérence unique.**



# aussi du quantique



T. Pétillot

En fait, Laurent Nottale est en avance d'une révolution : « Un tel objet quantique macroscopique cohérent pourrait déjà exister dans la nature ; c'est le vivant ! En effet, l'une des propriétés principales de l'être humain, c'est de montrer une cohérence sur à peu près 2 mètres. » On retrouve ici les recherches sur les liens de cohérence et d'interaction entre l'esprit et le corps. Le raisonnement est le suivant. Ce que nous sommes est en grande partie déterminé par notre code génétique. Or, les bases qui composent la grande chaîne d'ADN de notre code génétique sont du niveau de grandeur de l'angstrom, c'est-à-dire qu'elles possèdent des propriétés quantiques. L'information génétique a été écrite au niveau de la transition quantique-classique, et les êtres vivants montrent une structure fractale hiérarchisée de cette taille à 2 m. D'ailleurs, ajoute Nottale, « cette continuité d'échelle peut aussi s'étendre à l'organisation en société et, pourquoi pas, à la Terre entière ».

Une telle cohérence globale, de l'ADN à la planète, difficile à observer sinon à accepter, est une conséquence directe du caractère fractal de l'objet considéré. En effet, l'une des caractéristiques des fractals, c'est non seulement d'avoir des structures à toutes les échelles mais aussi d'échanger des informations entre toutes ces échelles. « Les

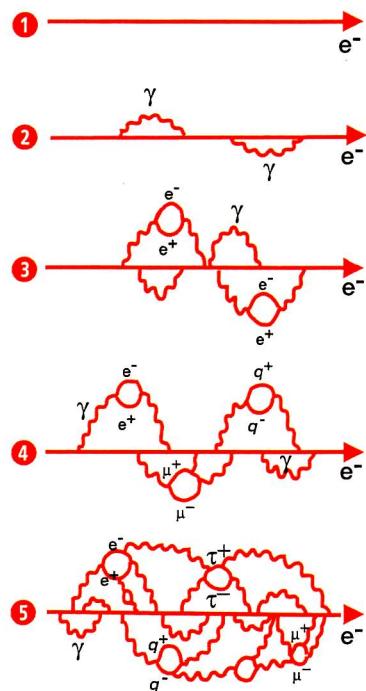
lois d'échelle, ou ces équations différentielles que je suis justement en train d'élaborer, permettent de formaliser mathématiquement le passage d'informations d'une échelle à l'autre. » Comme les équations différentielles sont réversibles, il n'est pas plus difficile de monter que de descendre entre ces échelles.

Ici aussi, mine de rien, c'est un bouleversement radical de la vision classique de la science. En effet, depuis Descartes, il est établi que, pour comprendre le complexe, il faut le décortiquer en éléments plus simples. Ce réductionnisme, qui a été, au cours des siècles, d'une grande efficacité pour comprendre et, en partie, maîtriser la nature, est contesté dans son principe. Dans la vision fractale du monde, les informations à petite échelle ne sont pas plus simples qu'à grande échelle (voir l'exemple de l'électron), et les informations recueillies à grande échelle peuvent nous informer sur les plus petites descriptions. Le global n'est pas une simple somme d'informations locales.

Plus précisément, dans une description fractale du monde, les objets existent à toutes les échelles à la fois (mais on ne les voit qu'à une seule), et les échanges d'informations entre les différentes échelles sont permanentes. ■■■

## La particule élémentaire qui contient toutes les autres

**Modèle du caractère fractal du monde microscopique, l'électron.** Au premier niveau, c'est une particule élémentaire cohérente et insécable ①. Mais, si l'on regarde de plus près, on s'aperçoit qu'il émet et absorbe des photons en permanence ②. Encore plus profondément, on voit la création de paires d'électrons-positons ③. Un degré de plus, et ce sont des paires muons-antimuons qui apparaissent ④. Finalement, avec une précision infinie, l'électron est composé de toutes les particules élémentaires virtuelles ⑤. Comme les fractals, l'électron présente des aspects différents en fonction de l'échelle à laquelle on l'observe.



# L'Univers n'a plus d'

■ ■ ■ L'exemple des êtres humains clarifie le problème : «Notre code génétique, nos cellules, nos membres, notre cerveau fonctionnent en même temps et échangent des informations en permanence, mais nous ne voyons que le résultat "2 m". Idée difficile à accepter par les scientifiques parce qu'il manque le formalisme, les équations qui donneraient du poids à la réalité telle qu'on l'observe et à son interprétation fractale.»

L'objectif de Laurent Nottale est bien d'élaborer un formalisme (appliqué pour l'instant essentiellement dans le domaine quantique) anti-cartésien qui permettrait de passer indifféremment des petites aux grandes échelles. Et même aux très grandes échelles, celles qui concernent l'Univers dans son ensemble.

Reprendons la description du monde. A l'échelle microscopique, les bizarries quantiques s'expliquent par le fait que l'espace-

temps y est fractal et qu'à chaque résolution on y voit des choses nouvelles. Puis il y a une transition quantique-classique qui se situe à peu près au niveau de l'angström. Ensuite, il y a le monde classique proprement dit, celui dans lequel nous vivons et dont l'espace n'est pas fractal (chaque échelle permet de préciser ce qu'on voit sans le modifier).

Mais ce domaine classique, stable, reposant, ne s'étire pas jusqu'à l'infini. «Je pense qu'il y a aussi à grande échelle une transition qui ouvre un domaine de l'Univers où l'espace-temps devient fractal : une sorte de symétrie avec le monde quantique.» Où se situe cette transition ? Pour Laurent Nottale, ce problème est relié à un phénomène cosmologique primordial, l'expansion de l'Univers. Ce phénomène, découvert dans les années vingt, suppose que l'espace est en expansion constante depuis le big bang, dont l'explosion lui aurait donné l'im-

## TROIS INFINIS ET DEUX TRANSITIONS

Pour Laurent Nottale, le point zéro, dans le temps comme dans l'espace, n'existe pas. Il y a bien une taille et un temps minimaux de l'Univers, mais, s'ils sont finis, ils sont aussi inaccessibles. De même pour la taille maximale et le caractère fini ou non de l'Univers.

Pour comprendre cet énoncé paradoxalement, il faut penser à une donnée bien connue : la vitesse de la lumière. Tout le monde sait qu'elle est de 300 000 km/s. Or, tout le monde sait aussi que cette vitesse est le domaine exclusif de la lumière et de toutes les particules qui n'ont pas de masse. Autrement dit, un objet massif quelconque peut s'approcher indéfiniment de la vitesse de la lumière sans jamais l'atteindre : il lui faudrait une impulsion, c'est-à-dire une énergie infinie – ce que même l'Univers n'a pas... La vitesse de la lumière

est donc «finie et inaccessible», donc, d'un certain point, de vue infinie.

Ce sont ces mêmes caractéristiques que possèdent les limites inférieure et supérieure de l'Univers vu par Laurent Nottale. Le plus petit espace possible est connu : il s'agit de l'échelle de Planck, soit  $10^{-33}$  cm (tout l'Univers juste avant le big bang...) ①, mais il n'est pas accessible, si ce n'est de manière asymptotique, comme un infini. De la même manière, la taille maximale est connue et finie,  $10^{28}$  cm (liée à la valeur de ce qu'on appelle la constante cosmologique, au-delà de ce que les astronomes peuvent voir aujourd'hui) ②, et on ne peut jamais l'atteindre.

Comment de telles notions sont-elles concevables ? Ici encore, il faut jeter les vieux cadres de pensée. Dans les do-

maines où il y a un espace-temps fractal (quantique et cosmologique), les règles prennent de drôles de tournures. En effet, dans ces univers,  $2 \times 2$  ne font plus 4, pas plus que  $4 : 2$  ne font 2. L'exemple de la lumière sera, là aussi, un bon guide. Imaginons qu'une voiture se déplace à la vitesse de 200 000 km/s. Imaginons que cette voiture soit posée sur un train qui se déplace lui aussi à 200 000 km/s. La voiture devrait logiquement se déplacer à 400 000 km/s. Or, on sait que c'est impossible, puisque la vitesse de la lumière est de seulement 300 000 km/s ③ et qu'elle est indépassable. Il faut donc que, lorsqu'on mesure ce phénomène,  $200 000 + 200 000$  ne fassent pas 400 000 ! En réalité, cela s'explique très bien par les effets relativistes, en jeu seulement à ces échelles de masse et

de vitesse gigantesques. A ce niveau, les vitesses ne peuvent plus s'ajouter ni dépasser 300 000 km/s.

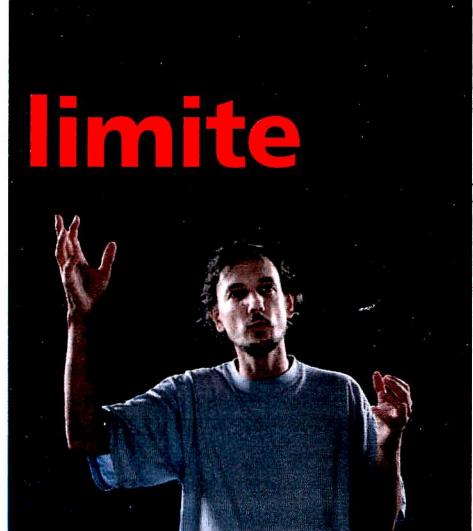
Outre ces trois infinis – origine et taille de l'Univers, vitesse de la lumière –, le monde de Laurent Nottale comporte aussi deux transitions particulières. La première entre les mondes quantique et classique (au niveau de l'angström, c'est-à-dire la taille d'un atome) ④. La seconde, entre les mondes classique et cosmologique (au niveau des galaxies, avec leur halo de matière) ⑤. Le monde est finalement divisé en trois parties continues mais distinctes : la partie quantique, avec son espace fractal, la partie classique et stable, avec un espace plat dans lequel nous vivons, et la partie cosmologique, dont l'espace devient fractal et mouvant (en expansion). A admirer de loin uniquement...



# origine ni de limite

pulsion, à la manière d'un ballon qui se gonflerait progressivement après un premier souffle. Or, si l'on ne peut nier cette expansion à très grande échelle, elle est inexistante à la nôtre, c'est-à-dire dans le domaine classique.

Il est facile de le vérifier : si l'expansion de l'espace était partout en action, vous vous éloigneriez du journal que vous êtes en train de lire et de tout ce qui vous entoure dans les mêmes proportions. En fait, une expansion "générale" affecterait les atomes et tout ce qui existe, de telle sorte que les proportions relatives seraient toujours préservées : il serait donc impossible de s'en apercevoir. Or, si les astronomes peuvent la voir et la mesurer, c'est que certaines choses (notre domaine) ne sont pas en expansion. En revanche, les grandes structures de l'Univers le sont. L'expansion semble commencer au niveau d'une galaxie, ou plus précisément d'un petit amas de galaxies.



T. Pétillot

On retrouve, à partir d'objets de cette taille, le même phénomène fractal qu'à l'échelle quantique, mais inversé : plus l'échelle à laquelle on regarde est grande, plus les figures observées diffèrent (galaxies, amas, superamas, grands murs, organisation en bulles de savon, etc.). L'espace-temps cosmique redevient fractal, et il faut tenir compte de la résolution à laquelle on

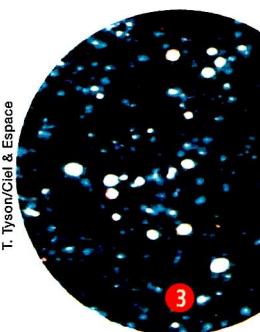
...



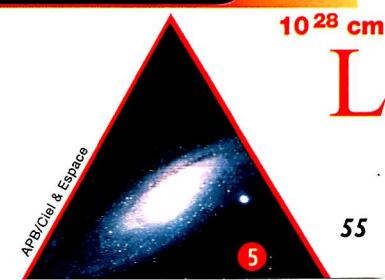
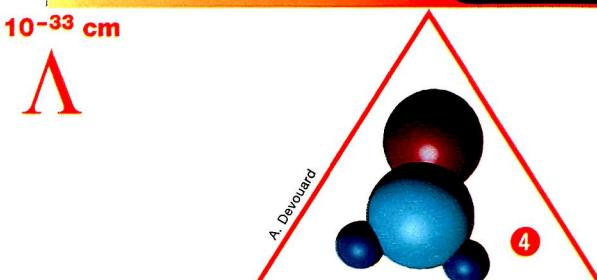
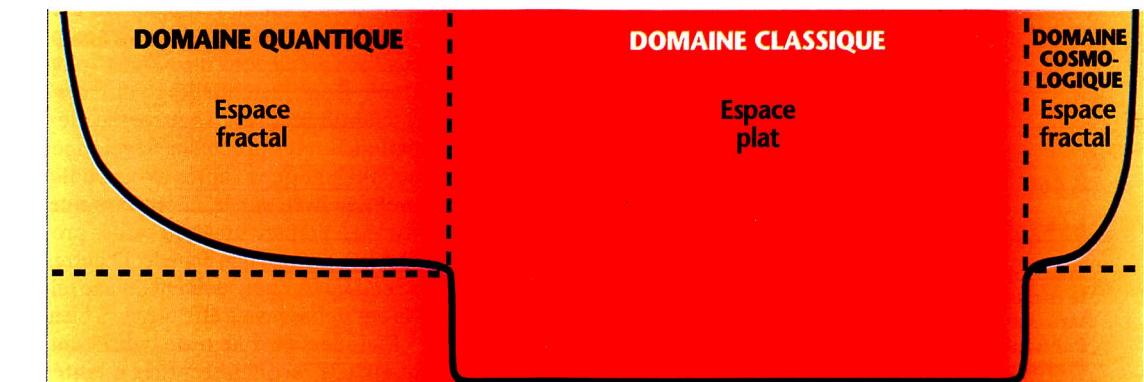
J. Baum/SPL/COSMOS



D. Parker/SPL/COSMOS



T. Tyson/Ciel & Espace



# Le monde gagne en cohérence

■■■ regarde pour comprendre, rendre compte et peut-être même prédire certaines structures observées ou à découvrir.

Une question reste en suspens : que deviennent les points d'origine et la taille de l'Univers dans une telle théorie ? Laurent Nottale, ici encore, a une réponse totalement originale. De la même manière que la vitesse de la lumière est finie (300 000 km/s) mais impossible à dépasser, le point d'origine spatial et temporel est connu mais impossible à atteindre. Il en est de même pour la taille réelle de l'Univers. On peut la connaître, mais on ne peut l'atteindre. Au total, le monde vu par Laurent Nottale contient trois constantes finies et infinies à la fois (origine, taille de l'Univers et vitesse de la lumière) et deux échelles critiques de transition, quantique-classique, classique-cosmologique (voir encadré page 54).

Après une telle élaboration théorique, en quoi Laurent Nottale a bouleversé notre vision du monde ? On peut dégager quelques points primordiaux. D'une part, il poursuit l'unification de la physique par l'introduction d'une nouvelle variable, qui est la résolution, ou échelle des phénomènes. D'autre part, il explique les phénomènes étranges de la mécanique quantique, en particulier leur nature aléatoire. Par ailleurs, et ce n'est pas le moindre des défis, il supprime les paradoxes de l'origine et de la taille de l'Univers. Enfin, avec ses équations, le monde dans sa complexité devient plus cohérent, puisqu'il n'y a pas de privilège du petit sur le grand : tout ce qui



T. Paillet

existe – et donc aussi les vivants – participe du local comme du global.

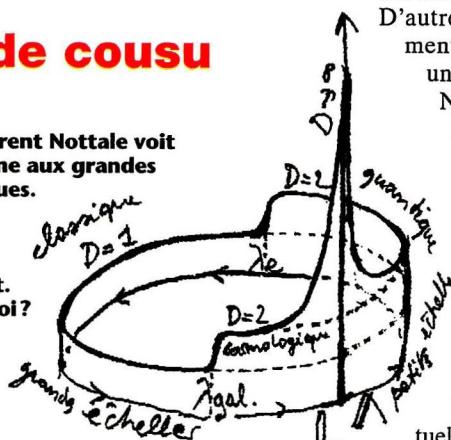
Qu'avons-nous gagné ? D'un point de vue formel, c'est l'idée de relativité qui sort renforcée et, pour la première fois, réellement généralisée. En ce qui concerne la description du monde, il faut maintenant ajouter la composante "échelle de résolution" à tout ce que l'on veut connaître. De ce point de vue, c'est un progrès, une accumulation, au sens scientifique. Reste la question piège : cette théorie est-elle vraie ? Va-t-elle réellement renverser l'ancien monde, bouleverser de manière irréversible notre compréhension actuelle ?

Laurent Nottale suit-il une bonne intuition ? Va-t-il mener à bien son développement mathématique et trouver de nouvelles lois acceptées de tous ? Ses prédictions théoriques (physiques, astrophysiques) seront-elles confirmées ? Certains scientifiques en sont persuadés. D'autres attendent les prochains développements mathématiques : après avoir publié un premier livre sur la microphysique, Nottale en prépare un autre sur les problèmes à plus grande échelle. D'autres scientifiques, enfin, doutent qu'une telle entreprise puisse être menée à bien. Mais personne ne reste indifférent, et tous reconnaissent les qualités scientifiques et intellectuelles de leur auteur. C'est une banalité de dire que le dernier mot appartient à l'avenir. Mais, dès aujourd'hui, on peut dire que la beauté de l'idée, la force des arguments et l'audace intellectuelle méritaient ce long détour. ■

## Un monde cousu main

Voici comment Laurent Nottale voit le monde, de l'atome aux grandes structures galactiques.

Particularité : l'infiniment petit et l'infiniment grand se rejoignent. Comment ? Pourquoi ? C'est peut-être le dernier mystère de l'Univers.



SPECIAL  
ETE

# SCIENCE & VIE HIGH TECH

LE MAGAZINE DE L'IMAGE ET DU SON

TOUT SUR LES  
SIMULATEURS DE VOL

## SPECIAL VACANCES

### PARTIR :

- Objectifs 24 x 36 : le guide complet
- Un poste CB dans votre autoradio

### REVENIR :

- Tour de France des laboratoires photo
- 10 titreurs de films vidéo à la loupe
- Photo numérique : les prix baissent !



T 4329 - 16 - 30.00 F-RD



N°16 - 30 F - 219 FB - 8,20 FS - 4,200 DK

Portugal Cont 800 ESC - 45 Dh - \$ Can 5,50 - Réunion/Antilles/Guyane 36F

**La mer,  
la plage  
et...  
Science & Vie  
High Tech.**

LE MAGAZINE DE L'IMAGE ET DU SON

# Avez-vous la "faculté des maths" ?

■ La polémique fait rage chez les spécialistes du fonctionnement du cerveau : la maîtrise des mathématiques est-elle innée ou acquise ? Certains savants pensent, expériences à l'appui, qu'un bébé de 5 mois sait déjà compter. D'autres le contestent farouchement. En réalité, la faculté du raisonnement met en jeu tout notre corps, et nos émotions...

PAR ROMAN IKONICOFF

**S**'il est un point – peut-être le seul – sur lequel l'humanité s'entend, c'est bien que  $1 + 1 = 2$ . Les spécialistes du fonctionnement du cerveau cherchent par tous les moyens à élucider les arcanes de cette faculté à la fois si singulière et si universelle, le raisonnement mathématique. L'enjeu est en effet de taille : il s'agit d'essayer de reproduire cette fonction cérébrale supérieure dans des machines de plus en plus sophistiquées. Il ne se passe pas de semaine sans qu'un nouveau "progrès" survienne.

## RÉSEAUX DE NEURONES "CRÉATIFS"

Ainsi vient-on de mettre au point, au MIT (Massachusetts Institute of Technology), un ordinateur qui peut être "piloté" par nos ondes cérébrales. On vient aussi de créer des réseaux de neurones numériques (mini-programmes informatiques interconnectés) capables de reproduire des

"objets" mentaux, donc doués de créativité. Cependant, aucun ordinateur n'est capable de comprendre les mathématiques. Et, avant de les leur apprendre, encore faudrait-il savoir comment l'être humain en acquiert la maîtrise. Voici de nouveau posée la grande question : les mathématiques sont-elles du domaine de l'inné ou de celui de l'acquis ? Ambitieuse question, dont les réponses commencent à s'élaborer. La plus convaincante date de 1992. Cette année-là, la psychologue américaine Karen Wynn (département de psychologie de l'université d'Arizona) annonce sans hésiter qu'un nourrisson de 5 mois sait compter ! Elle a conduit une expérience qui consiste à démontrer que de très jeunes enfants "préfèrent"  $1 + 1 = 2$  à  $1 + 1 = 3$ ... Plus précisément, elle a observé comment le bébé fixait son attention sur différentes illustrations représentant des événements "possibles" ( $1 + 1 = 2$ ) et des événe-

ments "impossibles" ( $1 + 1 = 1$  ou  $1 + 1 = 3$ ). Lorsque le nourrisson fixe du regard un événement pendant un certain temps, cela signifie que ce qu'il regarde éveille son attention : l'événement est dit "possible". S'il s'en détourne immédiatement, c'est qu'il s'en désintéresse : l'événement est "impossible".

## MICKEY, PROF DE LOGIQUE

C'est d'après ce principe que Karen Wynn a mené l'expérience suivante (voir pages 62 et 63) : le nourrisson est placé face à une fenêtre derrière laquelle vont apparaître des marionnettes (des Mickey). Une marionnette est mise d'abord au centre de la fenêtre. Après un bref délai, elle est cachée. L'expérimentateur introduit une deuxième marionnette derrière le cache, en faisant en sorte que le nourrisson aperçoive cette action.

# "bosse

Puis il enlève le cache.

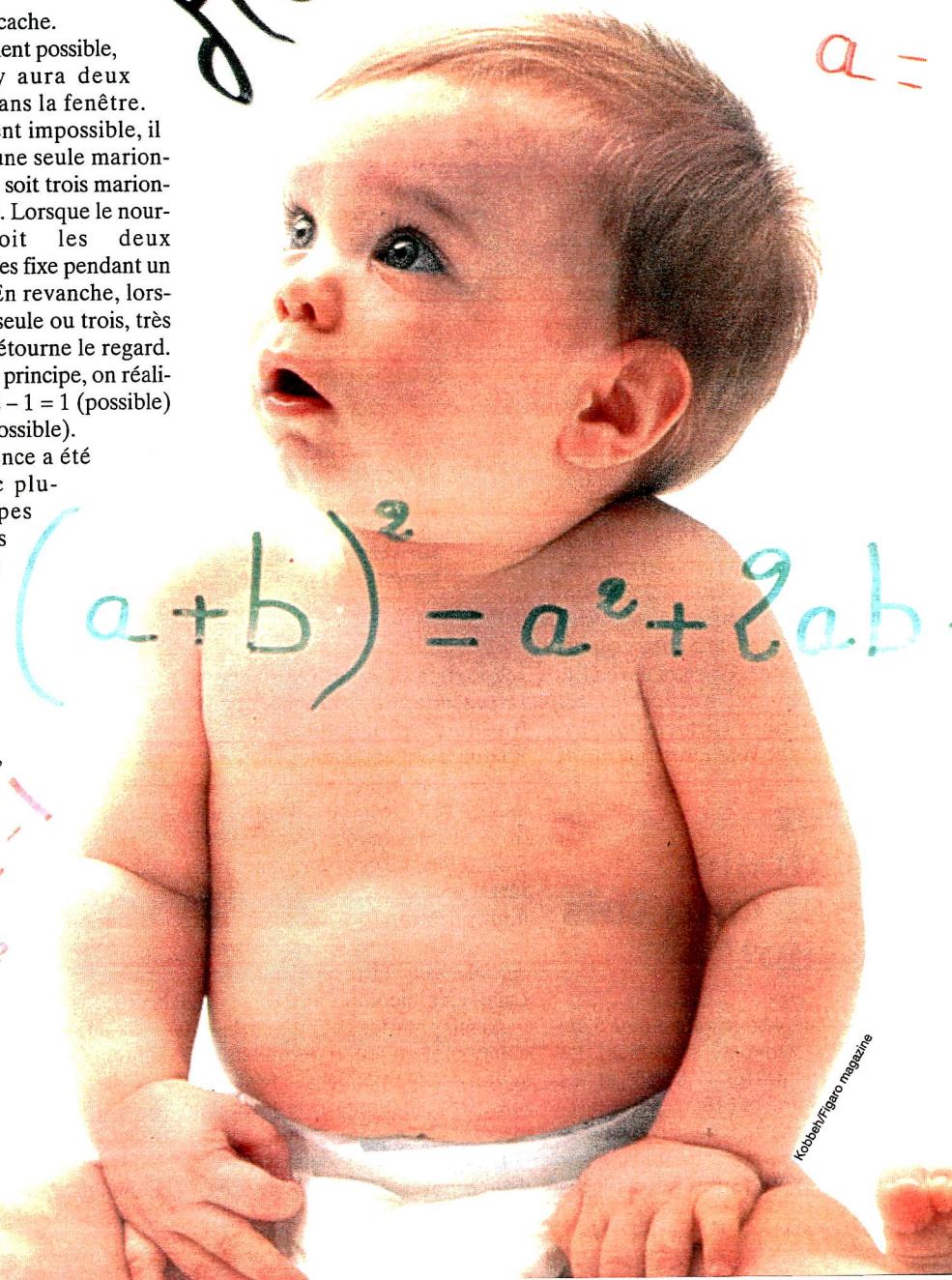
Dans l'événement possible,  $1 + 1 = 2$ , il y aura deux marionnettes dans la fenêtre. Dans l'événement impossible, il apparaîtra soit une seule marionnette ( $1 + 1 = 1$ ), soit trois marionnettes ( $1 + 1 = 3$ ). Lorsque le nourrisson aperçoit les deux marionnettes, il les fixe pendant un certain temps. En revanche, lorsqu'il y en a une seule ou trois, très rapidement, il détourne le regard. Suivant le même principe, on réalise l'expérience  $2 - 1 = 1$  (possible) et  $2 - 1 = 2$  (impossible).

Cette expérience a été effectuée avec plusieurs groupes d'enfants, les résultats sont donc statistiques et reproductibles.

Depuis la publication de ceux-ci dans la revue *Nature* (1), c'est la course aux inter- ■■■

$$x^2 + 14x + 16 = 11^2 - 60$$
$$8(2\sqrt{2}) = 11^2 - 60$$

$$a =$$



## la bosse des maths

■■■ prétations (qui ressemble à une guerre de tranchées) dans le milieu des sciences cognitives. Pour les uns, l'expérience signifie que le calcul est inné, pour les autres, seule la bêtise des tenants de cette thèse est innée. Bref, pour Claire Meljac, psychologue à l'hôpital Sainte-Anne, à Paris, « on risque à tout instant de tomber dans "l'adultomorphisme". Les sciences cognitives en sont à leur préhistoire. On attend encore le savant qui unifiera tous ces modèles parfois contradictoires... dans cent ou deux cents ans ».

Les cognitivistes en sont donc réduits aux conjectures. Ils ne peuvent décentrement pas découper nos bambins de 5 mois en fines lamelles pour étudier leur cerveau. Les questions que soulève l'expérience de Wynn sont nombreuses : s'agit-il de calcul ou de raisonnement ? Est-ce un phénomène inné ou acquis ?

La première question n'est pas facile à trancher, car, au niveau cérébral, calcul et raisonnement sont deux phénomènes distincts mais fortement interconnectés.

Pour ce qui est du calcul chez l'adulte, la manipulation des nombres serait issue, selon le linguiste Noam Chomsky, de nos facultés linguistiques et de notre capacité à manipuler des objets et des collections d'objets. De concrètes, ces manipulations auraient suivi un mouvement vers l'abstraction et

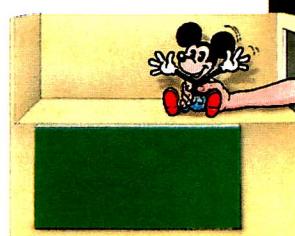
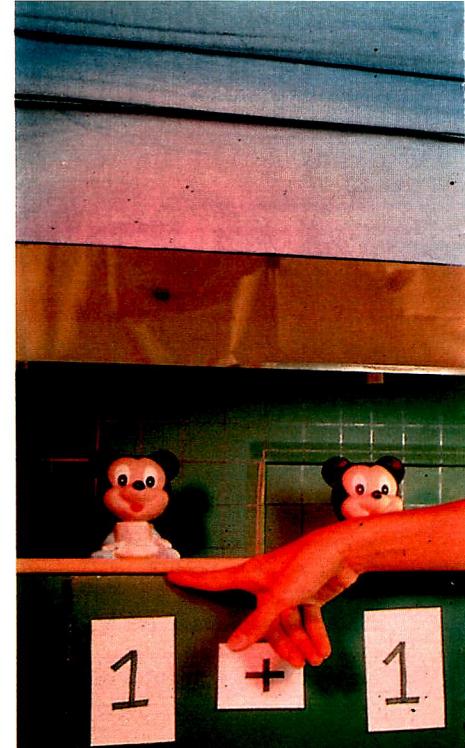
## Tentez de calculer "trente-cinq fois dix-sept"

l'efficacité, aboutissant aujourd'hui à deux systèmes qui se côtoient : les nombres parlés ("sept") et les nombres arabes ("7").

Faites une expérience : tentez de calculer le produit "trente-cinq fois dix-sept" (en toutes lettres) sans

## Le théâtre des opérations

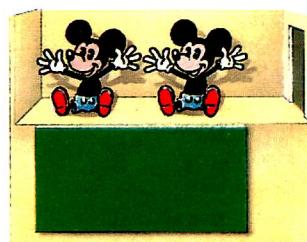
**Dans son expérience, la psychologue américaine Karen Wynn utilise un théâtre de marionnettes dans lequel le nourrisson de 5 mois va suivre une petite histoire de Mickey. Pendant que le "spectacle" se déroule, une caméra filme le mouvement des yeux du bébé, permettant ainsi d'analyser son intérêt pour l'histoire.**



**1** Le nourrisson voit un Mickey introduit sur scène par une main venant de la droite.



**2** Puis un cache vient masquer le Mickey aux yeux du bébé.



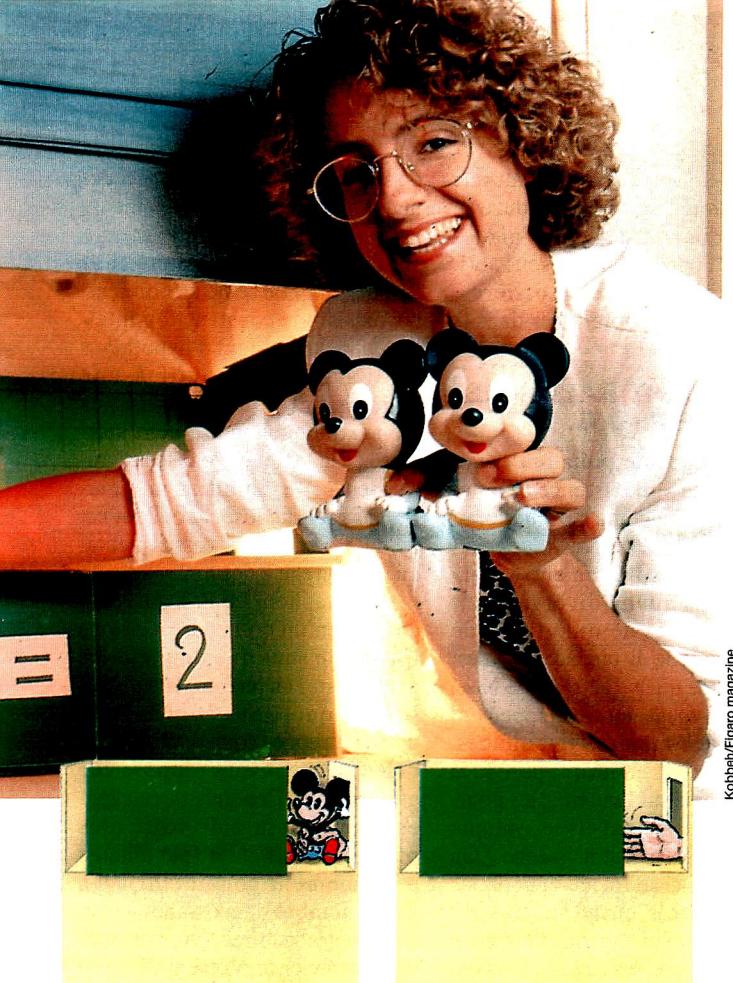
**POSSIBLE** : le cache enlevé, le bébé voit deux Mickey et s'y intéresse.

recourir aux nombres arabes. Impossible. En revanche, "trois fois huit", rien de plus simple. Pourquoi cette différence ? Dans le premier cas, vous ne pouvez faire appel à votre mémoire, il vous faut donc utiliser les chiffres arabes. Dans le second cas, votre mémoire réactive le souvenir des tables de multiplication (qui vous ont tant fait souffrir) stockées sous forme verbale, sans faire appel à la symbolique des nombres arabes.

Ainsi, pour les cognitivistes, le calcul met en jeu au moins deux systèmes "symboliques" : le système verbal ("sept") et le système visuel ("7").

L'existence de ces deux systèmes a été prouvée par l'étude de nom-

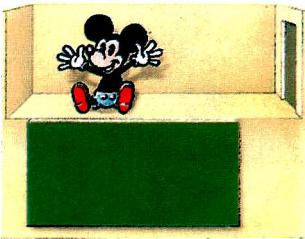
breux cas de lésions cérébrales. Voici deux exemples empruntés à Laurent Cohen, neurologue au service de neurologie de l'hôpital de la Salpêtrière, et Stanislas Dehaenne, chercheur au laboratoire de sciences cognitives et de psycholinguistique du CNRS. Le pre-



Kobeh/Figaro magazine

**3** Un second Mickey est alors introduit derrière le cache.

**4** La main ressort lentement, de façon que le nourrisson perçoive cette action.



Dessin M. Marie

**IMPOSSIBLE** : si un seul Mickey apparaît, il s'en désintéresse.

mier est celui d'une patiente présentant à l'évidence un déficit de son système verbal. Mme D.A.S. avait de grandes difficultés à résoudre des additions ou des multiplications simples. Pour l'addition, elle se servait de ses doigts ; pour la multiplication, elle était

incapable de trouver le résultat correct. En revanche, lorsqu'on lui présentait des additions et des multiplications à plusieurs chiffres, elle montrait une connaissance parfaite des procédures de calcul, alignait correctement les chiffres et décomposait le calcul complexe en sommes de calculs simples. Hélas, elle ne pouvait aller au-delà, car elle était incapable d'effectuer les calculs simples (du type  $5 \times 8 = 40$ ).

A l'opposé, M. B. était capable d'accomplir toutes les additions et les multiplications à un chiffre, car il puisait dans les tables de multiplication de sa mémoire à long terme. Cependant, il avait perdu la connaissance des procédures complexes. Ainsi, lorsqu'il devait cal-

culer le produit  $142 \times 5$ , il faisait  $2 \times 5 = 10$ ,  $4 \times 5 = 20$  et  $1 \times 5 = 5$ , d'où le résultat absurde  $142 \times 5 = 52\,010$ .

Il existe enfin un troisième système. Car l'homme ne se contente pas de calculer. Il "approxime". Il y passe même le plus clair de son temps. Un exemple : si j'écris  $23 \times 25 = 52$ , vous allez presque instantanément me démentir, sans pour autant pouvoir me donner le bon résultat.

## EST-CE QUE **2 + 2 = 5 ?**

Voici un exemple encore plus parlant : il s'agit d'un cas de lésion cérébrale entraînant une aphasie sévère (perte de certaines facultés liées au langage) et une acalculie (perte de la faculté de reconnaître et d'utiliser les nombres) : M. N.A.U. avait perdu toute connaissance exacte des nombres et des opérations arithmétiques. Mais il pouvait traduire les nombres en quantités numériques approchées et les traiter comme tels. Il était incapable de calculer  $2 + 2$ , et ne pouvait rejeter  $2 + 2 = 5$  comme faux. Cependant, il était capable de reconnaître rapidement que  $2 + 2 = 9$  était impossible, car il savait que 9 était bien supérieur à  $2 + 2$ . Ainsi, plus la "distance" entre les nombres était élevée, plus il arrivait à les différencier.

Ce cas, parmi bien d'autres, a inspiré aux auteurs l'existence d'un troisième système, de type "analogique". Ce système, contrairement aux deux autres (verbal et visuel), manipule non pas des symboles ("sept" ou "7") mais des quantités approximatives. Le système analogique fait appel à une "technologie" bien plus primaire, voire primitive. La différence est du même ordre que celle qui existe entre la machine à calculer mécanique (de Pascal) et nos calculatrices d'aujourd'hui. Alors que les calculatrices électroniques manipulent des symboles (0 ou 1), les machines analogiques, elles, manipulent des quantités physiques. Les volt-

# la bosse des maths

■■■ mètres, balances ou thermomètres en sont des exemples. Notre système analogique de calcul va transformer immédiatement les nombres en grandeurs physiques, en leur associant une longueur (mentale) qui sera traitée sur une ligne numérique. A partir de là, une addition entre deux nombres prendra la forme de deux segments sur la ligne mis bout à bout, une comparaison entre deux nombres sera représentée par deux segments mis côte à côté. L'avantage d'un tel système travaillant en parallèle avec les deux autres, c'est d'être bien plus rapide. Son inconvénient, c'est qu'il est bien moins précis.

Dans le modèle appelé "triple code" par ses créateurs, Laurent Cohen et Stanislas Dehaene, les trois systèmes interagissent constamment. Lorsque vous séchez lamentablement devant votre feuille d'impôts, votre système visuel (chiffres arabes) va traiter les calculs en les décomposant en additions et multiplications élémentaires qui feront appel à des

chaînes de votre mémoire verbale ("trois fois quatre égale douze"), tandis que votre système analogique d'approximations vous abritera de toute erreur grossière – pouvant vous coûter cher dans le cas des impôts !

## COMMENT RAISONNE LE P.-D.G. ?

Selon une interprétation « évolutionniste », l'existence d'un tel système analogique s'expliquerait par la nécessité de pouvoir choisir la meilleure solution entre deux situations qui ne divergeraient qu'en termes de quantités (de nourriture, de distance, etc.). C'est ce système qui aurait servi de base, avec le langage, au développement des deux systèmes symboliques. Bien sûr, c'est sur lui que portera la controverse sur l'innéité : les nourrissons possèdent-ils le système analogique dès leur naissance ? Ou bien celui-ci se forme-t-il après ? Et, dans ce cas, quand apparaît-il ?

Pour pouvoir fournir l'esquisse d'une réponse, les cognitivistes ont

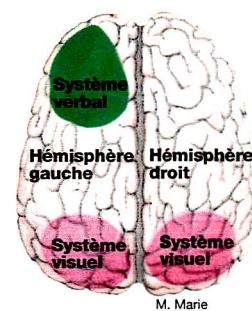
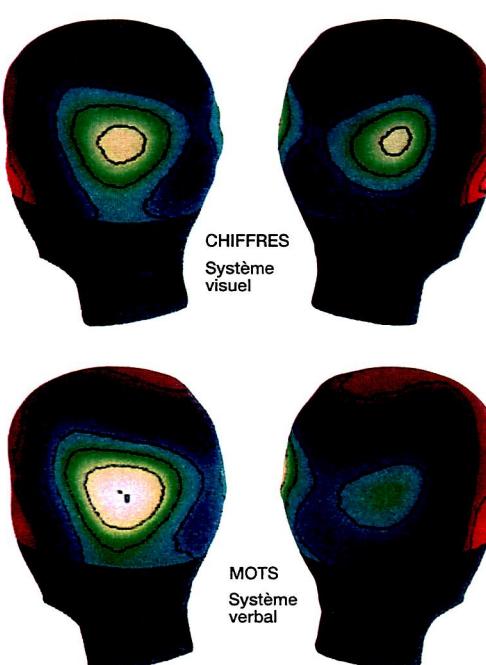
dû se pencher sur l'autre aspect des mathématiques : le raisonnement.

Comment peut-on définir le raisonnement mathématique chez l'adulte ? Si l'on se fie au bon sens, il s'agit d'une construction intellectuelle qui, partant d'hypothèses ou d'axiomes, aboutit à une conclusion, selon des règles d'enchaînement clairement définies par la logique. Pour les cognitivistes, cette définition ne signifie pas grand-chose, car elle n'est qu'un produit du processus mental qu'on cherche à définir.

La métaphore du P.-D.G. (bien connue en théorie de la décision) illustre le sens que donnent les cognitivistes au phénomène du raisonnement : vous êtes P.-D.G. d'une entreprise commerciale et un nouveau client vous propose une affaire en or. Cependant, ce client est l'ennemi juré de votre plus proche collaborateur (par ailleurs extrêmement compétent). Un grand nombre de messages – souvent contradictoires – vont assailler votre conscience. Votre système de

## QUAND LE CERVEAU CALCULE

Au moyen d'électrodes placées sur le cuir chevelu, on obtient la configuration du champ électrique à la périphérie du cerveau. La première série de clichés correspond à la différence (du point de vue cérébral) entre un signal de type visuel ("7") et un signal de type verbal ("sept"). La deuxième série montre que le système analogique s'active lorsque la "distance" entre les nombres à traiter est suffisamment grande.



## SEPT N'ÉGALÉ PAS 7

Lorsqu'on voit un nombre arabe ("7"), le système visuel est activé dans les deux hémisphères. Pour un nombre écrit ("sept"), c'est le système verbal qui est activé dans l'hémisphère gauche.

calcul va vous indiquer le gain que vous pourriez retirer d'une association avec ce nouveau client, votre mémoire vous rappellera les gains que votre collaborateur vous a permis de réaliser et, par projection, ceux qu'il va sans doute vous apporter demain.

### J'INHIBE, DONC JE SURVIS

De façon plus élémentaire (et inconsciente), le raisonnement fonctionne constamment ainsi. Face à une situation donnée (concrète ou abstraite), plusieurs systèmes sont activés : celui du calcul, celui de la mémoire à long terme, etc. Tous ces systèmes envoient leurs réponses à un "système superviseur attentionnel" – ainsi que l'a baptisé le neuro-psychologue Tim Shallice –, situé dans les lobes préfrontaux. Mais ces réponses peuvent être contradictoires. Le système superviseur se retrouve souvent confronté à des alternatives qu'on pourrait qualifier d'"indécidables", comme

dans le cas du P.-D.G. Il va alors faire appel à une instance qui, dans notre culture, a souvent été décrite comme l'anti-raisonnement : les émotions, situées dans le système limbique.

Suivant le modèle d'Olivier Houdé, professeur de psychologie cognitive à Paris V, c'est à ce niveau qu'intervient un processus d'inhibition : tous les choix inadaptés à notre "survie" seront inhibés (par une sorte de sélection naturelle). Un comportement irrationnel ne serait donc pas le résultat d'un manque de rationalité mais d'un défaut dans le processus d'inhibition. L'irrationalité n'est pas de l'a-rationalité mais de l'hyper-rationalité.

Mais en quoi et comment le raisonnement est-il lié aux émotions ? Tout au long de notre existence, nous emmagasinons des expériences. Au niveau le plus primaire, cette acquisition fonctionne sur un mode binaire : cette plante me donne des forces, donc son goût est stocké dans la mémoire avec l'indication "positif pour la survie".

Le système limbique lui attribue alors une sensation de plaisir. Si cette plante m'empoisonne, le même processus interviendra, avec l'indication "déplaisir". Plus tard, le simple goût (bon, mauvais) nous indiquera la valeur de survie. Bien sûr, les expériences se complexifient, mais le principe reste le même. Une fois l'expérience réalisée,

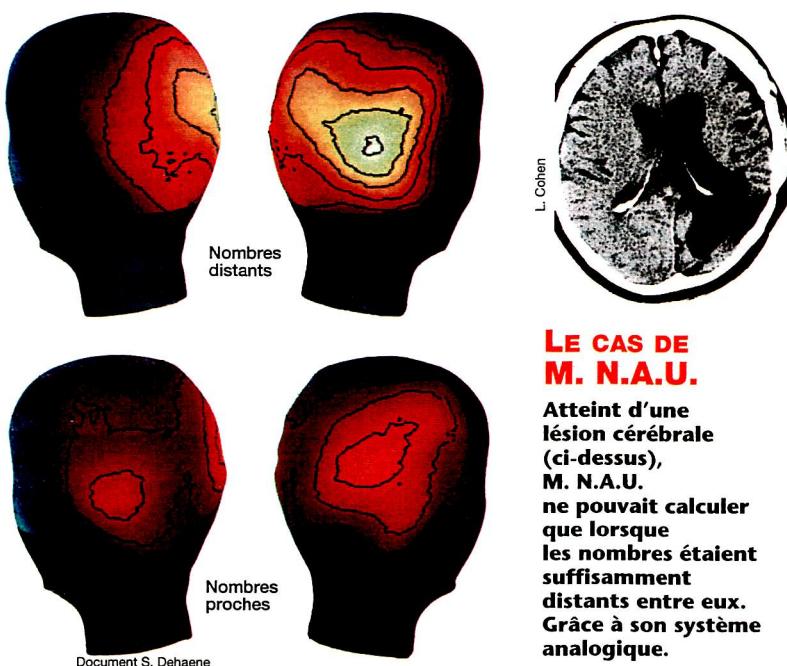
## Un théorème procure une émotion esthétique

sa valeur de survie devient un élément de mémoire qui reste, heureusement, à un niveau inconscient (sinon, nous serions constamment assaillis par des souvenirs). Le processus d'inhibition prend alors la place du rejet conscient.

Ainsi, lorsqu'un mathématicien démontre un théorème et éprouve une émotion esthétique, il crée en fait un nouvel objet à "valeur de survie positive".

### "QUANTIFIER LE DISCRET"

Quand on parle d'émotions, on fait indirectement allusion au corps. En effet, le corps semble jouer un rôle important dans le raisonnement et le calcul. Comme l'écrit Antonio Damasio (voir *Science & Vie* n° 933, p. 70), « le corps, par le biais de sa représentation cérébrale, constitue sans doute l'indispensable cadre de référence de ces processus neuraux dont nous éprouvons la mise en œuvre comme celle de notre esprit. Car il est plus qu'une structure soutenant le cerveau et modulant son fonctionnement : il fournit un contenu fondamental aux représentations mentales. » Ainsi, le corps servirait de base au calcul, de la même façon qu'un repère sert de base au tracé d'une courbe.

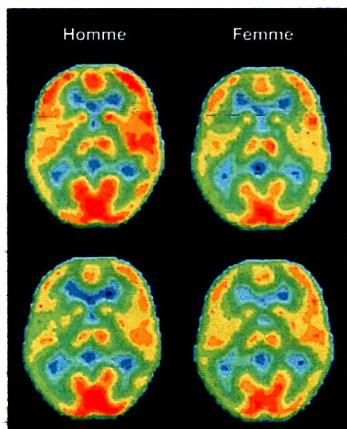


# la bosse des maths

Il semble indubitable que le nourrisson vient à la vie avec une certaine "panoplie" d'émotions et, fait incontesté, avec un corps. Il possède donc les préalables du raisonnement ; et, peut-être, comme nous l'avons vu, l'aptitude au calcul approximatif. Mais ces fonctions sont-elles innées ou précoce-ment acquises ? C'est toute la recherche de la communauté cognitiviste.

Il faut commencer par définir clairement l'objet dont on va débattre. Les cognitivistes étant gens prudents, ils ont décidé que, pour les nourrissons, on parlerait d'un "calcul-raisonnement embryonnaire-perceptif". Ce qui masque à peine le flou de leurs concepts.

En résumé : lorsque l'enfant vient au monde, il possède dans le cerveau des programmes génétiques et des capacités innées sous forme embryonnaire ou ayant pu se développer pendant la grossesse. Parmi ces capacités, celle qu'on nomme "inter-modale" lui permet de faire le lien entre, par exemple, la vue et l'action musculaire



## Les femmes, plus douées

**Selon le neurologue Richard Haier, pour calculer, le cerveau féminin fait moins d'efforts que le cerveau masculin. Ce qui signifie que, dans ce cas, le cerveau féminin est plus efficace.**

(comme lorsque le bébé tire la langue, en imitant ses parents). Il possède aussi la capacité de collectionner les *stimuli* qu'il reçoit (ce qui deviendra la mémoire). L'inhibition est là, mais encore sous forme embryonnaire et inactive.

Pour certains chercheurs, dont Jacqueline Bideaud, professeur émérite de psychologie à l'université de Lille III, les bébés auraient aussi la capacité de « quantifier le discret, c'est-à-dire de détecter la numérosité ». Il s'agit d'un concept à mi-chemin entre l'idée d'appréhension perceptive du nombre et celle d'ignorance intellectuelle du nombre. Ainsi, à 5 mois, comme le dévoile l'expérience de Wynn, le bébé peut mémoriser des événements et mener des raisonnements simples sous forme d'inférences dont les règles dépendent non pas de la logique mais de sa structure mentale et peut-être du système analogique.

## DES "PUCES" BATTUES PAR DES ENFANTS

A ce stade, on peut conclure que les mathématiques, ou plus précisément les capacités nécessaires à leur développement, sont plus innées qu'on ne le croit, mais que l'acquis reste bien entendu prépondérant pour accéder aux raisonnements complexes. Si ces derniers peuvent être sans difficulté digérés par les machines, celles-ci sont encore loin de pouvoir créer, et à plus forte raison démontrer des théorèmes. Même simples. Qu'on se souvienne de la nouvelle puce Pentium d'Intel, présentée à grands cris comme la plus puissante du monde. On a découvert, en novembre 1994, qu'elle faisait de grossières erreurs de calcul, qu'un enfant de 12 ans ne commet plus... ■

(1) Vol. 358, 27 août 1992.

## LES MATHS EXISTENT-ELLES ?

Se pencher sur le problème de l'innéité des mathématiques pré-suppose que l'on considère qu'elles n'ont pas de réalité objective. Car ce qui existe en dehors de nous ne peut susciter un tel débat. Ainsi, on ne se demande pas si un arbre est inné ou acquis. Il est donc légitime de s'interroger : les objets mathématiques existent-ils sans nous ?

Vaste question. Pour les cognitivistes, les mathématiques sont une "sécrétion cérébrale", et leur apparente universalité tient au fait que nous avons tous la même structure mentale. Ainsi, des extraterrestres suffisamment évolués aux structures mentales diffé-

rentes des nôtres développeraient une autre logique d'appréhension de la réalité, conduisant à d'autres mathématiques.

Bien sûr, ce point de vue est farouchement contesté par les mathématiciens, qui parlent de "découverte" plutôt que d'"invention". Pour ces derniers, il n'y aurait pas de différence entre le mathématicien élaborant une théorie et Christophe Colomb découvrant l'Amérique.

● A lire sur le sujet : *Matière à pensée* (1), dialogue entre le mathématicien Alain Connes et le neurologue Jean-Pierre Changeux.

(1) Point, Ed. Odile Jacob.

### POUR EN SAVOIR PLUS

*Les chemins du nombre, J. Bideaud, C. Meljac et J.-P. Fischer, Presses universitaires de Lille.*

*La pensée logico-mathématique, O. Houdé et D. Miéville, PUF.*  
*Numerical cognition, S. Dehaene, Blackwell.*

# DÉCOUVREZ LE MONDE DE L'INNOVATION ELECTRONIQUE



**CONRAD**  
ELECTRONIC

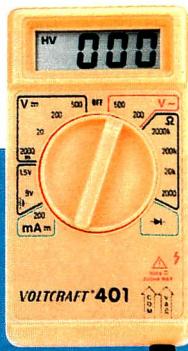
Recevez  
le Catalogue de l'Électronique 96  
**542**  
pages !

■ SCANNER  
REALISTIC PRO 50

■ PENTYPE ECO LINE VC-222



■ MULTIMETRE  
DIGITAL DT 830B



■ CONFIGURATION  
486 DX 4-100 MHZ  
VESA MULTIMEDIA



■ CD-ROM  
QUADRUPLE VITESSE

■ POINTEUR LASER  
"EXQUISIT"



■ CENTRALE  
D'ALARME  
6 ZONES



■ COMPTEUR POUR VELO  
TOP CAB TC5

Le nouveau catalogue Conrad Electronic : plus de 13.000 références dont : les applications domestiques, l'audio-visuel, l'automobile, les composants, le modélisme, l'informatique, la télécommunication, la librairie technique... un choix fabuleux, des prix extraordinaires !

**29 F**

REMBOURSÉS  
dès la première  
commande

## BON DE COMMANDE

à retourner à Decock Electronique S.A. - Boîte Postale 78 - 59003 LILLE Cedex  
ou par Minitel 3615 CONRAD mot de passe W2

**OUI** je désire recevoir le Catalogue CONRAD ELECTRONIC 1996  
au prix de 29 F (remboursé dès la première commande).

Règlement par carte bancaire

Règlement par chèque bancaire ci-joint

Date expiration

Signature

Nom  Prénom

Adresse

Code postal  Ville

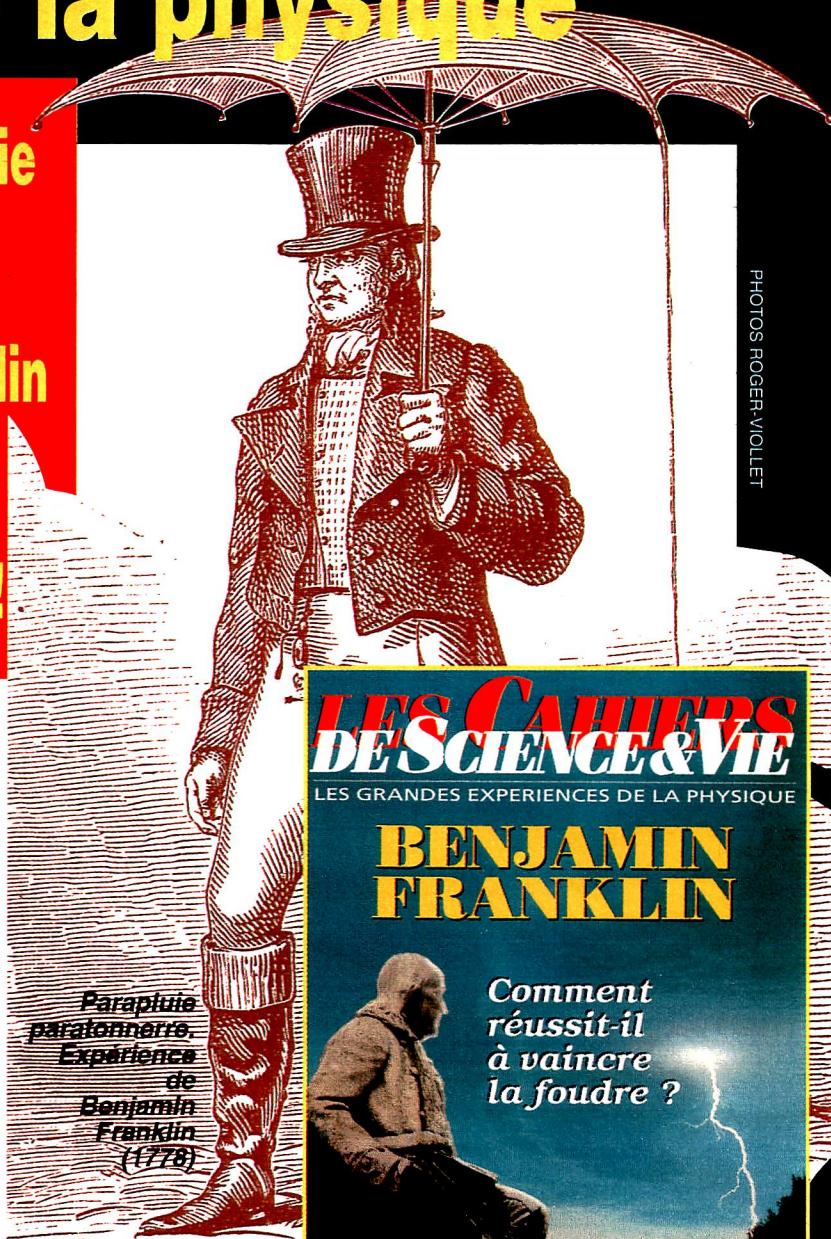
Tél :  MINITEL 3615 CONRAD

MOT DE PASSE W2

# Les grandes expériences de la physique

Depuis la théorie électrique de Benjamin Franklin jusqu'au paratonnerre !

Physicien, philosophe et homme politique américain, Benjamin Franklin a révolutionné la théorie électrique du XVIII<sup>e</sup> siècle. A partir d'expériences sur la bouteille de Leyde, il élabore une théorie comptable de l'électricité. Théorie originale qui analyse la circulation des charges électriques en termes de débits et crédits, ce qui donnera l'électricité positive et négative. Elle arrive en France avec le paratonnerre pour lequel il est le plus connu. Retrouvez dans ce numéro des CAHIERS DE SCIENCE & VIE l'ambiance surannée de l'Amérique coloniale dans laquelle s'inscrit cette série d'expériences.



PHOTOS ROGER-VIOLLET

**LES CAHIERS  
DE SCIENCE & VIE**

**DES HISTOIRES RICHES  
EN DECOUVERTES**

EN VENTE PARTOUT

# UNE NOUVELLE ARME STRATÉGIQUE

# L'ESPIONNAGE SPATIAL

DEPUIS LA FIN DE LA GUERRE FROIDE, L'ARME NUCLÉAIRE N'EST PLUS L'INSTRUMENT DE DISSUASION ABSOLU. FACE À CERTAINS PAYS TOTALITAIRES QUI POURRAIENT PASSER OUTRE À LA TERRIBLE MENACE, IL VAUT MIEUX PRÉVENIR QUE GUÉRIR. LA GUERRE DU GOLFE, EN 1991, A DÉMONTRÉ LE RÔLE DÉTERMINANT DES SATELLITES D'OBSERVATION AMÉRICAINS. POUR NE PLUS DÉPENDRE DU MONOPOLE DE LEUR ALLIÉ, LES EUROPÉENS ONT LANCÉ L'AMBITIEUX PROGRAMME HÉLIOS, DONT LE PREMIER SATELLITE EST OPÉRATIONNEL DEPUIS JUILLET.

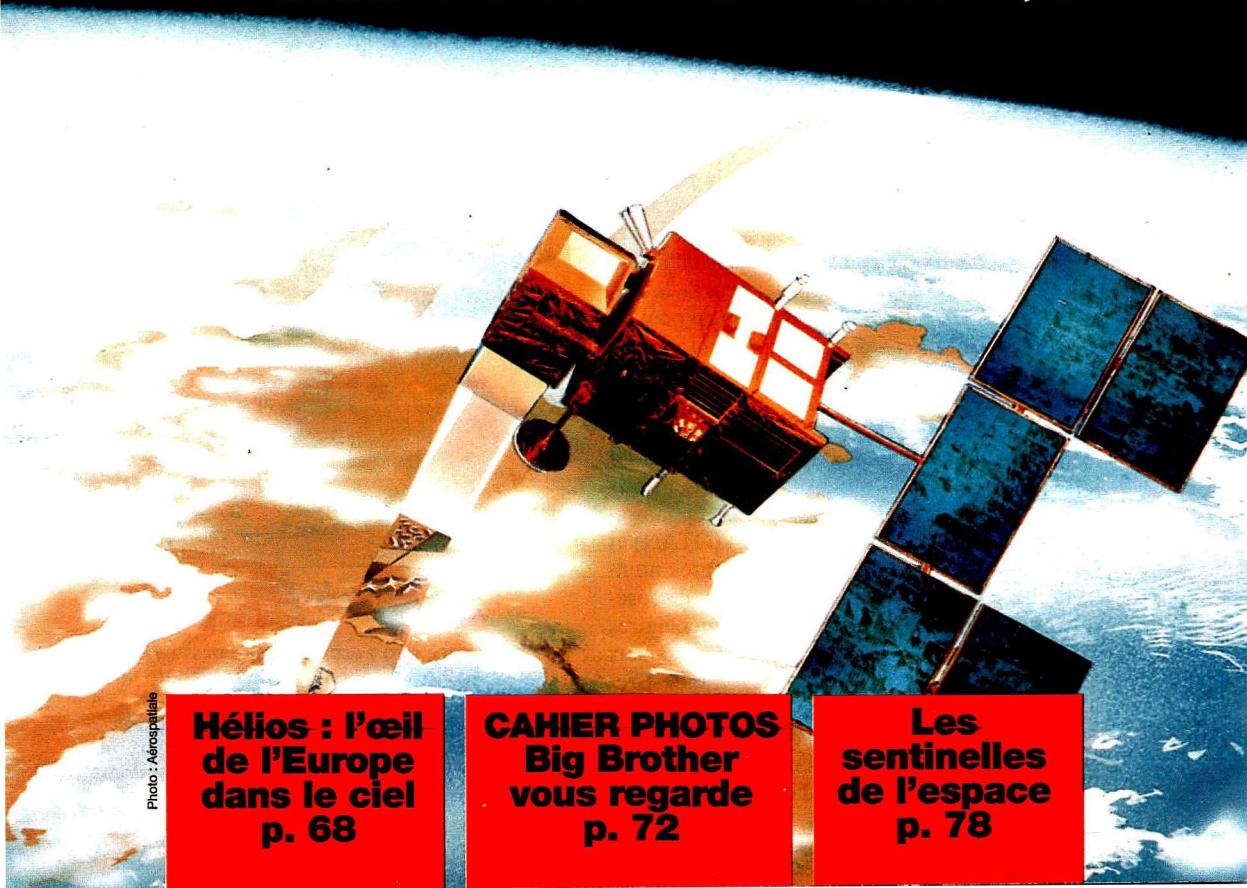


Photo : Aérospatiale

**Hélios : l'œil de l'Europe dans le ciel**  
p. 68

**CAHIER PHOTOS**  
**Big Brother vous regarde**  
p. 72

**Les sentinelles de l'espace**  
p. 78

# HÉLIOS : L'ŒIL DE L'EUROPE DANS LE CIEL

■ La France, l'Italie et l'Espagne se sont associées dans le lancement d'*Hélios 1*, un satellite d'observation militaire de très haute technologie. *Hélios 2* suivra en 2001, avec, cette fois, la participation de l'Allemagne. L'Europe ne veut plus dépendre des Etats-Unis pour sa sécurité.

PAR GERMAIN CHAMBOST

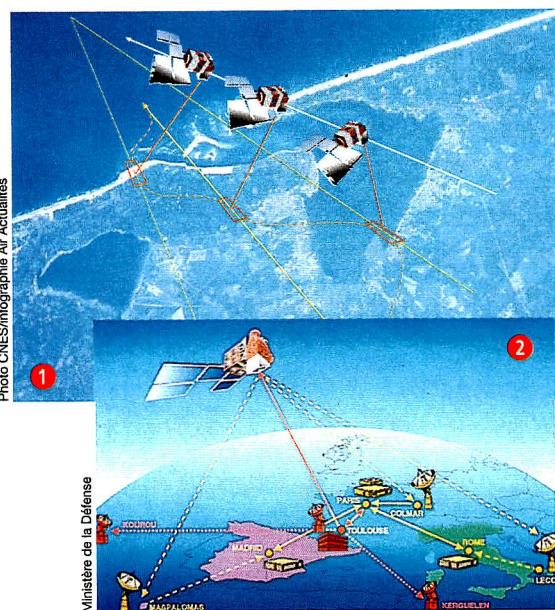
**D**urant la guerre froide, la possession de l'arme nucléaire était le gage suprême de l'indépendance et de la souveraineté pour une nation, qui affirmait ainsi sa puissance. Elle signifiait que, en cas de menace de la part d'un adversaire, quel qu'il fût, elle était capable de répliquer et d'infliger à ce dernier des dommages sans comparaison possible avec le gain qu'il pouvait espérer de son agression. La peur de la destruction réciproque contenait la soif de pouvoir ou de domination des pays qui s'opposaient au nom d'idéologies rivales et irréconciliables.

La théorie de la dissuasion était fondée sur ce principe. Elle demeure valable aujourd’hui. Mais la situation internationale a changé. La menace ne se cantonne plus seulement aux grands blocs militaires antagonistes, Organisation du traité de l’Atlantique nord (OTAN) et pacte de Varsovie. Elle est plus diffuse : nombreux sont les pays qui disposent, ou disposeront à brève échéance, d’arsenaux nucléaires – même rudimentaires par rapport aux arsenaux des Grands (Etats-Unis, Russie, Grande-Bretagne, Chine, France) – ou encore d’armes de destruction massive (biologiques ou chimiques). Les dirigeants de ces pays seraient prêts à sacrifier une partie de leur population pour satisfaire

leur appétit de conquête. La seule menace d'une réplique peut ne pas suffire à les dissuader.

Puissance et souveraineté ne se mesurent donc plus seulement par la détention de l'arme nucléaire. Mieux vaut prévenir, c'est-à-dire disposer des moyens permettant de connaître les intentions de ses adversaires potentiels. Ces moyens, ce sont les satellites d'observation, qu'en d'autres temps on aurait appelés satellites espions. La guerre du Golfe (et ses suites) a montré leur importance, mais aussi leurs limites. Durant le conflit contre l'Irak, des engins comme le satellite européen à usage civil *SPOT* étaient utilisés pour fournir la cartographie nécessaire à la préparation des missions d'attaque aérienne, sur le territoire koweïtien ou irakien. Aujourd'hui encore, le département de la Défense des Etats-Unis est le premier acheteur des images fournies par *SPOT* – disponibles à la vente. Mais c'étaient des satellites américains *Key Hole* qui recueillaient les informations les plus fines, les plus précises, sur les installations, les défenses et les concentrations de troupes irakiennes.

La résolution des images obtenues par un sa-



# Un espion bavard

Grâce à son orbite polaire basse, *Hélios* "visite" chaque point de la planète une fois par jour, avec des angles de prise de vue variables ①. Résultat : des images très riches en informations dont bénéficient les trois pays partenaires du programme, reliés par un réseau performant ②.

tellite, c'est-à-dire la précision des détails qu'elles offrent (voir le tableau p. 70), est en effet incomparablement meilleure avec un Key Hole (résolution de l'ordre de 30 cm) qu'avec un SPOT (résolution de 10 m). Les successeurs des Key Hole, les Kennan, ont une résolution estimée à 15 cm dans leur version améliorée.

## LES NUAGES L'AVEUGLENT

Dans ce domaine, les Etats-Unis détenaient un véritable monopole (même si les satellites d'observation russes survolaient eux aussi le territoire irakien). Les alliés des Américains se trouvaient donc dépendants de ceux-ci pour l'obtention de renseignements. Et lorsque, en mai 1993, ces mêmes Américains décidèrent d'effectuer des frappes avec des missiles de croisière sur des installations irakiennes, au prétexte que celles-ci recelaient une menace, d'après leurs observations par satellite, personne n'était en mesure de contester une telle affirmation ni de juger de son bien-fondé...

La France, consciente du problème, avait décidé dès 1986 de lancer un programme de satellite

militaire d'observation : *Hélios* (le nom grec du Soleil, celui qui voit tout, à qui rien n'échappe). Il faisait suite aux études menées dans le cadre du projet SAMRO (satellite d'application militaire de reconnaissance optique). L'année 1986 avait vu la mise en orbite et le début de l'exploitation du satellite d'observation civil *SPOT* : les militaires avaient ainsi pu apprécier l'apport de l'imagerie spatiale. Avec *Hélios*, il s'agissait donc pour la France de se doter des moyens d'apprécier par elle-même une situation de crise.

*Hélios* est un satellite optique (photographique), dérivé très largement de *SPOT 4* afin d'abaisser les coûts autant que possible. Mais il est doté d'une résolution bien supérieure à celle du satellite civil : de l'ordre du mètre, pour autant que l'on puisse le savoir. Mais – limitation inhérente à la prise de vue optique – une couverture nuageuse au sol rend *Hélios* aveugle...

Son orbite est une orbite polaire basse, héliosynchrone (son plan fait un angle constant avec la direction Terre-Soleil), qui varie entre 400 et 800 km (celle de *SPOT* est de 822 km). Le satellite survole donc des points de même

## LES VIRTUOSES DE L'INTERPRÉTATION

Il ne suffit pas de recueillir des milliers d'images ; encore faut-il les interpréter. C'est le rôle des "photo-interprètes". Au nombre d'une centaine à l'heure actuelle, ils ont été formés à travailler sur des photographies aériennes prises d'avion, ou les images du satellite civil *SPOT*. Il y a quelques années encore, ils travaillaient sur des documents "papier", à l'aide d'une gomme, d'un crayon et

d'un compas. Leur mission : trier les données afin de faire ressortir les éléments intéressants. Par exemple, sur une installation militaire, localiser bâtiments, sites de lancement, matériels, voies de communication, etc.

Mais l'interprétation consiste aussi – surtout, pourrait-on dire – à faire ressortir des renseignements non directement visibles, par déduction et synthèse. Les dimensions d'un site de mis-

siles, sa disposition et ses voies d'accès permettront, par exemple, de déterminer le type des missiles, même si ceux-ci sont invisibles ou pas encore installés. Ainsi, il devient possible de suivre l'évolution d'une situation militaire, des mouvements de troupes, l'extension d'un site nucléaire ou balistique, à l'aide d'images d'un même lieu photographié à intervalles réguliers.

Aujourd'hui, les photo-interprètes travaillent sur ordinateur en s'aidant de logiciels comme OCAPI (Outil conversationnel d'aide à la photo-interprétation), mis au point pour le compte des armées par la société Fleximage, une filiale récente de l'Aérospatiale.

Comme les données fournies par les satellites

arrivent sous forme numérique, on a pu croire que la photo-interprétation deviendrait entièrement automatique – l'ordinateur se chargeant d'extraire et de trier les renseignements réclamés par les utilisateurs, faisant ressortir les détails dont on lui a fourni les caractéristiques. On s'est aperçu, à l'usage, qu'il n'en était rien. L'œil humain demeure indispensable pour guider la machine, l'orienter dans ses recherches et corriger ses erreurs éventuelles. L'expérience du photo-interprète – le "piaise" (de PIAO, photo-interprétation assistée par ordinateur), comme on l'appelle parfois –, ses connaissances et son "flair" pour déceler camouflages et leurres se révèlent là encore indispensables.



Ministère de la Défense

■ ■ ■ latitude à la même heure solaire locale. Sa masse en orbite est de 2,5 t (elle est de 14 t pour un Kennan américain).

Le coût de la réalisation était élevé : 7 milliards de francs au moment du lancement du programme, 11,7 milliards aujourd'hui. Ce chiffre (qui inclut les équipements au sol et le lancement d'*Hélios 1 A* en juillet 1995) comprend la fabrication de deux satellites : l'un en orbite (*Hélios 1 A*), l'autre en secours au sol (*Hélios 1 B*), prêt à être lancé dès l'année prochaine en cas de défaillance du premier. *Hélios 1 B* possède des performances équivalentes à celles d'*Hélios 1 A*. Il emporte lui aussi des enregistreurs magnétiques (sur le modèle de ceux de *SPOT*), qui lui permettent d'enregistrer quelques centaines de données images numériques, retransmises au sol lorsqu'il se trouve à la portée d'une des trois stations de réception. Il est de plus équipé d'une mémoire embarquée pour le stockage des informations.

Le prix élevé du programme et la volonté de structurer les alliances européennes ont très vite

incité les responsables français à rechercher des coopérations. En 1987, l'Italie se joignait à la France, en prenant une part de 14 % dans le coût du programme. Puis c'était au tour de l'Espagne, en 1988, avec 7 %. En 1993, les trois pays proposaient que l'Union de l'Europe occidentale (UEO), seul organisme de la Communauté qui ait compétence pour s'occuper des problèmes de Défense, ait accès aux images d'*Hélios*, toujours dans le but d'associer les Européens à un programme leur assurant une certaine indépendance : cela se fera par l'intermédiaire du Centre d'exploitation de l'imagerie satellitaire, implanté à Torejon, en Espagne.

## "LIBRE-SERVICE" D'IMAGES

Au total, une trentaine d'industriels français, italiens et espagnols sont impliqués dans ce programme à divers titres : Matra Marconi Space comme maître d'œuvre, l'Aérospatiale pour l'instrument de prise de vue, sans oublier la contribution d'Alcatel et de la Société européenne de propulsion (SEP). Il était convenu

## UNE QUESTION DE RÉSOLUTION

■ Selon la résolution des images fournies par le satellite d'observation optique, leur interprétation peut être plus ou moins précise.

**La détection** permet de repérer objets ou installations (avion, gare, route, poste de commandement, site de missiles, etc.) et de les localiser (avec une certaine marge d'erreur) sur une carte géographique ou un plan.

**La reconnaissance** affine ces renseignements : l'avion est identifié comme bombardier ou chasseur grâce à ses dimensions générales.

**L'identification** plus précise (type exact de l'avion – ou des missiles sur un site de lancement –, écartement des voies ferrées, etc.) requiert des images d'une résolution beaucoup plus grande, c'est-à-dire le *nec plus ultra* des satellites-espions. Une caractéristique coûteuse, on s'en doute... *Hélios* représente donc un compromis entre la résolution (environ 1 m), la largeur du champ de la prise de vue, le nombre de passages sur la zone (qui dépend de l'orbite choisie)... et le prix.

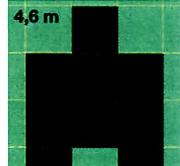
OBJECTIF	DETECTION	RECONNAISSANCE	IDENTIFICATION
<b>Gare</b>	15 m	4,5 m	1,5 m
<b>Route</b>	6 m	4,5 m	1,5 m
<b>Pont</b>	6 m	4,5 m	1,5 m
<b>Aérodrome</b>	6 m	4,5 m	3 m
<b>Troupes</b>	6 m	2 m	0,5 m
<b>PC*</b>	3 m	1 m	0,3 m
<b>Site missiles</b>	3 m	1,5 m	0,15 m
<b>Dépôt</b>	3 m	0,5 m	0,15 m
<b>Véhicule</b>	1,5 m	0,5 m	0,15 m

\* Poste de commandement

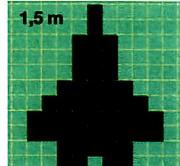
Avion à repérer



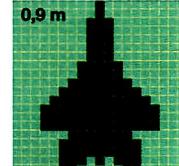
Résolution minimale pour une détection...



... une reconnaissance générale



... une reconnaissance affinée



... une identification précise.



# LE COUPLAGE RADAR-OPTIQUE

Il ne faut pas opposer, comme on le fait parfois, les satellites d'observation optiques (*SPOT*, dans le domaine civil, ou *Hélios*, dans le domaine militaire) aux satellites d'observation radar (*ERS*, Environmental Radar Satellite de l'Agence spatiale européenne, ou *Horus*). Ces engins sont en réalité complémentaires, à condition qu'ils aient des résolu-

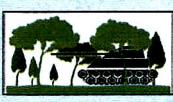
tions "homogènes", c'est-à-dire d'un même ordre de grandeur. Ils ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients.

Ainsi, contrairement au satellite optique, le radar "voit" à travers les nuages. Mais l'interprétation des images obtenues est plus délicate, puisque celles-ci résultent de l'écho des ondes électromagnétiques émises par le satel-

lite vers la zone observée.

De son côté, le satellite radar présente l'avantage de ne pas se laisser leurrer, ce qui est particulièrement important au plan militaire. Les photographies optiques de faux chars gonflables en caoutchouc, comme ceux utilisés par l'Irak durant la guerre du Golfe, peuvent en revanche tromper le "photo-interprète" (voir encadré p. 69). Face à ce type de leurre, le radar (qui réagit sur des masses et des surfaces métalliques), lui, ne fournit tout simplement pas d'image... La comparaison entre les images obtenues avec l'un et l'autre systèmes permet donc de déceler la supercherie. Une opération qu'il est aujourd'hui possible d'effectuer pratiquement en temps réel.

## Satellites radar : des observateurs spécialisés

Bandes de fréquence	L (de 1 215 à 1 300 MHz)	S (de 3 100 à 3 300 MHz)	C (5 252 à 5 350 MHz)	X (de 9 500 à 9 600 MHz)
Résolution théorique maximale à 20° d'incidence	5 m	2 m	4,5 m	1,5 m
Applications privilégiées	Pénétration à travers l'eau ou la végétation 	Structures horizontales métalliques 	Icebergs 	Haute résolution 

dès le départ que le temps d'utilisation possible du satellite se répartirait au prorata des participations financières. Chacune des trois nations partenaires dispose donc de son propre "segment sol" (implantés à Lecce, à Maspalomas et à Colmar – voir schéma p. 68). Les images reçues sont cryptées différemment pour chaque pays afin de garantir la confidentialité. Le centre principal français de Creil, au nord de Paris, regroupe les commandes d'images émanant de Madrid et de Rome. En fonction de ces demandes, un programme des observations du lendemain est établi puis transmis à la station de contrôle du CNES à Toulouse, qui dirige les opérations.

La durée de vie espérée d'*Hélios 1* est de quatre ou cinq ans. En avril 1994, le ministère français de la Défense a lancé le programme *Hélios 2*, qui prévoit lui aussi la réalisation de deux satellites, *Hélios 2 A* et *Hélios 2 B*, dérivés de *SPOT 5*. *Hélios 2* devrait entrer en service vers 2001. Le prix de ce programme est sensiblement le même que celui d'*Hélios 1*, l'amélioration des performances compensant la réduction de coût que l'on peut attendre de "l'effet de série" (construction multiple d'engins dont les élé-

ments de base sont identiques). *Hélios 2* aura une résolution meilleure que celle d'*Hélios 1*, et des capacités de prises de vue plus importantes, ce qui permettra, entre autres, de répondre aux besoins d'éventuels nouveaux partenaires.

## HORUS, UN PAS DE PLUS VERS L'AUTONOMIE

La participation des Italiens et des Espagnols au programme *Hélios 2* est encore aujourd'hui incertaine – même si elle est probable. Celle des Allemands est attendue, sans doute à hauteur de 10 % du coût du programme. Mais les Allemands ont toujours affirmé leur préférence pour un satellite d'observation radar, indépendant des conditions météorologiques de la zone à observer. Ce sera le programme Osiris, récemment rebaptisé Horus, dont la maîtrise d'œuvre reviendrait à l'Allemagne mais auquel participeraient d'autres pays européens, dont la France. L'Europe pourrait ainsi se doter, à terme, de moyens assurant son autonomie vis-à-vis des Etats-Unis. D'autant que, avec *Ariane* et le centre spatial de Kourou, elle possède également les moyens de lancement de ses propres satellites militaires. ■

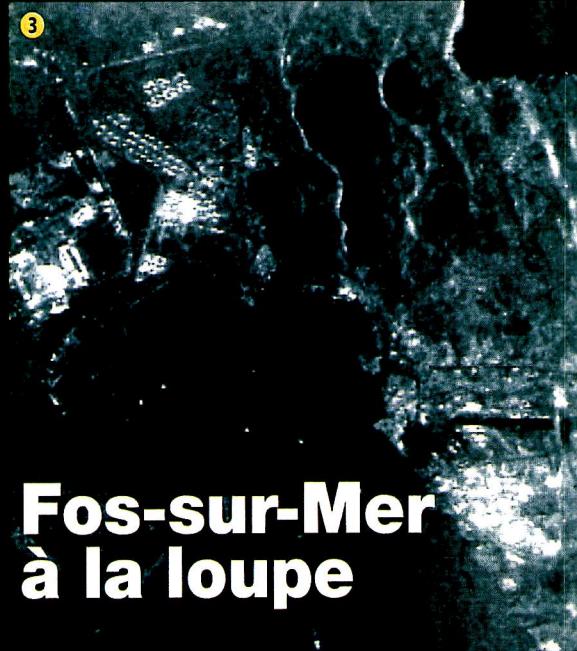
# Big Brother vo



■ Hélios envoie de l'espace des images dont la résolution laisse rêveur : moins de 1 m. De plus, avec la PIAO (photo-interprétation assistée par ordinateur), le moindre détail peut être mis en évidence. Une technique qui a demandé à la société Fleximage des années de recherche, en collaboration avec la Défense nationale, pour aboutir au logiciel Ocap, qui constitue la référence en ce domaine.

## Un oeil percant

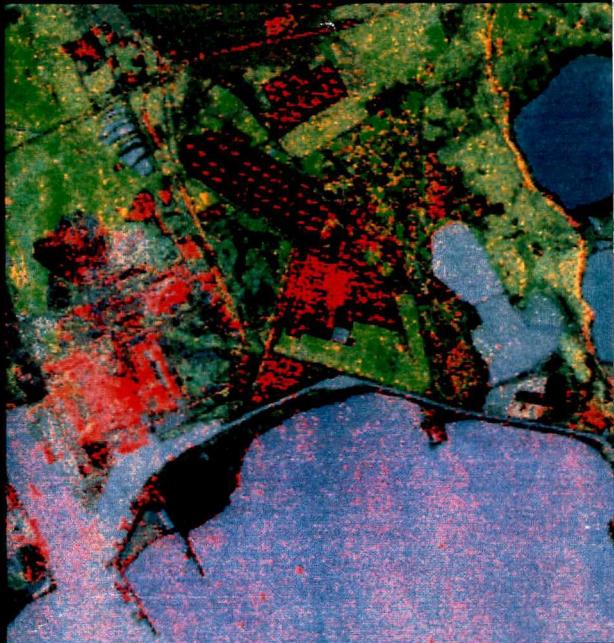
La «vision» des satellites exploite une plage de fréquences lumineuses beaucoup plus large que celle que nous percevons. Si Spot utilise la lumière visible (1), ERS 1 est capable de réaliser des clichés dans le proche infrarouge ou l'infrarouge profond (2) et même par radar (3). Les informations contenues par ces divers clichés sont complémentaires et la PIAO les recoupe pour traiter les images.



**Fos-sur-Mer  
à la loupe**

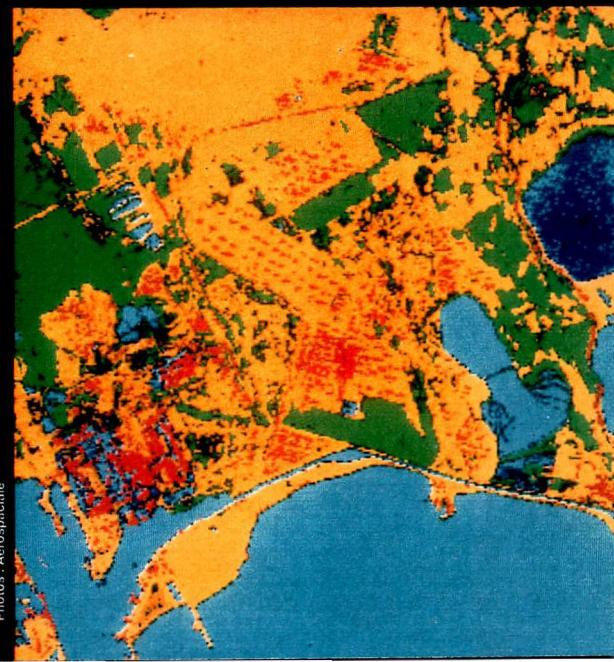
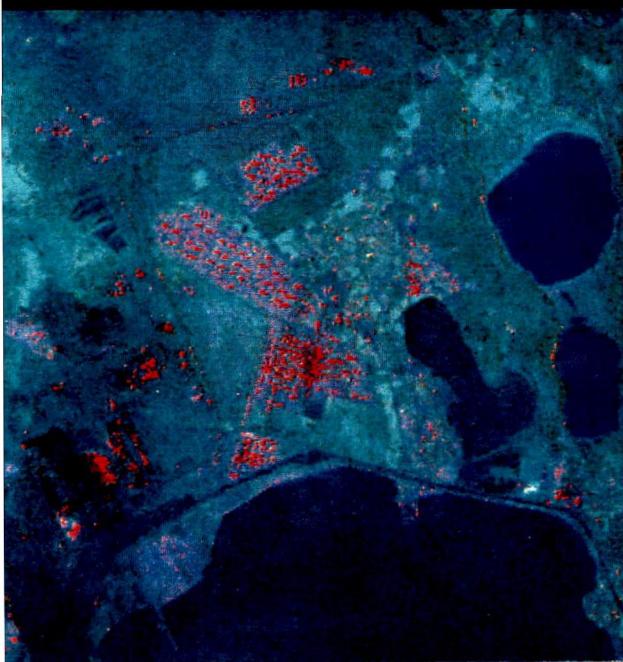
# us regarde

Par Henri-Pierre Penel



## Fausses couleurs et vraies informations

Pour extraire l'information «utile» de l'image, la PIAO crée de fausses couleurs. Ainsi, en fonction des critères de sélection, des éléments sont ignorés, d'autres mis en évidence par une transition de couleurs vives. A partir de l'image de base (ci-dessus, à gauche), on finit par distinguer (ci-dessous, à droite) l'eau, les zones construites et la végétation, à Fos-sur-Mer.





## Les clichés sont photo-interprétés

Une photo satellite militaire (ici, l'aérodrome de Los Alamitos, à Los Angeles) constitue une source d'informations particulièrement intéressante. Cependant, il est indispensable que celles-ci puissent être traitées par un système informatique. La photo-interprétation permet d'extraire de l'image de départ une série de polygones et de «noeuds» reliés par des courbes ou des segments de droite. Sous cette nouvelle forme, dite représentation vectorielle, l'image devient parfaitement exploitable par l'informatique. Après traitement, il devient même possible de «reconstruire» une image très haute résolution.

**Hélios :  
une  
résolution  
de moins  
de 1 m. Dix  
fois mieux  
que Spot,  
dont il est  
dérivé**

29°  
28°  
27°  
26°  
25°  
24°  
23°  
22°  
21°  
20°  
19°



13.26.25N  
144.98.37E

13.22.13N  
144.42.23E

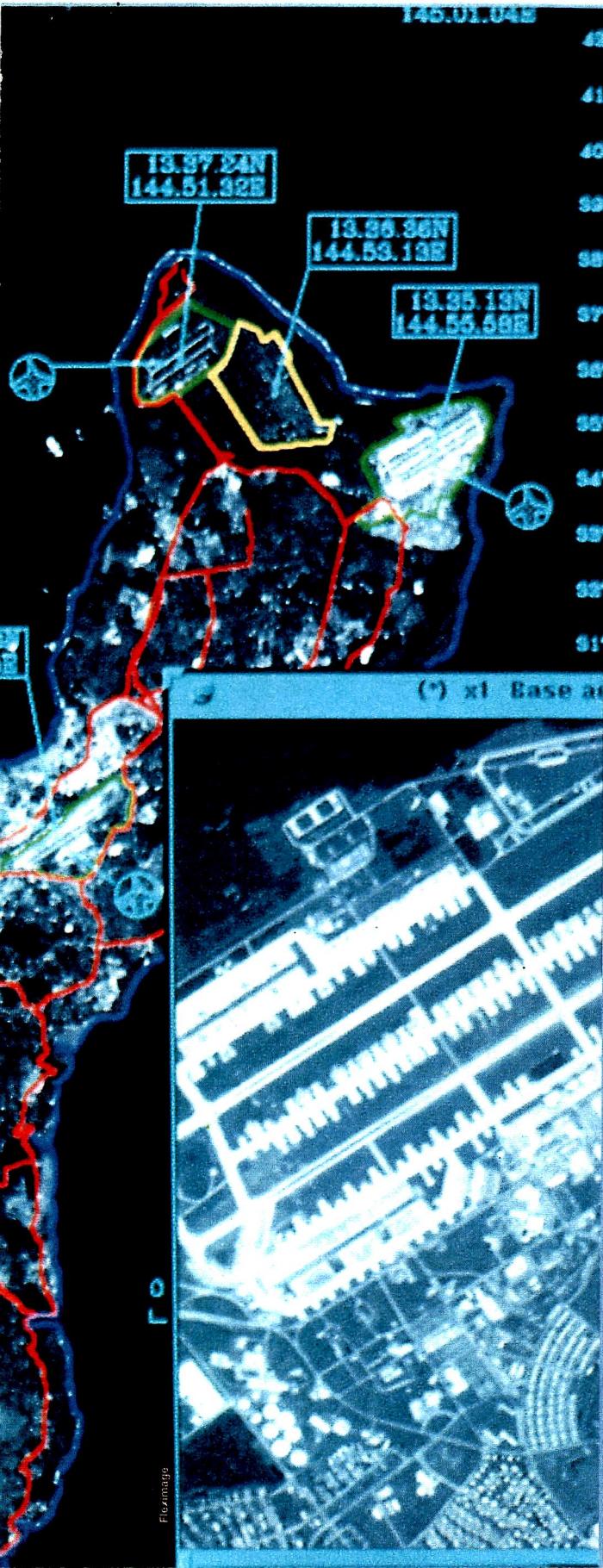
AGANA

GUAM  
ETATS UNIS )

## La base de l'île de Guam

Par reconstruction d'images, il est possible d'obtenir une très grande précision, comme le prouve le dernier cliché de cette série. Cette synthèse «multisources» mêle des clichés effectués dans le visible, l'infrarouge et par radar à des données cartographiques.

13.29  
14.47



Fluximage



Photo X : tous droits réservés

## Du Pentagone au Kremlin

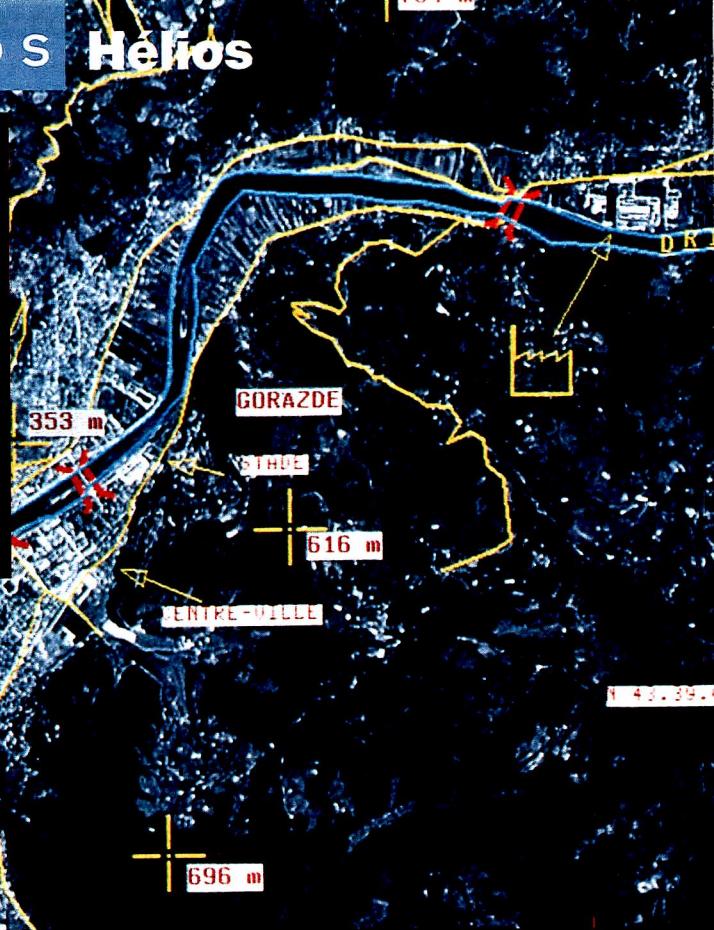
Il y a 25 ans déjà que les satellites militaires américains observent la Terre à la loupe. Au départ, afin de se «calibrer» et de vérifier la précision des relevés effectués, ils eurent pour mission d'observer le Pentagone. Cependant, après avoir passé cet examen avec succès, les satellites ne tardèrent pas à «loucher» dans une direction bien différente... Celle de l'ex-URSS et plus particulièrement du Kremlin.

Photo X : tous droits réservés



# La guerre en Bosnie : zoom sur Gorazdé

Afin de mieux préparer une éventuelle intervention, les satellites repèrent le terrain. Altitudes, positions stratégiques, points de repère et axes routiers sont mentionnés avec une extrême précision. Ici encore, la photo-interprétation joue un rôle essentiel.



## Sarajevo : les forces serbes

C'est ici la visualisation de l'invisible. Sur ce document, la présence des troupes serbes est mise en évidence. Ainsi les forces de l'ONU trouvent-elles dans les satellites des alliés particulièrement bien informés.

# Imagerie tactique et «vision» automatique

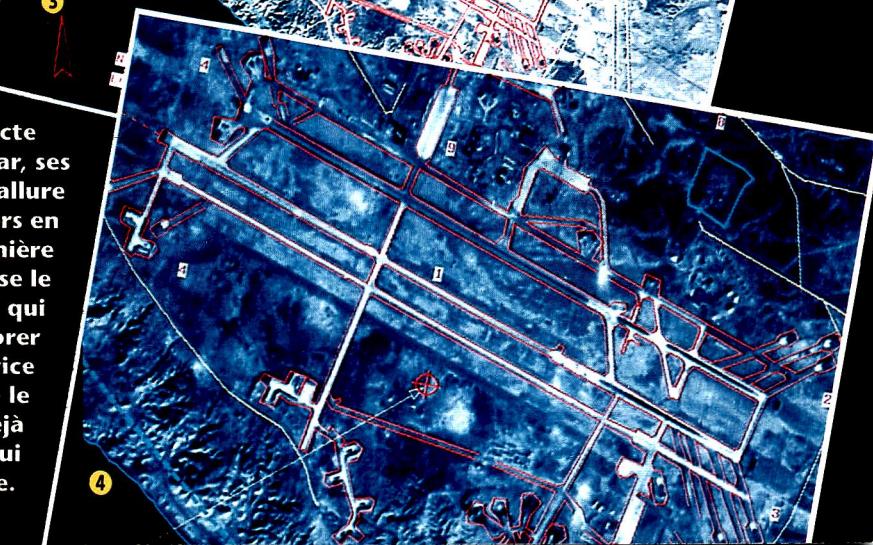
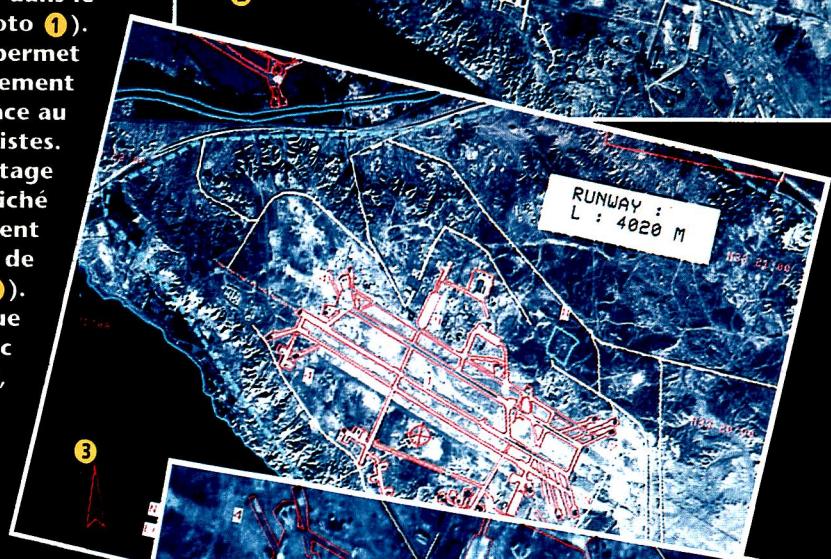
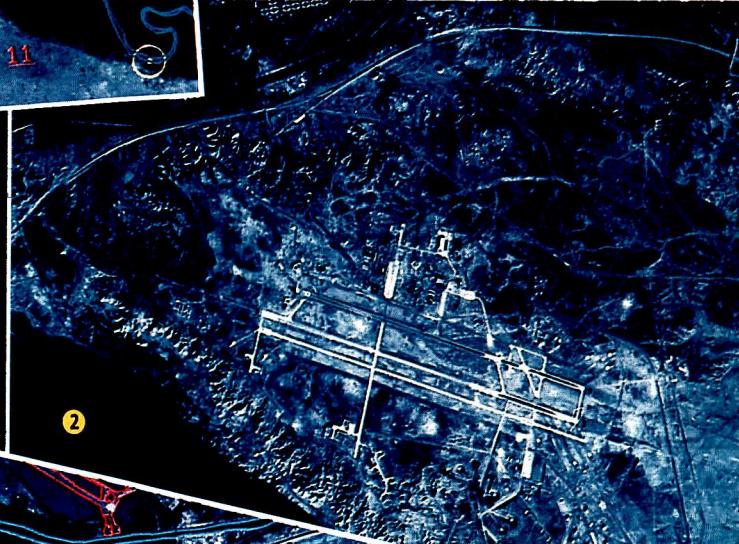
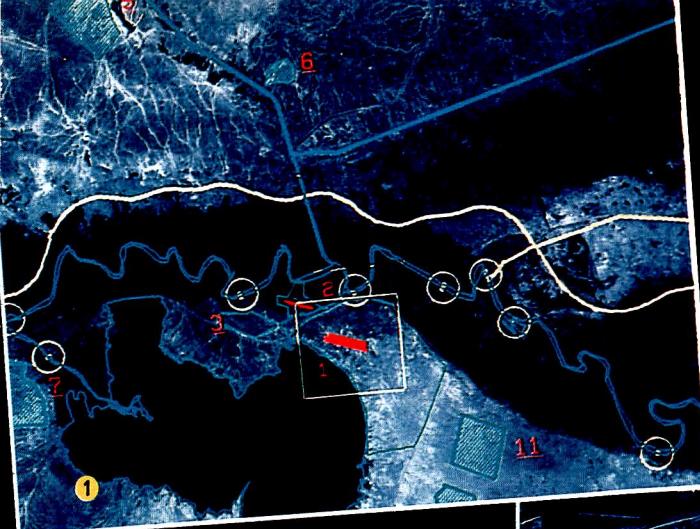
Photos : Matra Cap Systèmes/Spot Image

## A la recherche d'un aéroport

A partir de ce cliché, réalisé par Spot au-dessus de l'Iran, couvrant une zone de 60 km de côté, le système suspecte la présence d'un aéroport (tracé rouge dans le carré de la photo 1).

Un premier zoom (2) permet de confirmer visuellement cette présence grâce au tracé typique des pistes. Pour en extraire davantage d'informations, le cliché est soumis au traitement du logiciel Cinna 3PI de Matra Cap Systèmes (3).

Le contour de chaque piste est déterminé avec précision. Cependant, cette analyse révèle la présence de dépôts, avions et autres «objets douteux». Un dernier zoom (4) permet de déterminer la position exacte de chaque hangar, ses dimensions ainsi que son allure générale. On peut alors en estimer de manière relativement précise le contenu. Finesse d'analyse qui devrait encore s'améliorer avec la mise en service d'Hélios, puisque le document original est déjà 10 fois plus précis que celui de cet exemple.



# LES SENTINELLES DE L'ESPACE

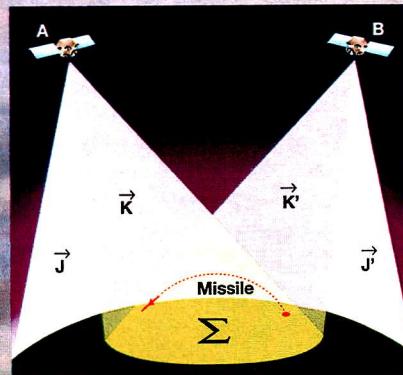
Face à la vingtaine de pays qui détiennent des missiles balistiques à courte ou moyenne portée, l'Europe est pratiquement sans défense. La France étudie un système doté de deux satellites d'alerte pour identifier et contrer l'éventuel agresseur.

PAR SERGE BROSSELIN

Les satellites d'observation permettent de suivre l'évolution d'une situation stratégique et d'en déduire les intentions d'un adversaire potentiel (voir notre article p. 68). La force de dissuasion nucléaire est censée empêcher qu'un pays s'en prenne au nôtre, par peur des mesures de rétorsion qu'il encourrait. Mais quid du pays dont les dirigeants se montreraient insensibles à une telle menace, qui n'hésiteraient pas à attaquer ?

Or, la prolifération des missiles balistiques et des armes de destruction massive, que l'on constate depuis quelques années, augmente ce genre de risque. Une menace à prendre au sérieux, puisque, à l'heure actuelle, une vingtaine de pays détiennent des missiles à courte portée (moins de 1 000 km) ou à moyenne portée (entre 2 000 et 5 000 km). Sans parler d'autres pays qui cherchent à acquérir cette technologie ou à se la procurer directement auprès des anciennes forces des membres du pacte de Varsovie.

Face à une telle menace, l'Europe dans son ensemble est plus ou moins sans défense. C'est pourquoi la France cherche à convaincre ses partenaires européens de se doter d'un système d'alerte avancée à base de satellites. Comme le faisait remarquer récemment François Heisbourg, ex-directeur de l'institut d'études stratégiques de Londres et actuel directeur du développement stratégique de Matra Défense Espace : «L'Europe ne peut pas continuer

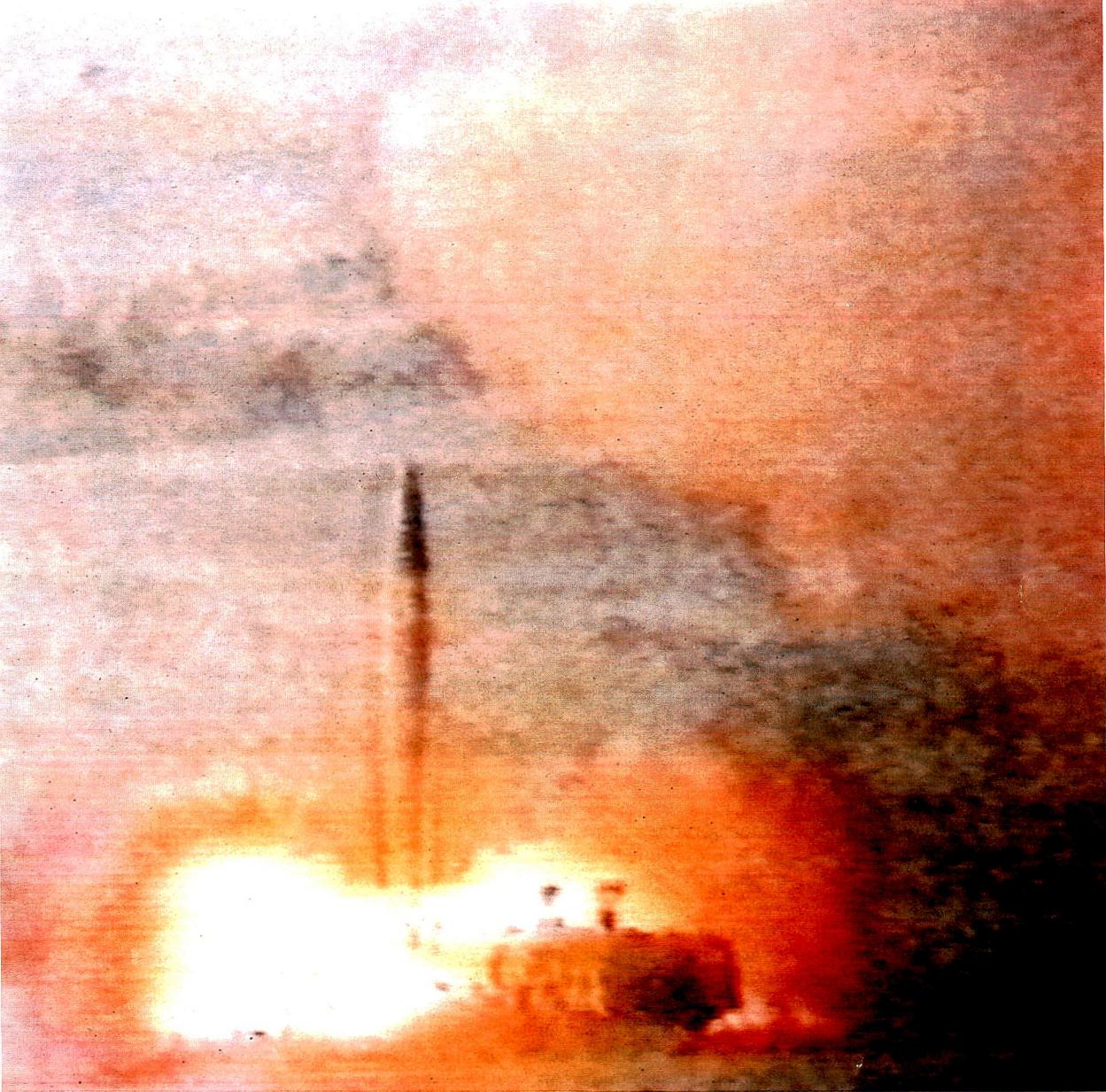


## La Terre en stéréo !

Les faisceaux J et J' des satellites A et B permettent de détecter les tirs et de calculer des éléments de trajectographie. Les faisceaux K et K' offrent les mêmes possibilités, mais la vision stéréoscopique garantit en plus, dans la zone  $\Sigma$ , une couverture complète, en supprimant les "trous" d'observation dans le plan focal. Tout lancement de missile (ici, celui d'un SCUD irakien) sera immédiatement détecté.

à n'avoir aucun moyen de détection des tirs opérationnels, accidentels ou d'essais de fusées installées à l'Est et au Sud. La guerre du Golfe a montré l'importance des satellites, tout en soulignant les limites des capacités du système d'alerte américain DSP (Defense Support Program), dont l'Europe est totalement dépendante.»

Les technologies nécessaires à la mise en place d'un système d'alerte européen sont disponibles depuis au moins quatre ans. Le coût, si l'on se réfère au rapport Paecht – du nom du député qui a publié en janvier dernier une analyse de la politique spatiale militaire française –, serait légèrement inférieur à celui du programme Hélios. Le système comprendrait deux



Gamma

satellites d'alerte, et l'ensemble de la chaîne de traitement de l'information n'excéderait pas 10 milliards de francs.

Si le programme était lancé en 1997, la mise en service des deux satellites intervientrait vers 2003-2005. Deux pays pourraient s'associer à la France : l'Italie et l'Allemagne. La Grande-Bretagne s'est déclarée ouvertement favorable à un tel projet au début de l'année. En France, sur le plan industriel, Matra et Aérospatiale ont entrepris depuis trois ans, sous l'égide de la Délegation générale pour l'armement (DGA), des travaux sur l'architecture d'un système de ce genre. Matra étudie un projet, dit ASAT (alerte satellitaire), qui permettrait de détecter les tirs de missiles balistiques tactiques (de type

SCUD), de les suivre en vol et de déterminer leur point d'impact, avec un préavis suffisant pour pouvoir tenter de les intercepter.

## QUATRE MILLIONS DE KM<sup>2</sup> DEVANT L'OBJECTIF

ASAT serait articulé autour de deux satellites géostationnaires placés au-dessus du Kenya. Matra a opté pour des satellites équipés uniquement de senseurs infrarouges. Ces satellites seraient dotés de deux caméras chacun, travaillant dans des bandes de fréquence différentes (de 2 à 5 microns et de 5 à 7 microns). Chaque caméra aurait sa fonction propre. L'une, sensible aux températures avoisinant 2 000 °C, servirait à la détection des missiles au départ. ■ ■ ■

## Le satellite probatoire Géo

Cette plate-forme de type télé pourrait être mise en orbite en 1998. Le projet coûterait de 2 à 3 milliards de francs.

Antenne spot mobile

Capteur optique

Panneau solaire 2,5 KW

Capteur radar EHF

Panneau solaire 2,5 KW

Antenne

Illustration : ISI

■ ■ ■ L'autre, sensible aux températures d'une centaine de degrés, préciseraient la trajectoire des missiles durant leur phase balistique, hors de l'atmosphère terrestre.

Les caméras seraient orientables et pourraient balayer une vaste zone autour de leur axe de visée normal. Chaque caméra pouvant surveiller une zone de 2 000 km sur 2 000 km, le système complet permettra d'observer une multitude de zones de 4 millions de kilomètres carrés chacune, soit huit fois la superficie de la France.

### DE DAKAR AU CAUCASE, DE LA BALTIQUE À LA RÉUNION

L'orientation judicieuse des caméras permettra d'«ausculter» les régions sensibles. Une visée double (les faisceaux d'observation de deux caméras – une par satellite – convergeant vers une région déterminée) fournit des vues stéréoscopiques de cette région, donc les éléments pour calculer directement la trajectoire d'un missile. Alors que les deux autres caméras, braquées de part et d'autre de la région considérée, en visée simple, cette fois, serviront à déterminer de quel endroit le missile est parti (voir le schéma page précédente). La détection d'un départ de missile et le calcul de sa trajectoire peuvent ainsi être assurés sur la tota-

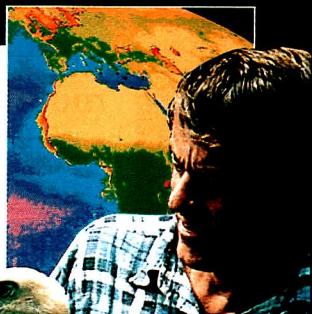
lité de la zone couverte par les deux satellites. Un satellite positionné au-dessus du Kenya permet de surveiller une vaste zone s'étendant de la longitude de Dakar au Caucase, et de la mer Baltique à la Réunion. Autrement dit, tous les pays présentant une menace potentielle pour l'Europe se trouveraient ainsi sous surveillance.

Les spécialistes qui travaillent actuellement sur l'architecture d'un système d'alerte avancée précisent que les données d'alerte et de suivi de la trajectoire sont efficaces contre toute attaque de missiles balistiques «rustiques» (missiles munis d'une seule tête, d'une seule charge militaire). Le préavis serait de cinq minutes pour un missile à courte portée de type SCUD, et de quinze minutes pour un engin de portée intermédiaire (environ 5 000 km). Le système permettrait donc d'identifier avec certitude les Etats qui ont effectué – ou vont le faire – des tirs d'essais de missiles balistiques tactiques. Il donnerait aux autorités et à la population un certain temps de réaction (mise à l'abri des populations et déclenchement de tirs antimissiles). Il permettrait aussi de localiser l'origine d'un tir éventuel et de désigner l'adversaire, avec la possibilité de mener contre lui des actions de rétorsion. Mais aussi de déterminer l'endroit où le missile assaillant va toucher le sol... ■

# DECOUVREZ LE PANORAMA DE LA PRESSE SCIENTIFIQUE...

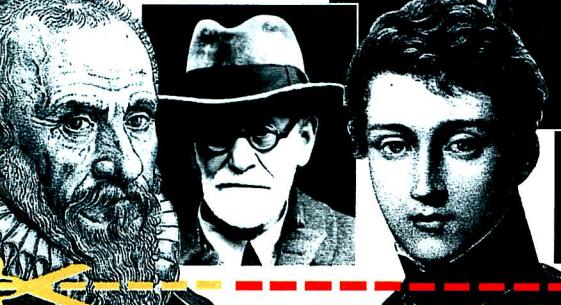
**SCIENCE  
& VIE**

Tous les mois,  
SCIENCE & VIE vous informe  
parfaitement sur les derniers  
développements de la recherche,  
dans tous les domaines  
scientifiques et techniques.  
SCIENCE & VIE, le magazine  
d'information scientifique  
de référence.



**LES CAHIERS  
DE SCIENCE & VIE**

Tous les deux mois,  
LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE vous  
font vivre l'Histoire des sciences  
comme on ne vous l'a jamais  
racontée. En 1994,  
LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE  
évoquent les pères fondateurs de la  
science moderne : Ambroise PARE,  
Sadi CARNOT, Johannes KEPLER,  
Sigmund FREUD, Georges BUFFON  
et Marie CURIE.



**SCIENCE  
& VIE**  
HORS SERIE

Tous les trois mois,  
LES HORS SERIE de SCIENCE & VIE  
traitent de façon exhaustive un grand sujet  
de notre temps. Chaque HORS SERIE  
fait le tour complet d'une question  
d'actualité scientifique.



**ET ABONNEZ-VOUS  
DES AUJOURD'HUI  
A L'UNE DE CES DEUX FORMULES :**

**FORMULE N° 1**

**ABONNEMENT D' 1 AN  
AU PANORAMA  
DE LA SCIENCE**

**12 N°s de SCIENCE & VIE  
6 N°s des CAHIERS  
DE SCIENCE & VIE**

**333 F**

seulement au lieu de 456 F \*

**FORMULE N° 2**

**ABONNEMENT D' 1 AN  
AU MAXI PANORAMA  
DE LA SCIENCE**

**12 N°s de SCIENCE & VIE  
6 N°s des CAHIERS DE  
SCIENCE & VIE  
4 N°s HORS SERIE DE  
SCIENCE & VIE**

**398 F**

seulement au lieu de 556 F \*

**BULLETIN D'ABONNEMENT A TARIF PRIVILEGIÉ**

à compléter et à retourner avec votre règlement à l'ordre de SCIENCE & VIE sous enveloppe affranchie à :  
SCIENCE & VIE - Service Abonnements - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15.

**OUI**

je m'abonne pour un an  
et à tarif privilégié à la formule suivante  
que je coche ci-dessous :

C43A

**FORMULE N°1 : PANORAMA DE LA SCIENCE (18 N°s)**  
**333 F seulement au lieu de 456 F \* / 123 F d'économie**

C43Z

**FORMULE N°2 : MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE (22 N°s)**  
**398 F seulement au lieu de 556 F \* / 158 F d'économie**

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

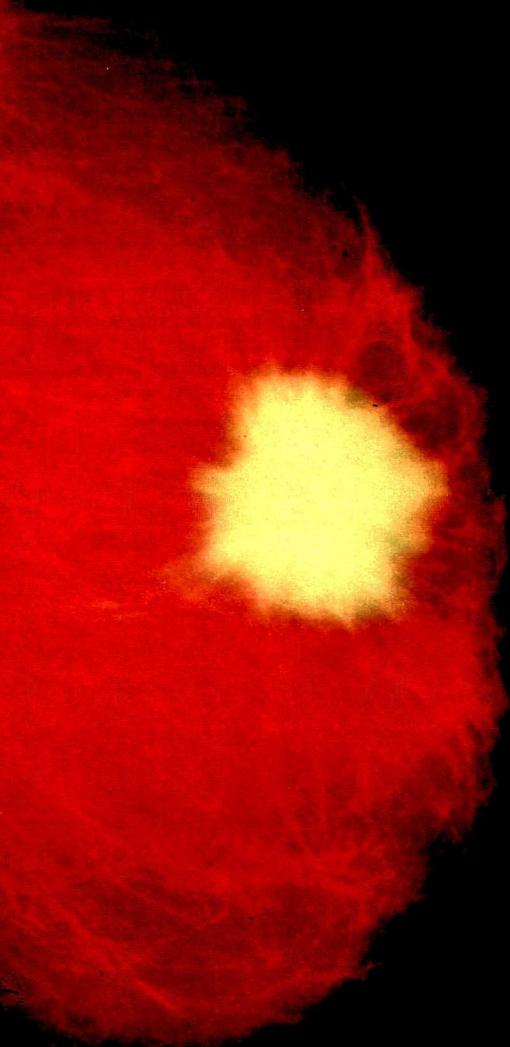
Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

Conformément à la loi Informatique et Liberté 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 votre nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

OFFRES VALABLES JUSQU'A FIN 1994. ET RESERVÉES A LA FRANCE  
METROPOLITAINE.ÉTRANGER: NOUS CONSULTER Tel (33-1) 46 48 47 08

**Vous pouvez aussi vous abonner par Minitel en tapant 3615 ABON**

(\* Prix de vente normal chez votre marchand de journaux)



# Le gène de tous les cancers

■ **Découverte capitale : on a localisé un gène mutant qui prédispose ses porteurs à certains cancers, notamment celui du sein. Ce même gène en double exemplaire provoque une maladie neurologique mortelle. Son identification va accélérer le dépistage et la prévention.**

**Par Alexandre Dorozynski**

**V**oici plus de dix ans que le généticien israélien Yosef Shiloh tente de percer le mystère d'un gène provoquant une maladie héréditaire gravissime, l'ataxie-télangiectasies (AT), qui se manifeste dès la petite enfance par des mouvements désordonnés et mène à la mort, le plus souvent avant l'âge adulte. La transmission héréditaire de cette maladie se fait sur le mode récessif, c'est-à-dire qu'un enfant est atteint s'il hérite de chacun de ses parents un exemplaire du gène mutant, dit ATM. Un individu n'en possédant qu'un seul ne souffre pas d'ataxie, mais il encourt un risque accru de contracter certains cancers. De plus, ses cellules présentent la particularité d'être très vulnérables aux irradiations, et peut-être même aux faibles doses utilisées pour le diagnostic.

Les recherches du Pr Shiloh ont permis d'expliquer cette fragilité.

Lorsque l'ADN d'une cellule normale est endommagé par les radiations ou une agression chimique, il met en branle un système de réparation mené par diverses enzymes, et ne recommence à se multiplier que lorsque la restauration a été effectuée. Dans les cellules de patients atteints d'AT, ce mécanisme de restauration ne fonctionne pas. Les cellules lésées continuent à se multiplier, transmettant les anomalies d'ADN à leurs cellules filles. Le gène ATM, même lorsqu'il se trouve en un seul exemplaire chez un individu et ne provoque donc pas la maladie, fragilise néanmoins les cellules et ouvre la voie au processus de cancérisation.

## UN INDIVIDU SUR CENT CONCERNÉ

Ce gène ATM est beaucoup plus répandu dans la population que les autres gènes identifiés comme spécifiques de certains cancers – cancer du sein, du poumon, du colon, etc. Il se trouve chez environ un individu sur cent, alors que la fréquence des autres gènes associés à des cancers est de l'ordre de un sur plusieurs centaines ou plusieurs milliers d'individus. Des enquêtes épidémiologiques ont montré que la présence du gène ATM multiplie par un facteur allant de 3 à 8 le risque de contracter un cancer.

La possibilité d'un "gène de tous les cancers", ou tout au moins d'un gène pouvant favoriser l'émergence de différentes formes de cancer, explique l'intérêt suscité par les recherches du généticien israélien : un consortium international de chercheurs, comprenant des équipes américaine, britannique, australienne, hollandaise et italienne, s'est formé pour l'identifier.

En 1988, il était parvenu à localiser le gène ATM sur une portion du chromosome 11. Le mois dernier, l'équipe du Pr Shiloh, de l'université de Tel Aviv (1), l'a identifié. En double exemplaire dans les cellules, il provoque donc l'ataxie. A noter

qu'à cette maladie sont souvent associées, entre autres, la dilatation de vaisseaux sanguins de la conjonctive de l'œil et du visage (télangiectasie), une prédisposition à certains cancers, et une sensibilité des cellules aux radiations. En exemplaire unique, face à un gène AT normal, le gène ATM, à un degré moindre, fragilise également l'organisme devant le risque de cancer et le rend vulnérable aux radiations. Mais par quel mécanisme le fait-il ?

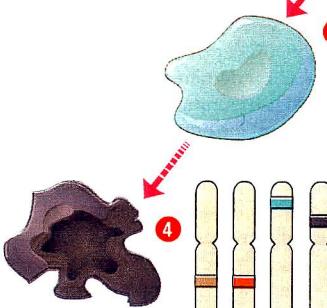
Un gène contient les informations nécessaires à la synthèse d'une protéine. Or, le Pr Shiloh a constaté qu'une portion de la protéine codée par le gène ATM est très semblable aux protéines de la famille des phosphatidylinositol 3-kinases (PI3K) que l'on trouve chez les mammifères et chez les levures. Ces protéines participent au mécanisme de contrôle de la croissance cellulaire. Elles interviennent également dans le contrôle de l'apoptose (mort programmée des cellules), et des anomalies de leur structure pourraient expliquer le mort de

nombreuses cellules nerveuses chez les patients atteints d'ataxie.

En outre, étant donné la fréquence élevée du gène ATM dans la population, le Dr Bert Vogelstein, de l'université Johns Hopkins (Maryland), insiste sur le fait que ce gène pourrait bien être la première cause de cancer.

Le risque est particulièrement important pour le cancer du sein. Des enquêtes épidémiologiques menées aux Etats-Unis, en Norvège et au Royaume-Uni auprès de familles dont un membre est atteint d'AT ont montré plus précisément que le gène multiplie le risque de cancer du sein par un facteur cinq. Parmi les femmes atteintes de cette forme de cancer, il y a deux fois plus de porteuses du gène ATM que de

## De la cellule saine à la tumeur



**Le processus de cancérisation passe par plusieurs étapes. Une première mutation 1 peut donner une cellule d'apparence normale, mais déjà fragilisée et prédisposée au cancer. Une seconde 2 peut, par exemple, accélérer sa prolifération sans toutefois la rendre cancéreuse.**

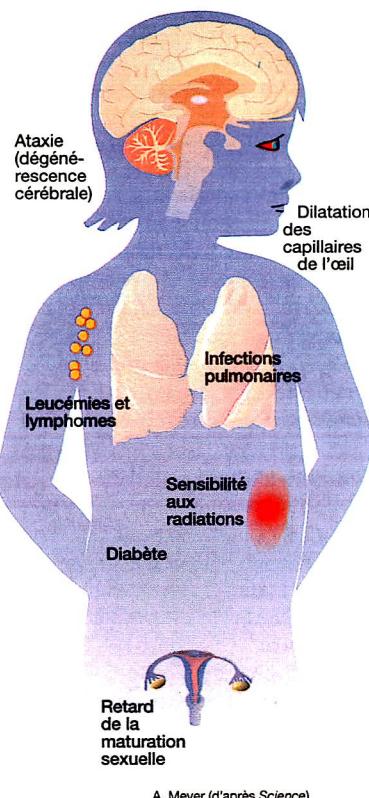
**Au bout d'une troisième 3 et, éventuellement, d'une quatrième 4 mutation, la cellule devient maligne, échappe à la régulation cellulaire et prolifère sous forme de tumeur. Le gène ATM découvert par le Pr Shiloh et ses collaborateurs étant le gène associé au cancer le plus répandu, il est probablement à l'origine de la première mutation fragilisante chez le plus grand nombre d'individus.**

## le gène du cancer

■■■■■ porteuses du gène dit BrCal, récemment identifié comme étant un gène spécifique de ce type de tumeur. Le gène serait à l'origine de 8 % de ces cancers.

Cette constatation soulève d'ailleurs un problème nouveau : ce gène rendant la cellule plus vulnérable aux radiations, ne va-t-on pas augmenter le risque d'un cancer en effectuant une mammographie ? Laquelle est justement pratiquée pour le diagnostic précoce du cancer du sein ! D'après le Dr Francis Collins, directeur du centre américain de recherches sur le génome humain à Bethesda (Maryland), il n'y a pas de raison de penser que ce risque encore hypothétique l'emporte sur les bénéfices bien démontrés du dépistage précoce. C'est néanmoins un facteur potentiel de risque à surveiller.

Le gène ATM semble bien être un gène "général" du cancer, par opposition aux gènes "spécifiques" identifiés dans des cancers précis. Son étude est difficile, car sa portion codante (celle qui s'exprime pour produire des protéines) est très grande – 12 000 paires de bases ou



A. Meyer (d'après *Science*)

## L'homme fragilisé

**Les porteurs de deux gènes ATM sont atteints d'ataxie mortelle, souvent associée à d'autres affections (ci-contre). Ceux qui ont hérité un de ces gènes peuvent contracter, sous des formes atténuées, certaines de ces maladies et souffrir d'un dérèglement cellulaire ouvrant la voie aux cancers.**

Pour l'instant, l'équipe du Pr Shiloh a réussi à cloner une séquence génétique de 5 900 paires de bases du gène ATM codant pour une protéine du type PI3K. Une telle séquence pourrait servir de "sonde" génétique pour identifier la présence du gène ATM chez un individu. La première application concerne le diagnostic prénatal de l'ataxie, en vue d'une éventuelle interruption de grossesse. Déjà, plusieurs sociétés de biotechnologie aux Etats-Unis ont exprimé leur intérêt pour tenter de mettre au point des tests de ce type.

Autre application importante : le dépistage d'une prédisposition au cancer. Les premiers tests pourraient concerter le cancer du sein. Il serait ainsi possible d'assurer une surveillance particulière des individus à risque.

A beaucoup plus long terme, on pourrait envisager la thérapie génique en introduisant dans les cellules un gène normal pour pallier la déficience du gène mutant.

Enfin, on sait maintenant que ce gène joue un rôle clé dans les mécanismes vitaux de la cellule. Une compréhension détaillée de son intervention devrait permettre une percée en biologie cellulaire. La revue *Science*, qui publie un article signé d'une trentaine de chercheurs qui ont participé à la découverte, n'hésite pas à comparer le gène ATM à la pierre de Rosette, dont les textes en trois langues ont permis à Champollion de déchiffrer les hiéroglyphes égyptiens.

## UN GÈNE BOUCLIER ?

**D**es chercheurs français ont découvert un gène qui arrête la division des cellules nerveuses et déclenche leur différenciation lors du processus normal de maturation du système nerveux. Surnommé NDPC-1 (pour Neural Proliferation Differentiation Control), ce gène, identifié chez la souris, code une protéine qui intervient dans la progression du cycle cellulaire, mais il ne s'exprime pas dans d'autres cellules que celles du système nerveux.

Claudine Everard et Pierre Rouget, du laboratoire de biologie moléculaire et différenciation (unité associée au CNRS, université Pierre et Marie Curie et Collège de

France), se sont également demandé si NDPC-1 pouvait agir sur la prolifération de différentes cellules tumorales, neurales ou non. Pour cela, ils l'ont introduit dans des cultures tumorales, et ils ont constaté que celles-ci perdent leur caractère tumorigène et se multiplient normalement, même lorsqu'elles sont injectées chez l'animal.

Le mécanisme d'action de la protéine codée par NDPC-1 dans le cycle cellulaire reste à élucider, mais les résultats expérimentaux permettent de penser que des éléments du gène pourraient être utilisés pour la mise au point de modèles animaux de thérapie génique anti-tumorale.

# Complétez votre collection de SCIENCE & VIE HORS SÉRIE.



**SCIENCE & VIE**  
HORS SÉRIE

Tous les trois mois,

LES HORS SÉRIE de SCIENCE & VIE traitent de façon exhaustive un grand sujet de notre temps.

Chaque HORS SÉRIE fait le tour complet d'une question d'actualité scientifique.

**CHOISISSEZ ET COMMANDEZ VOS NUMÉROS EN FONCTION DES THEMES SUIVANTS :**

N° 171 - L'un et l'autre sexe

N° 172 - La vie quotidienne en 2015

N° 173 - L'évolution : la naissance des espèces

N° 174 - Atmosphère, atmosphères

N° 175 - Aviation 91

N° 176 - La vie des océans

N° 177 - Le cerveau et l'intelligence

N° 178 - Néolithique

N° 179 - Dossier SIDA

N° 180 - Science à l'école

N° 181 - L'explosion de la génétique humaine

N° 182 - Les aliments et la santé

N° 183 - Aviation 93

N° 184 - Les secrets du vivant

N° 185 - Le sommeil

N° 186 - La lumière

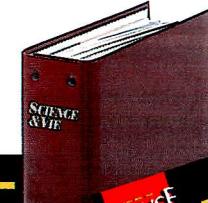
N° 187 - Le corps humain

N° 188 - L'adolescence

N° 189 - Le big bang

N° 190 - Les 9 premiers mois de la vie

N° 191 - Aviation 95



## BON DE COMMANDE

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

**OUI** je commande les numéros suivants de SCIENCE & VIE HORS SÉRIE\*:

numéros à 25 francs franco l'un (étranger : 33 francs)

**OUI** je commande  lots de 2 reliures\* au prix de 85 francs franco le lot  
(étranger : 110 francs)

je joins mon règlement total de  francs

à l'ordre de SCIENCE & VIE

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville

étranger: mandat international ou chèque campesable à Paris

Délai de livraison 4 à 6 semaines, et dans la limite des stocks disponibles.

Pour conserver, protéger et consulter facilement vos différents numéros, rangez-les dans de superbes reliures. De couleur bordeaux, marquée SCIENCE & VIE, chaque reliure est très élégante. Solide et pratique, elle protégera parfaitement vos magazines. (chaque reliure peut contenir 6 numéros)

**Etes-vous déjà abonné (e) à SCIENCE & VIE :**

Oui

Non

**Si oui, merci d'indiquer votre N° d'abonné**

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.

OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1995 ET RÉSERVÉES À LA FRANCE METROPOLITaine.

# La fin de

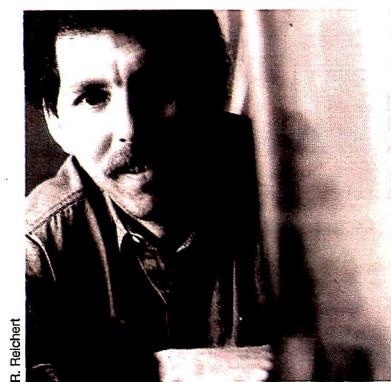
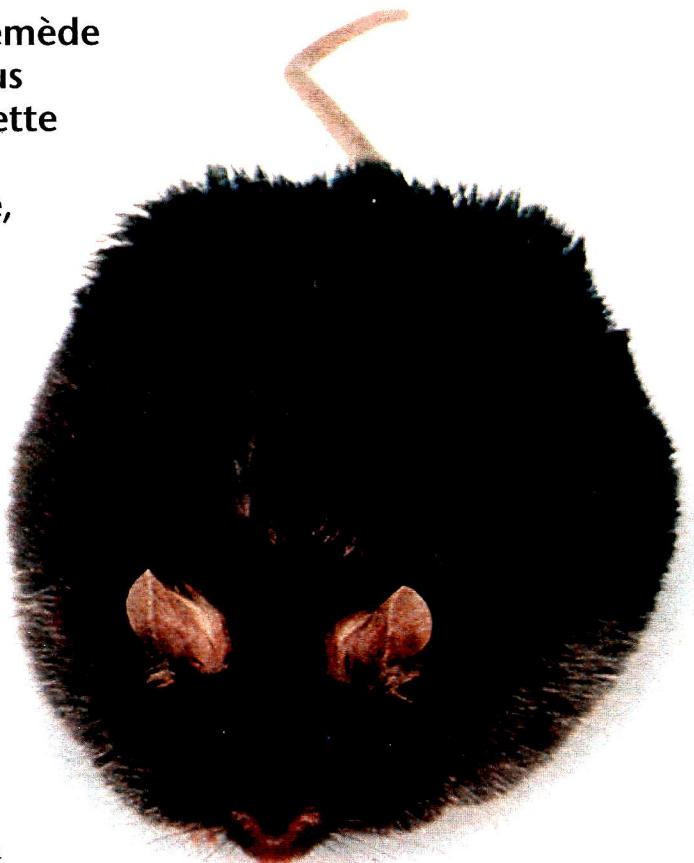
■ La leptine est-elle le remède miracle qu'attendent tous les "gros" du monde? Cette protéine, naturellement synthétisée par l'homme, a déjà permis d'obtenir des résultats étonnantes chez des souris obèses. Mais l'homme n'est-il qu'une souris perfectionnée?

PAR PIERRE ROSSION

**M**anger sans frein et maigrir sans contrainte, tel est le rêve de tous les obèses de tous les pays. Ce rêve pourrait bientôt devenir réalité, si des expériences menées avec succès sur des souris de laboratoire sont transposables à l'homme. Il a suffi de quelques injections d'une protéine amaigrissante pour que les rongeurs se dégonflient comme des chambres à air et acquièrent un poids normal.

La protéine en question est la leptine, une substance naturellement synthétisée par la souris et par les humains à partir d'un gène, c'est-à-dire un petit fragment d'acide désoxyribonucléique (ADN), cette molécule présente dans le noyau des cellules et qui porte l'ensemble des caractéristiques du patrimoine génétique hérititaire.

La leptine a pour rôle de réguler la prise de nourriture et, par conséquent, le poids. Pour le démontrer, des chercheurs américains, sous la direction de Jeffrey Friedman, du Howard Hughes Medical Institute de l'université Rockefeller de New York, ont eu la chance de bénéficier d'une lignée, découverte dans les années cinquante, de souris ayant la particularité d'être naturellement obèses, du fait de la présence d'une mutation génétique au niveau d'un gène baptisé ob. Preuve que, chez les personnes



# L'obésité ?



## Avant, après

Cette souris présente une mutation génétique qui l'empêche de sécréter une protéine, la leptine, dont la carence provoque l'obésité (photo de gauche). Mais, en injectant à cette souris de la leptine obtenue par génie génétique, l'Américain Jeffrey Friedman (photo ci-contre) est parvenu à la faire maigrir en quelques jours (photo de droite).

obèses, il y a bien une composante héréditaire (1).

En décembre 1994, ce gène était isolé chez la souris par l'équipe de Friedman. Puis, dans la foulée, ces mêmes chercheurs montraient qu'il est à l'origine de la synthèse de la leptine (identique à 84 % à la leptine humaine), constituée de 167 acides aminés et produite à partir d'un gène présent sur la septième paire de chromosomes et impliqué lui aussi dans l'obésité.

Pour comprendre la suite, il faut savoir que tous les gènes vont par paires et que, en général, l'un domine l'autre. Le gène dominant exprime le caractère génétique, alors que le gène dominé (ou gène récessif) est masqué par le premier. Par exemple, le gène noir de la couleur des yeux domine le gène bleu, et, par conséquent, un enfant qui hérite de l'un et l'autre de ces gènes aura obligatoirement les yeux noirs. En revanche, si le gène récessif est présent en deux exemplaires, il peut alors s'exprimer. C'est ce qui se passe chez les enfants qui héritent de deux gènes bleus et ont, par conséquent, les yeux de cette couleur.

Chez les souris, c'est un peu la même chose. Si les deux exemplaires

du gène ob sont normaux, la leptine est synthétisée. Elle l'est aussi si l'un des deux gènes est normal et l'autre non. En revanche, quand les deux gènes sont mutés, la protéine n'est plus synthétisée. Or, c'est justement le cas des souris génétiquement obèses, qui ont leurs deux gènes ob défectueux. Cette anomalie génétique est, par ailleurs, la cause indirecte de troubles du métabolisme, d'hyperglycémie et d'une augmentation du taux d'insuline dans le sang.

## UNE SORTE DE RHÉOSTAT

Les mécanismes mis en jeu par la leptine dans la régulation de la satiété et du poids ont été également expliqués par Friedman. La leptine est une hormone véhiculée par le sang dans les vaisseaux sanguins. Elle agit au niveau du cerveau un peu à la manière d'un rhéostat: quand la température s'abaisse en deçà du niveau auquel on l'a réglé, le chauffage se remet en route, et il ne s'éteint qu'au moment où la température a atteint le degré choisi. Ici, c'est un peu la même chose: la leptine prévient le cerveau des besoins métaboliques de l'organisme. Quand le taux sanguin de cette hormone est bas, cela se traduit chez l'individu par la sensation de faim, une baisse de la température corporelle et un ralentissement du métabolisme. Quand le taux sanguin de leptine est élevé, on observe l'inverse. Autrement dit, grâce à cette double action de la leptine, le cerveau s'efforce de maintenir stable le poids du corps et la température corporelle.

Les cellules sécrétrices de leptine sont celles des tissus adipeux du corps humain. C'est uniquement

## la fin de l'obésité?

dans ces cellules que le gène ob est exprimé; dans les autres, il est réprimé. Quand le taux de graisse accumulée dans ces cellules dépasse la norme, la leptine est sécrétée, puis véhiculée par le sang jusqu'au cerveau, où elle va agir. Plus précisément, elle intervient sur une structure particulière de celui-ci, l'hypothalamus, dont elle bloque certains récepteurs spécifiques. Ce qui, sur le plan du comportement, se traduit par la sensation de satiété et l'arrêt de la prise de nourriture. Puis, au bout de quelque temps, quand les réserves graisseuses se sont taries et ont atteint un seuil critique, la leptine n'est plus sécrétée. D'où, au niveau du cerveau, une stimulation des récepteurs hypothalamiques et, sur le plan comportemental, une sensation de faim et la prise de nourriture.

Or, quand la leptine n'est plus du tout sécrétée, ce qui est le cas chez les souris génétiquement obèses, les récepteurs hypothalamiques sont constamment stimulés, d'où une bousculade permanente et une prise de poids considérable.

La démonstration expérimenta-

## UN MARCHÉ QUI PÈSE

Si la société californienne Amgen Corporation a payé 20 millions de dollars (près de 100 millions de francs) pour se réservé le droit d'exploiter les retombées éventuelles de la découverte du gène ob, ce n'est pas pour faire maigrir les souris obèses. Mais dans l'espérance de trouver un traitement pour les 50 millions d'Américains atteints d'obésité, auxquels s'ajoutent autant d'individus dans les autres pays industriels, touchés par cette maladie de la civilisation qu'est l'accumulation de graisses.

La mise d'Amgen est un coup de poker, qui a déjà rapporté aux actionnaires de cette société, cotée en bourse : du jour au lendemain, la valeur des actions a augmenté de plus de 5 %. Une misère, cependant, en regard du chiffre d'affaires que représente la lutte contre l'obésité, une industrie de plusieurs milliards de dollars : produits et régimes amaigrissants, traitements et médicaments de toute sorte, machines à maigrir, centres de remise en forme, etc.

Amgen et la filiale américaine des laboratoires suisses Hoffmann-La Roche, dans le New Jersey, peuvent déjà produire par génie génétique de la leptine de souris capable de faire maigrir les souris obèses. Mais qu'en est-il pour l'homme ? On sait que les mammifères possèdent certaines hormones très semblables, voire identiques (le diabète peut ainsi être traité par de l'insuline bovine). Si la leptine humaine n'est pas la même que celle de la souris, elle en est très proche.

Il se peut que la leptine de souris soit à la fois inoffensive

pour l'homme et efficace. Si elle ne l'est pas, les recherches en cours pour identifier le gène de la leptine humaine devraient permettre la production de cette hormone par génie génétique. Quoi qu'il en soit, Friedman pense que d'ici un an des essais seront entrepris chez des patients obèses. Une fois leur besoin en leptine déterminé, ils seront traités par des injections de doses calculées avec précision pour pallier leur déficience – tout comme les diabétiques sont traités par des injections quotidiennes de doses d'insuline appropriées.

La leptine, toutefois, n'est pas le seul facteur en jeu, car on sait que l'obésité humaine est sous le contrôle de plusieurs gènes. Aussi les choses risquent-elles d'être plus compliquées que prévu. Comme le soulignent plusieurs chercheurs, l'incidence de l'obésité a augmenté de façon spectaculaire dans nos sociétés d'abondance sans que nos gènes soient modifiés... L'explication la plus plausible est que notre passé nous a mieux préparés à affronter la disette que la surabondance, et que beaucoup d'individus sont enclins à l'obésité lorsqu'ils vivent dans un environnement qui y prédispose.

L'exemple le mieux connu d'un tel mécanisme a été mis en évidence à Nauru, petite île du Pacifique où l'exploitation du phosphate a rendu les habitants à la fois riches et malades : près de la moitié de la population est atteinte de diabète, surtout de diabète sucré non insulino-dépendant (dit de type 2), caractérisé par la présence de gènes favorisant l'accumulation des graisses.

## Traitéé par la leptine, la souris perd l'appétit

Le de ce mécanisme a été apporté par Douglas Coleman (Jackson Laboratory, à Bar Harbor, Maine). Il a branché le système circulatoire d'une souris naturellement obèse sur celui d'une souris sauvage. La souris obèse a alors maigrir à vue d'œil, preuve que la leptine de la souris sauvage avait bien bloqué les récepteurs hypothalamiques.

Connaissant la protéine et sa fonction, Jeffrey Friedman devait, pour passer aux essais cliniques sur des souris obèses, disposer de stocks importants de leptine. Il les a obtenus par génie génétique.

Les essais cliniques, quant à eux, ont consisté à injecter à des souris génétiquement obèses une dose journalière de leptine pendant un mois. Résultat : les souris, qui, au début de l'expérience, pesaient 65 g, n'en pesaient plus que 39 à la

fin du traitement, soit une perte de poids de 40 %. Il a également constaté que, pendant le traitement, les souris réduisaient leur consommation quotidienne de nourriture. La même posologie administrée à des souris sauvages leur

# LOURD



H. Donzeau/Rapho

Leur  
rêve :  
maigrir  
sans  
manger  
moins.

L'enjeu d'Amgen est de taille, et l'on peut se demander si sa "mise" va lui rapporter le gros lot. En effet, il n'est pas exclu que, dans l'une des nombreuses équipes engagées dans le projet international de déchiffrage du génome humain, un

généticien découvre le gène de la leptine humaine. On préfèrera certainement ce gène humain au gène de souris si cherement payé. Et la mise d'Amgen risque alors de passer dans la colonne des pertes.

ALEXANDRE DOROZYNSKI

faisait perdre du poids (12 % environ) et abaissait leur consommation alimentaire. Enfin, il a montré que la leptine augmentait les dépenses énergétiques des animaux.

Les résultats de ces essais ont été repris et confirmés par deux autres

équipes de chercheurs américains: celle de Frank Collins, attaché au laboratoire Amgen, à Thousand Oaks (Californie), et celle d'Arthur Campfield, chercheur aux laboratoires Hoffmann-La Roche, à Nutley (New Jersey). L'ensemble

de ces travaux a fait l'objet de trois comptes rendus dans la revue américaine de référence *Science* (2). L'équipe d'Amgen a montré que la leptine entraînait non seulement la perte de poids et d'appétit, mais aussi la fonte des graisses corporelles, et la baisse de la glycémie et du taux sanguin d'insuline. De son côté, l'équipe d'Hoffmann-La Roche aboutissait aux mêmes conclusions.

Les recherches ont évidemment pour but de transposer un jour ces résultats à l'homme. Cependant, elles risquent d'être un peu compliquées du fait que, chez l'homme, en plus du gène ob, on en trouve beaucoup d'autres, dont on ignore à la fois le nombre, la position exacte, le rôle et la protéine qu'ils sécrètent. Ainsi, tout récemment, le Dr Philippe Froguel (institut Pasteur de Lille) a mis en évidence, sur la huitième paire de chromosomes de l'homme, une mutation d'un gène (celui du récepteur  $\beta$ 3-adrénnergique) qui s'exprime dans le tissu adipeux et le tube digestif, et qui aggrave la prise de poids chez les sujets déjà prédisposés à l'obésité (3).

## ET SI ON SE METTAIT AU RÉGIME ?

Quand on connaîtra tous les gènes impliqués dans la prise de poids, on pourra envisager de mettre au point un cocktail qui fera fondre les obèses à l'instar de nos souris. En attendant, il reste à élaborer des médicaments qui pourraient avoir un effet similaire. Ou encore à s'imposer des régimes alimentaires draconiens. Car, même sur un terrain génétique favorable à l'obésité, une alimentation saine, peu abondante et pauvre en graisses conduit obligatoirement à la perte de poids. Au Bangladesh et au Sahel, il n'y a pas d'obèses. ■

(1) Voir *Science & Vie* n° 929, p. 56.

(2) Vol. 269, p. 540.

(3) *New England Journal of Medicine*, vol. 333, août 1995.

# Les chefs-d'œuvre dans l'accélérateur

■ Doté des technologies les plus avancées – dont un accélérateur de particules unique au monde –, le Laboratoire de recherche des musées de France dissèque, date, authentifie les trésors artistiques. Pour leur rendre leur éternelle jeunesse.

PAR THIERRY PILORGE

« **V**oir *Le Scribe accroupi* au bout de l'accélérateur de particules reste l'un de mes plus grands souvenirs », confie Anne Bouquillon. Ingénieur géologue au Laboratoire de recherche des musées de France (LRMF), elle ne céderait sa place pour rien au monde.

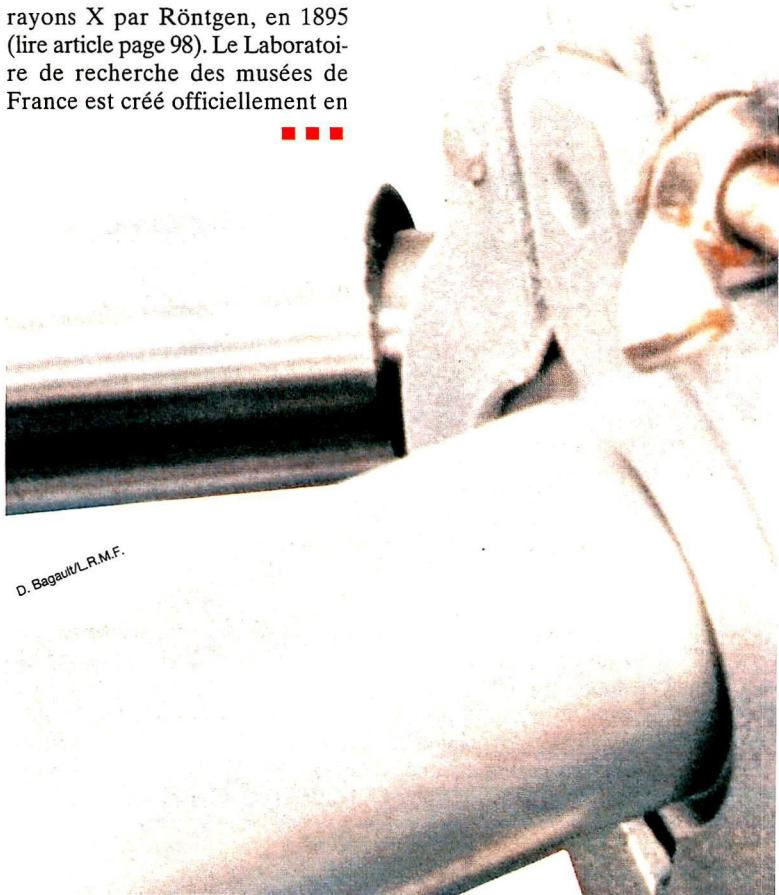
Il faut dire que le LRMF, qui a inauguré au mois de février ses nouveaux locaux sous les jardins du Carrousel, au Louvre, est un endroit magique. L'émotion artistique s'y mêle à la science la plus fondamentale et aux technologies les plus avancées.

L'existence d'un tel laboratoire est une nécessité, comme l'explique Jean-Pierre Mohen, son directeur. « A l'heure actuelle, on ne peut plus faire de l'histoire en général, de l'histoire de l'art, de l'archéologie, sans une base solide. On a maintenant, grâce à ces moyens techniques, la possibilité de tester toutes les hypothèses des sciences humaines, à l'aide de méthodes mises au point depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle et même, pour les plus élaborées, il y a seulement une vingtaine d'années. On peut obtenir des informations exceptionnelles, à partir desquelles on peut aller beaucoup plus loin. »

L'idée que physiciens et chi-

mistes peuvent éclairer le travail des peintres est initialement une idée de... Louis Pasteur. Elle prendra forme avec la découverte des rayons X par Röntgen, en 1895 (lire article page 98). Le Laboratoire de recherche des musées de France est créé officiellement en

■ ■ ■





En 1946, Picasso, à Antibes, n'a pas beaucoup de moyens. La radiographie du *Goéland d'oursins* a montré qu'il a été peint par-dessus le portrait du général Vanderberg.

## L'art sous le projecteur de la science

Rien n'échappe à l'accélérateur de particules AGLAE : dans ce pectoral égyptien, les pierres précieuses, turquoises et lapis-lazuli, voisinent avec des verres colorés en bleu, en blanc ou en rouge. L'analyse élémentaire a aussi permis de montrer que ce bijou était d'une facture moins précieuse que deux autres pectoraux de la même époque trouvés au même endroit.

## le laboratoire des musées de France

■ ■ ■ 1931, grâce à la générosité de deux mécènes argentins, Carlos Mainini et Fernando Perez. Il a pour objectif d'étudier scientifiquement les peintures des musées. Lors de sa réouverture, en 1946, après la guerre, il se développe considérablement. Il étend ses activités à l'archéologie et améliore sans cesse ses équipements. En 1968, grâce à André Malraux, il s'installe au Pavillon de Flore, sur 800 m<sup>2</sup>. Aujourd'hui, dans ses nouveaux locaux, il en occupe 5 000.

Un tel développement correspond, bien entendu, à une extension de ses missions, désormais au

nombre de quatre. D'abord, une mission d'examen et de diagnostic, en vue d'une authentification ou d'une restauration. « Dans le cadre d'une acquisition, par exemple, explique Jean-Pierre Mohen, nos collègues conservateurs nous demandent quel est l'état de conservation d'une œuvre, ou s'il s'agit bien d'un tableau authentique. »

### LES ARGILES DE BERNARD PALISSY

Les méthodes employées à cet effet sont multiples : observation dans l'invisible – aux infrarouges, aux ultraviolets, aux rayons X –,

qui met en évidence le passé de l'œuvre ; analyse chimique par chromatographie (technique qui permet de séparer les constituants d'un mélange en fonction de leur masse), ou, lorsque l'objet à examiner est trop précieux pour que le moindre prélèvement soit effectué, à l'aide de l'Accélérateur Grand Louvre d'analyse élémentaire (AGLAÉ), unique au monde, doté d'un « faisceau extrait » tout aussi unique (voir encadrés) ; et datation par thermoluminescence, qui utilise la propriété de certains matériaux, notamment les poteries ou les céramiques contenant de la silice, d'émettre de la lumière lorsqu'on les chauffe, en quantité d'autant plus grande qu'ils sont plus anciens.

Le LRMF a aussi pour mission l'élaboration de programmes pluridisciplinaires à long terme, qui s'étalent sur deux à trois ans. L'un d'eux réunit, autour de l'œuvre du céramiste Bernard Palissy, des archéologues, des scientifiques de l'Ecole normale supérieure, de l'université Paris VI et des géologues de Poitiers (il est vraisemblable que les argiles de Palissy provenaient de la région). Protestant, il avait dû s'enfuir lors de la Saint-Barthélémy ; il ne reviendra que pour être emprisonné à la Bastille, où il mourra. Et sa production restera en grande partie inconnue. Or, en creusant, on a retrouvé son four précisément sur le site actuel du LRMF, ainsi que dix mille fragments destinés à la grotte que Catherine de Médicis l'avait chargé de construire dans le jardin des Tuilleries.

### LES DEUX ÉPOQUES DE NIAUX

Un autre programme pluridisciplinaire, qui vient de s'achever, concerne la grotte préhistorique de Niaux (Ariège). André Leroi-Gourhan disait qu'il n'existe qu'un seul style à Niaux. Ces recherches ont prouvé qu'en fait il y a au moins deux grandes phases. Cela a

## LA GRANDE PURETÉ D'AGLAÉ

L'analyse élémentaire, comme son nom l'indique, vise à détecter les différents éléments d'un objet. Certains de ces composants, présents seulement à l'état de traces, sont particulièrement révélateurs de la provenance des matériaux. Or, de telles analyses constituaient jusqu'ici de véritables gageures : elles requièrent une sensibilité extrême, alors que, bien souvent, on ne peut se permettre de prélever le moindre échantillon sur l'objet examiné. Le LRMF s'est donc doté, dès 1987,

d'un accélérateur de particules unique au monde, AGLAÉ. Sa spécialité : le « faisceau extrait ». Habituellement, lorsque le faisceau d'ions frappe l'échantillon, ce dernier émet des rayons X caractéristiques des divers composants, mais partiellement brouillés par la rétroprojection du faisceau. De manière à éliminer ces parasites, on a multiplié, sur AGLAÉ, les capteurs équipés d'aimants, qui permettent d'éliminer ce qui est rétroprojecté. On obtient ainsi une analyse d'une grande pureté.

**Spécialité de l'accélérateur : le « faisceau extrait ».**



D. Vigier/L.R.M.F.

# LES TURQUOISES DES ACHÉMÉNIDES

« L'accélérateur d'ions AGLAE est mis notamment à contribution lorsqu'il s'agit d'analyser des bijoux, sur lesquels on ne peut faire aucun prélèvement », explique Anne Bouquillon. Dans le cadre des recherches sur le trésor des Achéménides (1), il est utilisé pour chercher à comprendre d'où vient la variété des turquoises : elles ont, en effet, des aspects très différents, ce qui pourrait s'expliquer par des provenances diverses. Les chercheurs sont donc en quête, à l'aide de l'accélérateur, de traces éventuelles d'éléments chimiques spécifiques de telle ou telle mine. A moins que ces différences ne soient dues qu'au vieillissement des pierres : comme les perles, les turquoises meurent.

L'examen a aussi montré que les

(1) La dynastie des Achéménides, fondée par Cyrus, a régné sur l'empire perse du milieu du VI<sup>e</sup> siècle jusqu'à la fin du IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Son rayonnement culturel s'étendit à tout l'Orient.



**L'analyse de traces d'éléments chimiques devrait révéler si les turquoises de cette boucle d'oreille sont de diverses provenances.**

turquoises sont montées à l'aide d'un ciment rouge à base de mercure, du cinabre. Un montage peu répandu ; il se faisait d'ordinaire sur quartz ou sur gypse. Peut-être l'artisan a-t-il voulu jouer avec les couleurs ?

été démontré par l'analyse des matériaux utilisés dans la couche picturale : les pigments, manganèse ou ocre, la "charge", qui donne de l'étoffe à la peinture (de la biotite, du talc...), et un liant, animal ou végétal. En déterminant chacun de ces éléments, on arrive à caractériser chaque figure. On ne peut savoir combien de siècles – ou de millénaires – séparent les deux étapes, mais on peut distinguer des ensembles homogènes.

Ces recherches, de plus en plus

approfondies, posent sans arrêt des problèmes nouveaux. Là réside la troisième mission du LRMF : l'invention de méthodes. Une cellule de scientifiques du CNRS et du CEA, de spécialistes des sciences humaines y travaille. Par exemple, la préparation des échantillons pour la datation par thermoluminescence a été robotisée. Au lieu de passer de deux à trois heures à purifier chaque échantillon, un robot, inspiré de l'industrie privée mais entièrement fabriqué au labo-

ratoire, effectue automatiquement la vingtaine d'opérations nécessaires sur une trentaine d'échantillons à la fois.

La prochaine étape sera la robotisation de l'accélérateur, qui est très demandé, de manière à le rendre opérationnel jour et nuit.

Enfin, quatrième mission, expliquer et communiquer, par le biais de publications (comme la toute nouvelle revue du laboratoire, *Techne*), de l'enseignement et de l'accueil d'étudiants. La diffusion fait aussi appel aux nouvelles technologies de la communication : un CD-Rom consacré aux aspects techniques de l'œuvre de Nicolas Poussin a déjà été réalisé, et d'autres sont prévus.

## LA JOCONDE EN MOUVEMENT

Où est l'unité, derrière une telle diversité ? Le fil conducteur, c'est le temps. « Ce qu'on attend de nous, explique Jean-Pierre Mohen, c'est que nous restituions l'œuvre d'art dans son temps. Les visiteurs qui viennent admirer la Joconde n'imaginent pas du tout que c'est une "œuvre en mouvement". Ils la voient comme une œuvre statique, en dehors du temps. Ici, nous déterminons si les matériaux sont conformes à ceux de l'époque de la création, si la technique est conforme à ce qu'on sait de la technique de l'artiste. En outre, ces matériaux ont évolué ; on étudie donc beaucoup le vieillissement.

» Celui-ci peut être critique, au point de dénaturer le matériau d'origine et de le faire disparaître. C'est un problème qu'on rencontre aussi bien à propos des grottes préhistoriques que de l'art contemporain. Les artistes contemporains méprisent les matériaux, ils méprisent le temps. Mais si le peintre accepte son rôle social, celui-ci ne s'inscrit-il pas dans la durée ? »

# Quand la Chine dominait les mers

■ Au début du XV<sup>e</sup> siècle, la marine chinoise était technologiquement la plus avancée, la plus puissante et la mieux armée du monde. En trente ans, pourtant, elle fut abandonnée, ouvrant la voie des mers aux Portugais et aux Espagnols.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

**E**n 1418, la plus grande flotte que le monde ait jamais connue jeta l'ancre au large de Malindi, à 50 km au nord de Mombasa (aujourd'hui au Kenya). Il y avait là plus de cent navires, parmi lesquels des jonques à neuf mâts de 130 m de long, d'une capacité de charge cent fois plus élevée que celle des futures caravelles de Christophe Colomb. Des navires étaient affectés au transport de provisions et d'eau fraîche, d'autres, à celui de chevaux ou de soldats. Les vaisseaux de combat étaient armés de fusées incendiaires, de grenades bourrées d'éclats de métal, de barils explosifs ou fumigènes. L'armada comptait 28 000 hommes : marins et soldats, comptables et envoyés impériaux, sous les ordres d'un eunuque chinois de confession musulmane nommé Zheng He. Des chaloupes furent mises à la mer pour amener au port des hommes à la peau jaune, vêtus de splendides habits de soie, qui laisseront ébahie la population locale.

A cette époque, trois quarts de siècle avant Christophe Colomb, la

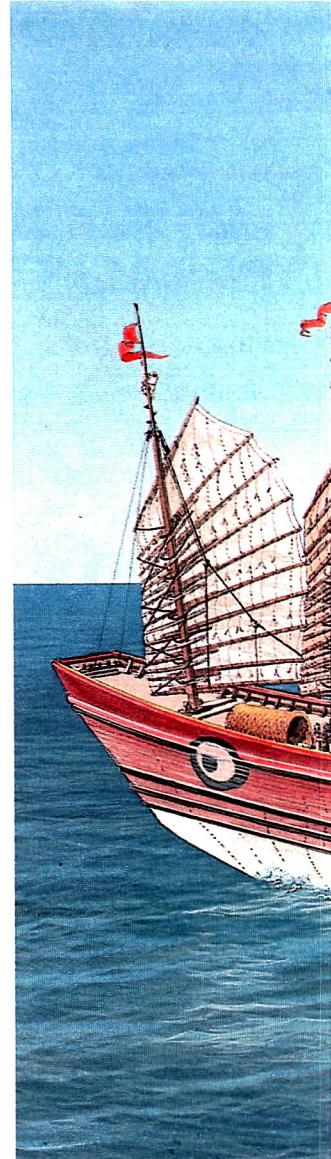
marine chinoise comptait 1 681 navires. La Chine avait sur l'Occident une avance technologique écrasante. Ses chantiers navals disposaient de cales sèches, encore inconnues en Europe (elles n'apparaîtront à Portsmouth qu'à la fin du XV<sup>e</sup> siècle). La boussole – inventée en Chine – était d'usage courant, et on savait déterminer la latitude à l'aide d'un tableau de pièces de bois mobiles orientées sur les étoiles. On faisait le point grâce aux constellations – différentes de celles imaginées en Occident. Les cartes étaient des rouleaux de papier de plusieurs mètres de long qu'on déroulait pour y suivre (ou y ajouter) des points de repère et évaluer la durée des traversées.

## L'ADMIRATION DE MARCO POLO

Mais, vers 1433, les Chinois ne construisirent plus (ni même ne réparèrent) aucun navire de haute mer ; au moment où le prince portugais Henri le Navigateur lançait ses caravelles sur la route des

épices, il n'y avait plus une jonque chinoise sur l'océan Indien. Et, en 1496, lorsque Vasco de Gama fit escale à Malindi, il ne restait dans cette ville que le souvenir lointain, transmis par les ancêtres, de l'incursion des hommes jaunes quatre-vingts ans auparavant.

L'histoire de la navigation en Asie remonte à 5 000 ou 7 000 ans avant J.-C. : des navigateurs venus du continent avaient alors atteint Taiwan, les Philippines, puis la péninsule de Malaisie et les îles Moluques. Les îles Fidji furent "découvertes" vers 1 300 avant J.-C. On y a trouvé, sur des tambours de bronze datant de cette époque, les représentations de radeaux en rondins de



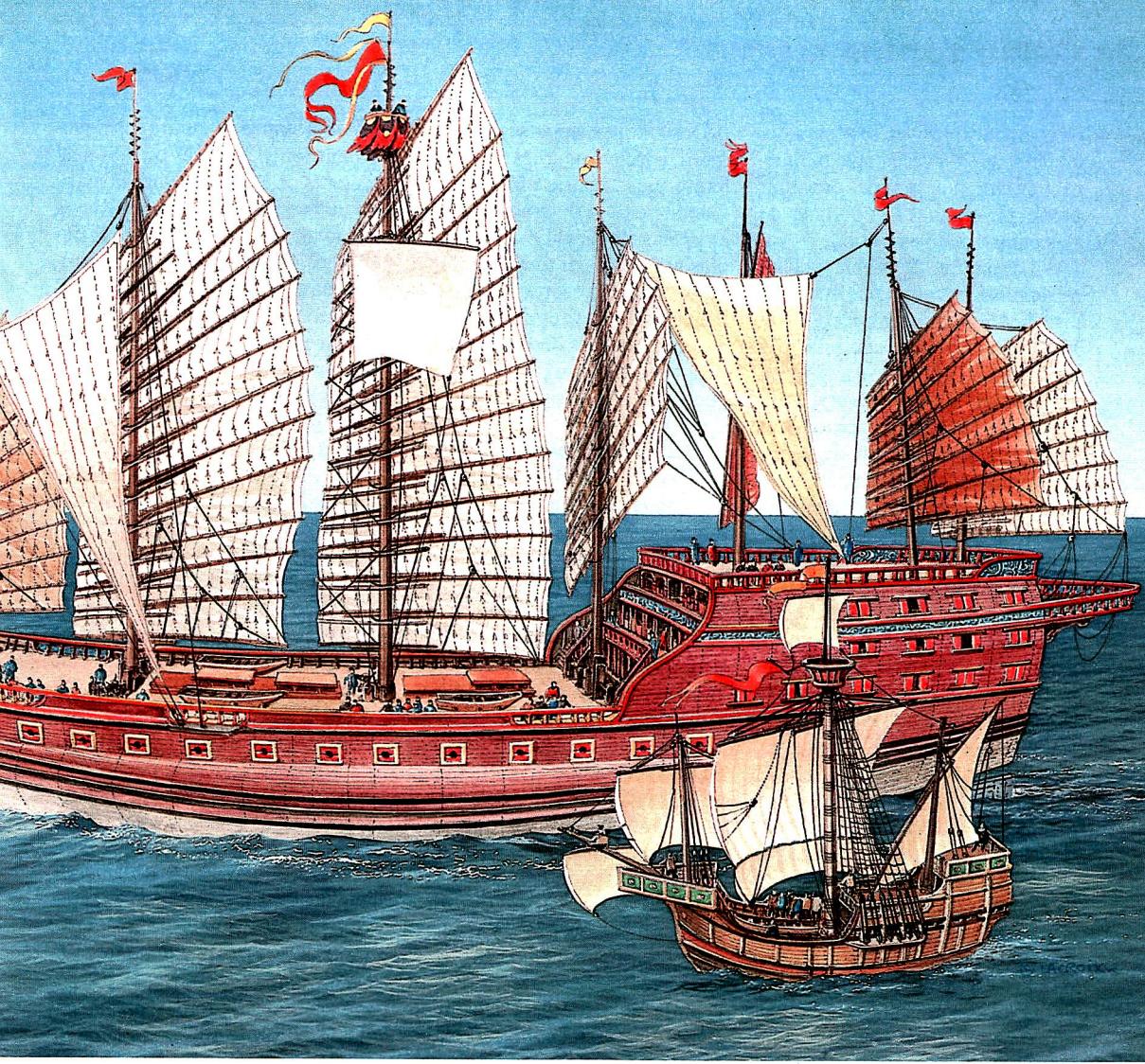


Illustration : C. Lacroix

## Cinq fois plus long que la Santa Maria

**Un siècle avant Christophe Colomb, les Chinois se lançaient dans l'exploration des mers. Ces bateaux de 130 m, qui transportaient les dignitaires de l'Empire, bénéficiaient de technologies encore inconnues en Europe.**

balsa, surmontés de cabines et munis de plusieurs gouvernails permettant de serrer le vent au plus près tout en "surfant" sur les vagues. Certains historiens pensent que ces embarcations ont même pu traverser

ser le Pacifique et atteindre le continent américain. Certains objets de bronze découverts au Pérou présentent en effet une ressemblance étonnante avec ceux de la "civilisation du bronze" des Shang, qui s'épanouit entre le XV<sup>e</sup> et le X<sup>e</sup> siècle avant notre ère.

Des documents chinois du VII<sup>e</sup> siècle après J.-C. font état de terres à plus de soixante jours de mer au sud de l'Asie. Ces textes décrivent des armes évoquant le boomerang, des animaux semblables au kangourou, et "des petits hommes noirs" – comme les Pygmées de la Nouvelle-Guinée. La statuette d'une divinité chinoise de l'époque Ming fut découverte en 1879 près de Dar-

win, en Australie, sous les racines d'un arbre vieux de deux siècles.

Une marine de guerre régulière fut établie en Chine en 1132 ; un siècle plus tard, elle comportait 20 escadrons et 52 000 conscrits. On retient de cette époque deux bateaux novateurs : le "faucon de la mer", plat et rapide, avec des gouvernails stabilisateurs sur les côtés, et le "tigre volant" à huit aubes, actionné par une quarantaine d'hommes pédalant à l'abri sous le pont.

La première utilisation militaire de la poudre remonte aux alentours de l'an 1200 : des navires "torpilleurs" à rames lançaient des mines explosives contenant de la limaille. D'autres navires, bourrés

# la Chine sur les mers

■ ■ ■ de charges explosives, se séparaient en deux après l'accostage du navire ennemi : la poupe devenait proue, permettant à l'équipage de s'éloigner avant l'explosion.

Au début du XIII<sup>e</sup> siècle, la Chine dominait le commerce maritime avec le Moyen-Orient. En 1275 et 1292, dans la Chine conquise par les Mongols, Marco Polo admirait les jonques au long cours, véritables palais flottants manœuvrés par 200 marins, dotées de 60 cabines individuelles et de compartiments étanches, dont l'usage ne sera adopté par les armateurs européens que six cents ans plus tard.

La puissance maritime de la Chine atteignit donc son apogée après la débâcle des Mongols, lorsque l'empereur Zhu Di (dynastie Ming) prit le pouvoir en 1402. Il ordonna la construction d'une marine impériale de guerre et de commerce. Des chantiers navals furent construits dans plusieurs provinces, le plus important à Langjiang, près de Nankin, à l'embouchure du Yang-Tsé, où furent installées sept cales sèches de 300 m de long.

L'intérieur de la coque des navires en construction était recouvert de plusieurs couches de planches entrecroisées. Ensuite, on installait les compartiments étanches, et les

Des jonques, appelées *fu chuan*, furent conçues pour les voyages en haute mer : coque effilée, quille fine dite en "os de dragon", poupe et proue élevées. Les navires les plus grands étaient les *bao chuan*, ou bateaux à trésor, qui transportaient les dignitaires de l'empire et les marchandises destinées au troc ou à l'offrande aux potentats que l'on voulait impressionner.

## LE COMMANDANT ETAIT UN ENUQUE

Longues de quelque 130 m et larges de 40 m, ces jonques avaient neuf mâts et douze voiles en soie, souvent de couleur rouge. La quille était une longue pièce de bois cerclée de fer. A l'arrière se trouvaient deux ancrages d'une demi-tonne chacune, et des ancre flottantes étaient utilisées par mer forte pour stabiliser le navire. Le gouvernail, placé autant que possible en avant du balcon arrière, pour une meilleure stabilité, pouvait être abaissé ou relevé selon les besoins. Sans être un bateau de guerre, le *bao chuan* était équipé de douze canons de bronze d'une portée de 250 à 300 m. Il y avait des cabines luxueuses, des salons avec des fenêtres, des anti-chambres décorées de balconnets. L'extérieur était orné de sculptures et de peintures : têtes d'animaux, yeux de dragons, aigles etc.

D'autres bateaux étaient conçus pour des fonctions spécifiques : transport de troupes, de chevaux, d'eau fraîche, ateliers de réparation... Chaque navire avait son fanion et un drapeau noir sur lequel était indiqué le nom de l'escadron auquel il appartenait. Les navires communiquaient entre eux grâce un système élaboré comprenant des fanions de signalisation, des cloches, un grand tambour, des gongs et des lanternes. Des pigeons voyageurs transmettaient les messages au port.

Zheng He, commandant en chef de la marine, était un eunuque qui avait servi Zhu Di dans sa conquête du pouvoir. La castration était fréquemment pratiquée en Chine.

Et de nombreux eunuques devenaient fonctionnaires ou administrateurs de l'empire. Dans la marine, le commandant en chef Zheng He avait sous ses ordres sept eunuques délégués par l'empereur, dix eunuques assistants, et cinquante-deux eunuques subalternes. Chaque capitaine avait droit de vie et de mort à bord de son navire.

Les expéditions montées par la flotte impériale n'étaient nullement des expéditions de conquête, mais d'exploration, de prestige et de commerce. Les Chinois exportaient de la porcelaine, des tissus, des clous, des aiguilles, des ustensiles de cuisine, du fil de fer, du chanvre, du thé, de l'huile et des bougies.

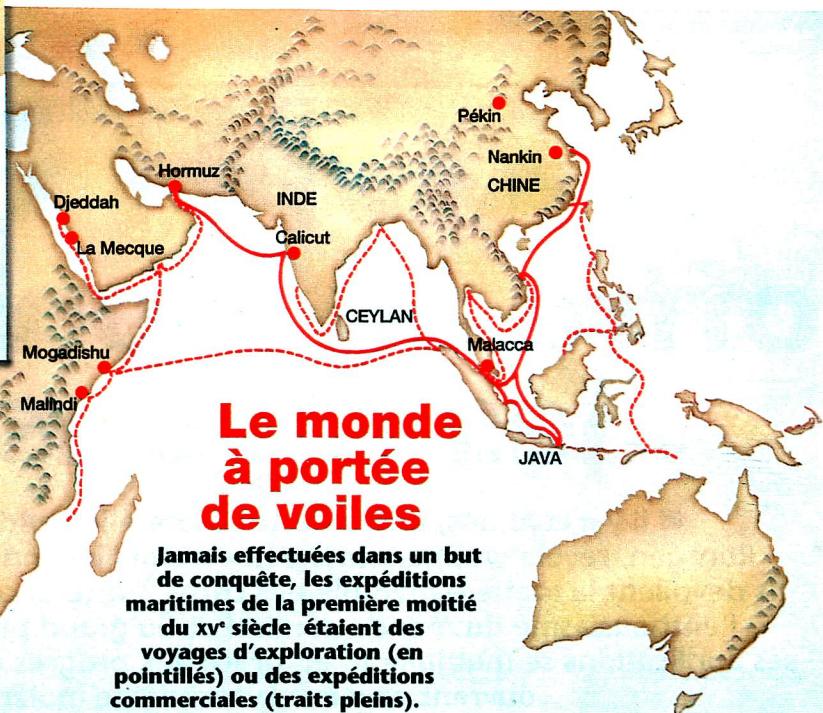
La première expédition de Zheng He quitta Nankin en automne 1405 à destination de Calicut (aujourd'hui Kozhikode) en Inde, alors puissante cité-Etat et grand marché de pierres précieuses, perles, bois rares et épices. 317 jonques emportaient plus de 27 000 hommes. Dans les meilleures conditions, cette flotte se déplaçait à la vitesse de 8 nœuds, parcourant environ 300 km par jour. Elle fit escale à Java et Ceylan (Sri Lanka), et mouilla pendant plusieurs mois à Calicut.

Sur la voie de retour, en passant par le détroit de Malacca, Zheng He rencontra et défit une bande de pirates, brûlant dix navires et capturant les sept autres. Fusées, bombes incendiaires, gaz toxiques, flèches enflammées, grenades explosives, faisaient partie de son arsenal, qui comprenait aussi ce que l'on appellerait aujourd'hui des "bombe puantes" – à base d'excréments et d'autres produits nauséabonds.

En 1414, une flottille, toujours commandée par Zheng He, atteignit Hormuz, à l'entrée du golfe Persique, où les produits chinois furent échangés contre saphirs, rubis, topaze, perles et colliers de corail, ambre, laine et tapis. On ramena aussi une girafe, des lions, des léopards, des chevaux arabes et des "chevaux célestes" (des zèbres) ainsi que des émissaires des cités-Etats

## Des navires à caissons étanches, six siècles avant l'Occident

mâts. Les joints étaient calfatés à la fibre de jute travaillée avec un mélange de chaux et d'huile de tung, extraite des graines de cet arbre (*Aleurites fordii*). On en planta 10 000 rien que pour satisfaire les besoins des chantiers de Longjiang ! Les clous de fer étaient enduits de la même mixture pour éviter que la rouille n'endommage le bois.



**Le monde à portée de voiles**

Jamais effectuées dans un but de conquête, les expéditions maritimes de la première moitié du xv<sup>e</sup> siècle étaient des voyages d'exploration (en pointillés) ou des expéditions commerciales (traits pleins).

Illustration : M. Marie

africaines de Mogadishu (Ethiopie), de Brawa et Malindi (Kenya).

L'empereur Zhu Di mourut en 1425 après avoir pratiquement terminé les travaux pharaoniques dans sa nouvelle "capitale du Nord", Pékin, y compris la magnifique "cité interdite" avec ses palais de plus de 800 pièces. En 1431, son petit-fils, l'empereur Zhu Zhanji, confia à Zheng He, alors âgé d'une soixantaine d'années, une nouvelle expédition, sa dernière. Il mourut en effet en mer, mais un de ses capitaines, Hong Bao, eunuque lui aussi, contourna l'Arabie et remonta la mer Rouge jusqu'à La Mecque et Djeddah, puis suivit la côte africaine jusqu'à Malindi. A la mort de Zheng He, la marine de l'Empire Ming comptait quelque 3 500 bâtiments, dont 2 700 navires de guerre. La technologie maritime était la meilleure au monde, et des cartes chinoises indiquaient des lieux jusqu'au Mozambique et à Madagascar et même en Méditerranée. Christophe Colomb n'était pas encore né.

L'empire Ming détenait la clé de la domination des mers et aurait pu devenir la première puissance coloniale du monde. Pourtant, ce voyage

jusqu'en Afrique fut le dernier. En quelques années, la taille de la flotte Ming fut réduite de moitié. Vers 1450, des édits impériaux interdirent tout déplacement à l'étranger et, à la fin du xv<sup>e</sup> siècle, construire une jonque de plus de deux mâts devint un crime passible de la peine de mort. La plus grande marine du monde s'était sabordée. Pourquoi ?

### PAS DE CHINOIS POUR ACCUEILLIR VASCO DE GAMA

Avec la collaboration d'historiens de Chine, de Hong-Kong et d'Indonésie, et du fameux sinologue britannique Joseph Needham, de l'université de Cambridge, une journaliste américaine, Louise Levathes, a tenté de reconstituer cet épisode mal connu de l'histoire maritime chinoise (1). Plusieurs hypothèses sont avancées. Les bureaucraties confucianistes de l'empire demandaient que le trésor impérial soit utilisé pour le bien du pays, plutôt que dilapidé en aventures maritimes dont les principaux bénéficiaires étaient les eunuques

(1) Louise Levathes, *When China Ruled the Seas*, Simon & Schuster, New York, 1994.

de la cour qui dominaient le commerce extérieur. Les fonctionnaires confucianistes, conservateurs, pouvaient arguer que si la Chine, "empire du milieu", était effectivement le nombril du monde, des voyages coûteux n'étaient pas nécessaires pour confirmer sa suprématie. Ajoutons que les Mongols devenaient de nouveau menaçants sur la frontière nord-ouest de l'empire, et qu'il fallait de toute urgence réparer la Grande Muraille.

Les chantiers navals tombèrent en décrépitude et, à la fin du siècle, il n'y avait plus guère d'architectes capables de diriger la construction d'une grande jonque. Le développement des armes à feu fut également ralenti.

Ainsi, en quelques années, la Chine perdit son avantage technologique sur l'Occident, pour ne jamais plus le retrouver. Lorsque Vasco de Gama fut accueilli à Malindi en 1495, il y trouva de l'eau fraîche et des provisions de bord, mais aucun Chinois. Il cingla vers Calicut sans jamais rencontrer un de ces navires géants auprès desquels sa petite caravelle eut semblé être une coquille de noix. ■

# RÖNTGEN

## offre au monde les rayons X

■ Il y a cent ans, un modeste savant allemand, Wilhelm Conrad Röntgen, révèle un phénomène jusqu'alors inconnu : les "rayons X". Ils dévoilent la matière invisible des corps. Cette découverte provoque l'enthousiasme du monde médical et du grand public. Aujourd'hui, ses applications se multiplient, et, grâce aux progrès de l'informatique, ouvrent la voie à la recherche moléculaire de demain.

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

**P**ar une étrange coïncidence, deux inventions révolutionnaires dans le domaine de l'image sont officiellement nées le même jour : les rayons X et le cinéma. Ce 28 décembre 1895, au Grand Café, boulevard des Capucines à Paris, a lieu la première projection payante du cinématographe des frères Lumière, devant 33 spectateurs. Au programme, entre autres, *La Sortie des usines Lumière* et *L'Arroseur arrosé*. Au même moment, en Allemagne, le professeur Wilhelm Conrad Röntgen communique à l'Institut de Würzburg un mémoire sur un «nouveau genre de rayons capables de traverser les corps opaques», accompagné d'une photographie saisissante : le squelette d'une main, avec une bague flottant autour de l'os de l'annulaire. C'est la première radiographie jamais réalisée. Le succès est foudroyant !

La véritable "naissance" des rayons X s'était produite sept semaines avant ce baptême public.

S. Elleringmann



### La main de Madame Röntgen

Si cette toute première radiographie, représentant la main de Mme Röntgen, a tant frappé les imaginations, n'est-ce pas parce qu'on y a vu le symbole, tout à la fois, de la vie et de la mort, de l'éternel et du périsable, et senti le pouvoir de la science, capable de percer la surface des choses ?

Le 8 novembre 1895, tard dans la soirée, Röntgen travaille dans son modeste laboratoire (une pièce de sa propre maison) lorsque, dans la semi-obscurité, son regard est surpris par une lueur pâle ; elle émane d'un écran posé non loin de là, recouvert de cyanure de baryum fluorescent. Qu'une substance douée de fluorescence émette de la lumière juste après avoir été éclairée, rien de plus normal ; mais l'étrange est que cette lueur-là persiste sans éclairage extérieur...

Regardant autour de lui, le savant s'aperçoit que son tube de Crookes est toujours branché. Il le débranche, la lueur disparaît. Il branche l'appareil, l'écran brille à nouveau ! Le tube de Crookes est pourtant recouvert d'une gaine opaque de carton noir, et l'écran se trouve à plus d'un mètre. Mais Röntgen doit se rendre à l'évidence : en fonctionnant, le tube émet "quelque chose" qui, plus loin, va exciter la fluorescence de l'écran.

Comme nombre de ses collègues, Röntgen s'intéresse depuis long-



Boyer-Violette



J. Burgess/S.P.L./Cosmos

## Le premier Nobel de physique

Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) est un savant estimé mais obscur jusqu'à sa découverte des rayons X, qui soulève l'admiration de toute la communauté scientifique.

Grâce à son travail expérimental exemplaire, il donne toutes les caractéristiques des nouveaux rayons, sans toutefois réussir à percer le secret de leur nature.

■■■ temps au tube de Crookes, inventé quarante ans plus tôt. C'est une sorte de grosse ampoule de verre où l'on a fait le vide, et à laquelle on applique une tension électrique élevée ; d'invisibles rayons sont alors éjectés de la cathode métallique et viennent frapper l'anode, à l'autre extrémité de l'ampoule, en faisant scintiller la paroi. Ces "rayons cathodiques" ne sont autres que des électrons, mais il y a cent ans, tout le monde l'ignorait.

En revanche, Röntgen et les physiciens de l'époque savent parfaitement que les rayons cathodiques sont stoppés par la paroi de verre de l'ampoule. Donc ce ne sont pas eux qui s'en échappent pour faire scintiller l'écran, mais bel et bien des rayons inconnus ! A partir de cet instant, Röntgen ne quittera pour ainsi dire plus son laboratoire. Pendant cinquante jours et cinquante nuits, délaissant son entourage et ses obligations, il se consacrera fiévreusement et systématiquement à l'étude des mystérieux rayons, qu'il nomme "rayons X".

On a souvent dit que Wilhelm Röntgen, sévère et grave directeur de l'Institut de physique de la petite université de Würzburg, savant réputé mais modeste, alors âgé de 50 ans, avait découvert les rayons X par hasard. C'est certainement injuste !

## Röntgen refuse de déposer des brevets

D'autres physiciens utilisateurs du tube de Crookes avaient sans doute vu la fluorescence auparavant, sans y accorder plus d'attention. Röntgen, lui, sut non seulement identifier immédiatement un phénomène nouveau, mais aussi en faire une description aussi détaillée que possible.

Reclus dans son laboratoire, le physicien commence par placer l'écran à différentes distances du

## Les médecins sont aussitôt fascinés

Quelques mois à peine après la découverte des rayons X, les médecins, fascinés, peuvent voir, en mouvement, les ombres projetées des organes internes du corps vivant.



tube ; puis il dispose entre le tube et l'écran toutes sortes de substances – papiers, bois, étoffes, métaux – de diverses épaisseurs, et observe si la scintillation se poursuit. Il confirme que ces mystérieux rayons ont une puissance de pénétration extraordinaire. Néanmoins, la facilité avec laquelle ils traversent les obstacles dépend de l'épaisseur et de la nature de ceux-ci. Par ailleurs, à la différence des rayons cathodiques, ils ne sont déviés ni par un champ électrique, ni par un champ magnétique, donc ils ne transportent pas de charge électrique. Un jour, comme son épouse Bertha s'inquiète de ne plus le voir, Röntgen l'entraîne vers ses appareils et lui demande de placer sa main devant le tube ; durant quinze minutes, il prend en photo la radiographie de la main de sa femme, telle qu'elle se dessine sur l'écran fluorescent : les os et la bague arrêtent les rayons X, tandis que les tissus mous sont traversés comme s'ils étaient transparents...

Cette image fantastique fut sans doute pour beaucoup dans l'extraor-

dinaire succès scientifique et populaire des rayons X. N'était-ce pas la matérialisation "en chair et en os" d'un vieux rêve de l'humanité : voir à travers les corps, à travers la matière ? Lorsqu'enfin, le 28 décembre 1895, après des semaines d'expériences méticuleuses, Röntgen se décide à soumettre sa découverte à ses collègues de l'Institut de Würzburg, il ne soupçonne sûrement pas l'intense battage médiatique qui s'en suivra.

### LA RADIO DU TSAR

Dès le matin du 5 janvier, la *Neue Freie Presse* de Vienne annonce la «découverte sensationnelle» sur plusieurs colonnes à la une (le rédacteur en chef a eu l'information par son fils, assistant d'un physicien de l'université de Vienne). En quelques jours, la nouvelle fait le tour de la planète, reprise par les principaux journaux de Londres, de Francfort, de Paris – sans même qu'on ait consulté Röntgen, et bien avant la parution de son article original ! Quand enfin paraît le numéro de

janvier de la revue scientifique contenant le fameux article, tous les exemplaires sont épuisés le jour même. L'article, très vite publié en brochure séparé, connaît cinq éditions successives, et on le traduit en plusieurs langues.

Tout de suite, les journalistes ont prédit un grand avenir aux rayons X pour la médecine et la chirurgie, mais ils leur ont aussi prêté toutes sortes de pouvoirs plus fantaisistes, comme de lire les pensées à travers le crâne, ou de surprendre des scènes intimes derrière les façades des maisons ! Comme bien des inventions de l'époque, dont le cinématographe, c'est dans les foires que les rayons X rencontrent leur tout premier succès. On s'y fait radiographier la main ou le pied pour quelques sous. Le tsar et

la tsarine de Russie eux-mêmes veulent avoir une radio de leur main...

Quant au taciturne Röntgen, loin de goûter cette gloire soudaine, il se barricade chez lui pour éviter le flot de journalistes et de curieux, mauvraignant qu'on l'empêche de travailler.

### « ENVOYEZ-MOI VOTRE CAGE THORACIQUE »

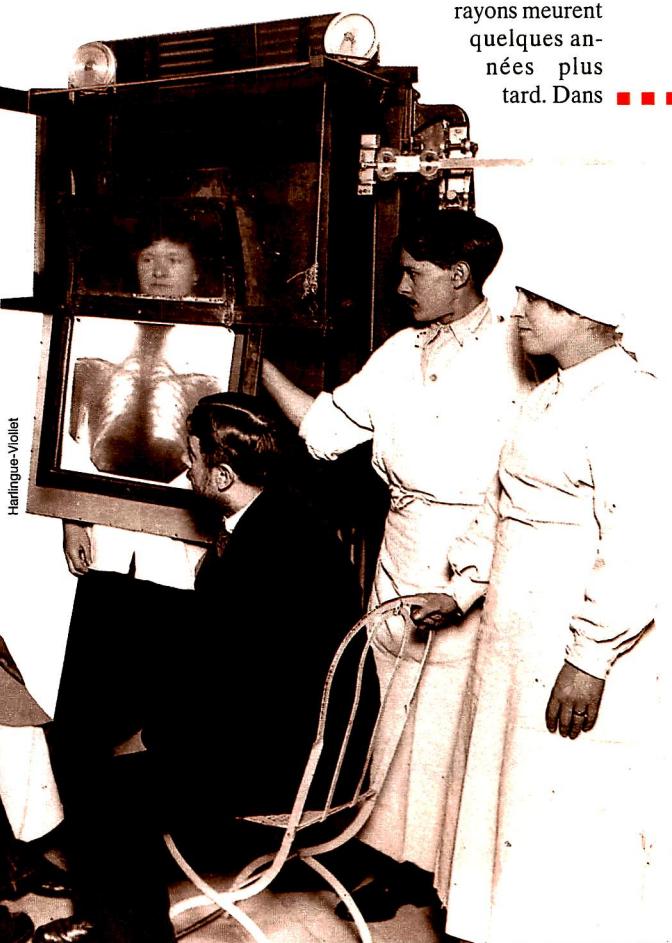
Malgré les propositions très insistantes de différentes firmes, dont la Société électrotechnique de Berlin, il refuse catégoriquement de déposer des brevets, de travailler dans des laboratoires privés ou de tirer des profits financiers de sa découverte qui, dit-il, « appartient au monde entier ». Le savant austère et désintéressé ne manque pas pour autant d'humour. A un quidam le priant par

lettre de lui envoyer « un peu de rayons X », afin d'examiner sa cage thoracique, Röntgen répond : « Malheureusement mon stock de rayons X est actuellement épuisé. De plus, leur expédition ne serait pas exempte de difficultés. Je suggère une solution plus simple, envoyez-moi plutôt votre cage thoracique. »

L'année 1896, décrétée « année Röntgen », voit paraître plus de 1 000 articles et des dizaines de livres sur les rayons X et leurs utilisations en médecine. Quelques mois après la découverte, de nombreux hôpitaux s'équipent d'un laboratoire de radiographie (l'hôpital de la Salpêtrière et celui de Tenon, à Paris, ont été pionniers en la matière). Mais, rapidement, on s'aperçoit que certains malades radiographiés perdent leurs cheveux ; des cancers se déclarent chez les patients, le personnel médical, les physiciens. Les premières victimes des rayons meurent quelques années plus tard. Dans

## Danger mortel mais ignoré

Lors de cette séance de radioscopie, en 1910, les rayons X avaient déjà fait des dizaines de victimes. On commençait à réduire les durées d'exposition des patients.



Huntington-Violet



■■■ les années 30, on érige à Londres et à Hambourg des monuments portant gravés les noms de ceux «qui ont héroïquement frayé la voie aux applications efficaces et sans danger des rayons X en médecine». Malgré l'avalanche de travaux entraînée par cette nouvelle «mode» scientifique, personne ne sait encore ce que sont les rayons X !

## Très courtes ondes et grande énergie

Il faudra attendre dix-sept ans – en fait, durant toutes ces années, on n'en apprit guère plus que ce que contenait déjà le remarquable mémoire de Röntgen. En 1897, J.J. Thomson montre (à la suite des travaux de Zeeman et de Jean Perrin) que les fameux «rayons cathodiques» des tubes de Crookes sont constitués de particules très légères portant toutes la même charge d'électricité contenues à l'intérieur même des atomes : des «atomes d'électricité» ou électrons. Cette

découverte capitale passera presque inaperçue du grand public, et ne sera pas acceptée immédiatement par tous les scientifiques. Röntgen interdira même, jusqu'en 1907, qu'on parle d'électrons, «ce mot creux et dépourvu de contenu concret».

Si les rayons cathodiques sont finalement identifiés comme électrons, la nature des rayons X demeure mystérieuse. Deux hypothèses s'affrontent : «l'hypothèse anglaise» selon laquelle les rayons X sont de nature corpusculaire, et «l'hypothèse allemande», qui les voit comme des ondes, c'est-à-dire des vibrations de l'éther, analogues à la lumière.

Mais toutes les expériences destinées à mettre en évidence cette nature ondulatoire semblent négatives : les rayons X ne se réfléchissent pas, ne se réfractent pas, et (en apparence) ne se polarisent pas, ne diffrent pas et ne produisent pas non plus d'interférences – comme devraient le faire des ondes dignes de ce nom.

Pourtant, les rayons X sont bien des ondes électromagnétiques, et s'ils se comportent différemment de la lumière visible, c'est parce que leurs longueurs d'onde sont beau-

coup plus courtes, comprises entre un centième et un millionième de micromètre ( $10^{-8}$  à  $10^{-12}$ m) tandis que la lumière visible se situe entre 0,4 et 0,7 micromètres. C'est en effet la longueur d'onde qui caractérise les ondes électromagnétiques. Mais, en un sens, les rayons X sont aussi des corpuscules ! On sait en effet, depuis les travaux de Planck et d'Einstein (1905), que le rayonnement électromagnétique peut parfois se comporter comme un flot de particules, les photons. Plus la longueur d'onde du rayonnement est courte, plus les photons correspondants ont d'énergie. Ainsi, les photons «X» sont 100 à 100 000 fois plus énergétiques que les photons «visibles».

## COMME DANS LE VIDE

Toutes les propriétés des rayons X s'expliquent par leur longueur d'onde ou par leur énergie. Par exemple, si la plupart des objets sont «transparents» pour les rayons X, c'est que ceux-ci ont une énergie bien trop grande pour exciter les électrons superficiels des atomes (contrairement à la lumière visible, qui est absorbée et renvoyée par les électrons périphériques des atomes). Les X, eux, traversent la plupart des choses comme si de rien n'était. C'est pourquoi, ils se déplacent dans tous les milieux à la même vitesse que dans le vide – alors que la lumière visible est ralentie dans



Boyer-Viollet

## Technique ou médecine

A qui revient le droit de réaliser des radiographies ? Aux techniciens ou aux médecins ? Le débat a agité la presse, les milieux médicaux et même les politiques pendant des décennies. Ce n'est qu'en 1934 que les médecins obtiennent l'exclusivité de la direction des laboratoires de radiographies. Ici, une voiture radiologique en 1913.

# STRAND-IDYLLE À LA RÖNTGEN



JL Charmet

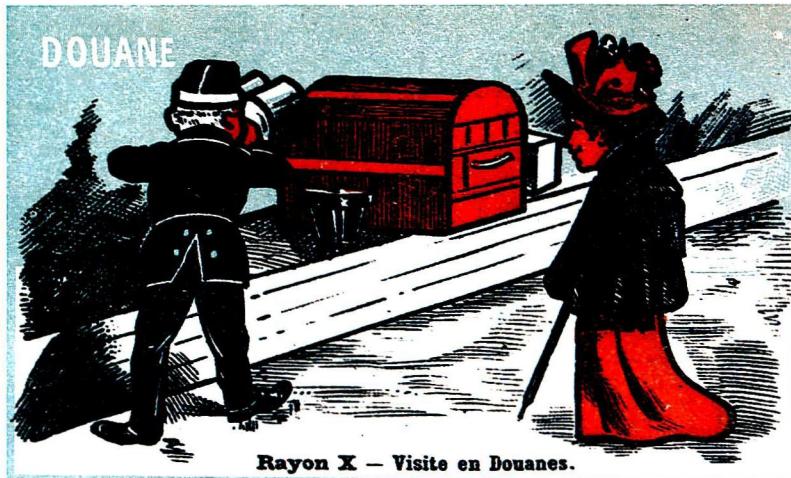
l'eau, par exemple. Mais la propriété la plus typique des ondes est la diffraction. Quand on projette de la lumière sur une plaque percée de fentes très fines, chaque fente se comporte comme si elle était elle-même une source de lumière, si bien que les rayons de lumière qui en sortent s'ajoutent. Ou plus exactement, comme ce sont des ondes, elles s'ajoutent si la crête de l'une se superpose avec la crête de l'autre, et s'annulent si la crête rencontre un creux, ce qui dessine des rayures claires et sombres caractéristiques, qu'on appelle des "franges d'interférence". En réalité, ce phénomène n'est visible que si la distance entre

les fentes est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde du rayonnement. Or les rayons X passaient tout droit à travers les réseaux de fentes les plus fins, sans tracer la moindre interférence. Cela semblait renforcer l'hypothèse anglaise : les rayons X sont des corpuscules. A moins, comme l'ont suggéré, dès 1896, plusieurs physiciens dont Perrin, qu'il ne s'agisse d'ondes de très courte longueur, bien infé-

rieure à la distance des fentes... C'est cette hypothèse que propose de tester Max von Laue en 1912, à Munich. Si les rayons X sont des ondes très courtes, pense-t-il, elles doivent diffracter sur un réseau de fentes extrêmement fines, écartées d'un centième de micromètre ou même moins. Impossible de fabriquer un tel réseau, mais Laue a une excellente idée : il pense utiliser un réseau régulier naturel, un cristal. ■ ■ ■

## La science, l'imaginaire, l'amour et les vacances

Rares sont les découvertes scientifiques qui ont, à ce point, excité l'imagination des journalistes et des caricaturistes (ici, "Idylle de plage à la Röntgen", publiée dans un journal allemand vers 1897).



L. de Selva/Tapador

## Quand la douane rêve

Tout de suite, les douaniers ont compris que les rayons pouvaient réaliser leur rêve le plus fou : voir à l'intérieur des bagages sans les fouiller. Mais, ayant payé un lourd tribut aux dangereux rayonnements, ils cessèrent pendant plusieurs années de les utiliser. Avant de connaître le moyen de s'en protéger.

■ ■ ■ Si la distance entre les atomes du cristal est du même ordre que la longueur d'onde des rayons X, on devrait voir une figure de diffraction. Deux assistants de Laue, Friedrich et Knipping, mettent sa théorie en pratique et obtiennent finalement des taches sombres disposées géométriquement sur l'écran : la figure de diffraction du cristal, preuve que les rayons X sont bien des ondes.

William Henry Bragg, professeur à Cambridge, est tout de suite convaincu par Laue. Avec son fils William Lawrence, il réalise les diffractions de différents cristaux, et

parvient à expliquer mathématiquement la disposition de taches en fonction de la géométrie à trois dimensions du cristal. Ils sont ainsi les premiers à utiliser la diffraction des rayons X pour étudier la structure de la matière. En 1913, W. Henry Bragg construit un spectrographe permettant de mesurer la longueur d'onde des rayons X. Deux ans plus tard, les Bragg reçoivent le prix Nobel – le fils n'a que 25 ans ! Laue avait reçu la même récompense en 1914. Quant à Röntgen, il fut le tout premier prix Nobel de physique, en 1901.

Cent ans après, on peut penser que si les rayons X n'ont sans doute pas été la plus grande découverte d'un siècle, ils restent l'une des plus fécondes. Car leurs applications n'ont cessé de se multiplier et de s'enrichir, au point qu'il est impossible de les citer toutes, de la radiothérapie à la recherche d'éléments-traces par fluorescence, de l'astronomie des rayons X à la recherche archéologique.

### « VOIR » LES ATOMES UN À UN

Mais les deux principales applications restent fondées sur les mêmes propriétés essentielles. Les scanners, qui donnent des images du corps humain plus performantes que les radiosopies d'antan, exploitent encore la faible absorption des rayons X, qui rend transparentes les matières opaques. Et, surtout, les rayons X nous sont utiles parce que leurs longueurs d'onde sont de mêmes dimensions que les atomes. Ils sont ainsi capables, par diffraction, de nous faire "voir" ces atomes, un à un, dans les molécules. Dans les années 50, ils ont permis d'élucider la géométrie en hélice de l'ADN. Aujourd'hui, grâce à l'informatique, la diffraction des rayons X dévoile les structures des molécules biologiques les plus complexes, protéines, bactéries et virus. Une découverte centenaire pleine d'avenir... ■

## CONCOURS : « IMAGINEZ UNE APPLICATION DES RAYONS X »

Pour fêter le 100<sup>e</sup> anniversaire de la découverte de Röntgen, l'E.S.R.F. (Installation européenne de rayonnement synchrotron) organise un grand concours ouvert aux jeunes Européens âgés de 15 à 25 ans. Le thème : "Imaginez une application des rayons X dans les années à venir".

Alors, que vous ayez l'esprit scientifique ou la fibre science-fiction, saisissez votre stylo ! En deux ou trois pages (1 000 mots maximum), présentez votre projet.

Et envoyez-le à l'E.S.R.F. avant le 30 septembre.

A la clef, plusieurs prix prestigieux :

- Un Prix des scientifiques sera octroyé au plus rigoureux et sérieux des concurrents ;
- Un Prix des journalistes récompensera le plus soigné et le plus original des projets (présentation, qualité rédactionnelle, imagination) ;

- Un Prix des industriels sera attribué à une application industrielle.

- Le meilleur projet francophone recevra le Prix *Science & Vie* : un caméscope d'une valeur d'environ 6 000 F.

- Et dans la catégorie 15-18 ans, le prix *Science & Vie Junior* : un appareil photo d'une valeur d'environ 2 000 F, sera offert au projet le plus étonnant.

Enfin, tous les gagnants seront invités pour un séjour de trois jours (24-25-26 novembre 1995) à Grenoble, lors de la Semaine européenne de la culture scientifique et technologique. Ils visiteront l'E.S.R.F. et certains auront la chance de pouvoir réaliser leur expérience.

Pour plus d'information ou pour obtenir de la documentation, écrire à : E.S.R.F. Concours rayons X B.P. 20, F 38043 Grenoble Cedex.

Mary Evans Picture



# Choisissez votre formule d'abonnement à SCIENCE & VIE

## 1ère FORMULE

**NOUVEAU**

**PRELEVEMENT**  
**Seulement 55 francs**  
**par trimestre**

**LES 5 AVANTAGES DE**  
**MON ABONNEMENT " LIBRE DUREE " :**

**1 Une formule économique**

SCIENCE & VIE est livré chaque mois à mon domicile, à un prix inférieur au prix de vente en kiosque.

**2 Un prix garanti**

En m'abonnant, je suis préservé des augmentations de prix pendant au moins un an.

**3 Un paiement échelonné**

Chaque trimestre, 55 francs seulement sont automatiquement prélevés sur mon compte.

**4 Je choisis la durée**

A tout moment, je me réserve la liberté de résilier mon abonnement par simple lettre, et les prélevements seront stoppés aussitôt.

**5 J'en profite même en vacances**

Je fais suivre mon abonnement à SCIENCE & VIE sur mon lieu de vacances, sans aucun frais supplémentaire.

**OUI**

je m'abonne dès aujourd'hui  
à SCIENCE & VIE :

**1ère FORMULE**

je ne paierai que

55 francs par trimestre, par  
prélèvement sur mon compte bancaire  
ou postal, et je remplis l'autorisation  
de prélèvement ci-contre ainsi  
que la grille adresse ci-dessous.

**2ème FORMULE**

Je remplis la grille ci-dessous  
accompagnée de mon règlement par  
chèque bancaire ou postal  
à l'ordre de Science & Vie

**ADRESSE DE RECEPTION  
DE MON ABONNEMENT**

NOM \_\_\_\_\_

PRENOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_

VILLE \_\_\_\_\_

## 2ème FORMULE

**PAIEMENT UNIQUE**  
**220 francs\***  
**1 an - 12 numéros**



**NE TARDEZ PAS ET REMPLISSEZ AU PLUS VITE  
LE BULLETIN CI-CONTRE**



## BULLETIN D'ABONNEMENT A SCIENCE & VIE

à retourner à SCIENCE & VIE - 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris Cedex 15

### Autorisation de prélèvement

**1 TITULAIRE DU COMPTE À DEBITER**

NOM \_\_\_\_\_  
PRENOM \_\_\_\_\_  
ADRESSE \_\_\_\_\_  
CODE POSTAL \_\_\_\_\_  
VILLE \_\_\_\_\_

**2 COMPTE À DEBITER**

ÉTABLISSEMENT \_\_\_\_\_  
codes \_\_\_\_\_  
N° DU COMPTE \_\_\_\_\_  
CLÉ RIB \_\_\_\_\_

J'autorise l'établissement teneur de mon compte à prélèver sur ce dernier le montant des avis de prélèvement trimestriels présentés par SCIENCE & VIE. Je vous demande de faire rapport à ces débitements les informations suivantes : nom et prénom, adresse et numéro de mon compte bancaire ou postal. Je m'adresserai directement à SCIENCE & VIE pour tout ce qui concerne le fonctionnement de mon abonnement.

Nom et adresse de l'organisme créancier  
SCIENCE & VIE - 1, rue du Colonel Pierre Avia  
75503 Paris Cedex 15

N° national d'émetteur : 415137

**Comment bien  
remplir  
votre  
autorisation de  
prélèvement**

**1 :** Indiquez les nom,  
prénom, et adresse  
du débiteur

**2 :** Indiquez les  
coordonnées de votre  
relevé d'identité  
bancaire ou postal

**3 :** Indiquez le nom  
et l'adresse de votre  
agence bancaire et  
joignez votre R.I.B.

**3 ETABLISSEMENT TENEUR DU COMPTE À DEBITER**

ÉTABLISSEMENT \_\_\_\_\_  
ADRESSE \_\_\_\_\_  
CODE POSTAL \_\_\_\_\_  
VILLE \_\_\_\_\_

**DATE ET SIGNATURE OBLIGATOIRES :**

OFFRE VALABLE  
JUSQU'AU 31/12/95 ET RESERVÉE  
À LA FRANCE MÉTROPOLE

OFFRE VALABLE UNIQUEMENT DANS LE CADRE D'UN PREMIER ABONNEMENT A SCIENCE & VIE

RCS PARIS B 572 134 773

SV 936

# La valse à deux

■ **Les Australiens viennent de présenter un nouveau moteur 2 temps expérimental. Les constructeurs occidentaux songent depuis longtemps à remplacer les classiques 4 temps par des 2 temps plus simples et plus économiques. Pour l'instant, c'est plutôt la valse-hésitation. Pourquoi ?**

PAR RENAUD DE LA TAILLE

**A**ujourd'hui, toutes les voitures ont des moteurs à 4 temps dont le schéma de base reste celui dessiné en 1877 par l'Allemand Otto : admission, compression, détente, échappement. Mais, bien sûr, ces moteurs ont considérablement évolué en puissance, en souplesse, en longévité, et surtout en rendement. Les voitures, les motos, les camions vont de plus en plus vite en consommant de moins en moins.

Dans l'absolu, pourtant, le cycle 4 temps est un peu long à parcourir : un demi-tour du vilebrequin pour faire descendre le piston qui aspire le mélange carburé, un autre demi-tour pour le remonter en comprimant ce mélange, un troisième enfin efficace quand la combustion repousse le piston vers le bas – le seul demi-tour moteur – et encore un quatrième pour le remonter et chasser les gaz brûlés.

On avait donc cherché très tôt (avant 1900) à regrouper ces quatre temps d'un cycle en deux seulement, et du même coup on s'était affranchi de tout le système de distribution, c'est-à-dire des soupapes avec leurs commandes qui doivent

s'ouvrir et se fermer au bon moment. Pour cela, on fit jouer au piston dans le cylindre le rôle de distributeur et on obtint un moteur à 2 temps.

Schématiquement, le cylindre comporte à sa partie basse deux trous diamétralement opposés qui sont fermés par la jupe du piston quand celui-ci est vers le haut, et découverts quand il est descendu assez bas ; un troisième trou, relié au carburateur et situé au-dessous des deux autres, n'est découvert que quand la jupe du piston est remontée assez haut. Enfin un canal de transfert fait communiquer le carter (partie basse du moteur où est logé le vilebrequin) avec l'une des deux lumières diamétrales.

## LA CRISE PÉTROLIÈRE

Le cycle est alors le suivant : le piston remonte, ferme ces lumières diamétrales et comprime le mélange carburé ; dans le même temps, il fait le vide au-dessous de lui, donc dans le carter. Continuant à monter, il finit par découvrir la lumière inférieure, celle qui communique avec le carter dans lequel s'enfouffe aussitôt un mélange air-es-

sence venu du carburateur pour combler ce vide. Toutes ces opérations pendant le demi-tour de course ascendante constituent le premier temps.

Arrivé en haut, une étincelle enflamme le mélange et le piston est repoussé vers le bas ; sa jupe ferme la lumière d'admission et le mélange carburé se trouve cette fois pré-comprimé dans le carter. Peu avant d'arriver en bas, le piston découvre les deux lumières opposées et les gaz brûlés s'échappent par celle qui débouche au dehors tandis que le mélange frais, mis sous pression dans le carter, entre par l'autre lumière grâce au canal de transfert. C'est le deuxième temps, après quoi le cycle recommence.

En ayant fait ainsi se chevaucher admission et échappement, on gagne en principe sur tous les tableaux : il y a maintenant un demi-tour moteur pour chaque tour du vilebrequin, et on s'est débarrassé de toute la machinerie de distribution : courroie crantée, engrenages, arbre à cames, pousoirs, culbuteurs, soupapes avec leurs ressorts et cuvettes. Mais, en pratique, le moteur 2 temps n'a pas que des avantages, sans quoi il aurait supplanté le 4 temps depuis longtemps.

Pour commencer, quand le piston arrive en bas, les gaz brûlés ont tendance à passer aussi bien par la lumière d'échappement que par celle du canal de transfert qui apporte le mélange frais du carter. Par la même occasion, ce mélange frais a, lui, tendance à ressortir directement par la lumière d'échappement plutôt qu'à remplir le cylindre. Il en découle qu'une petite partie des gaz brûlés reste dans le cylindre et qu'une faible part du mélange frais sort par la lumière d'échappement.

# 2 temps

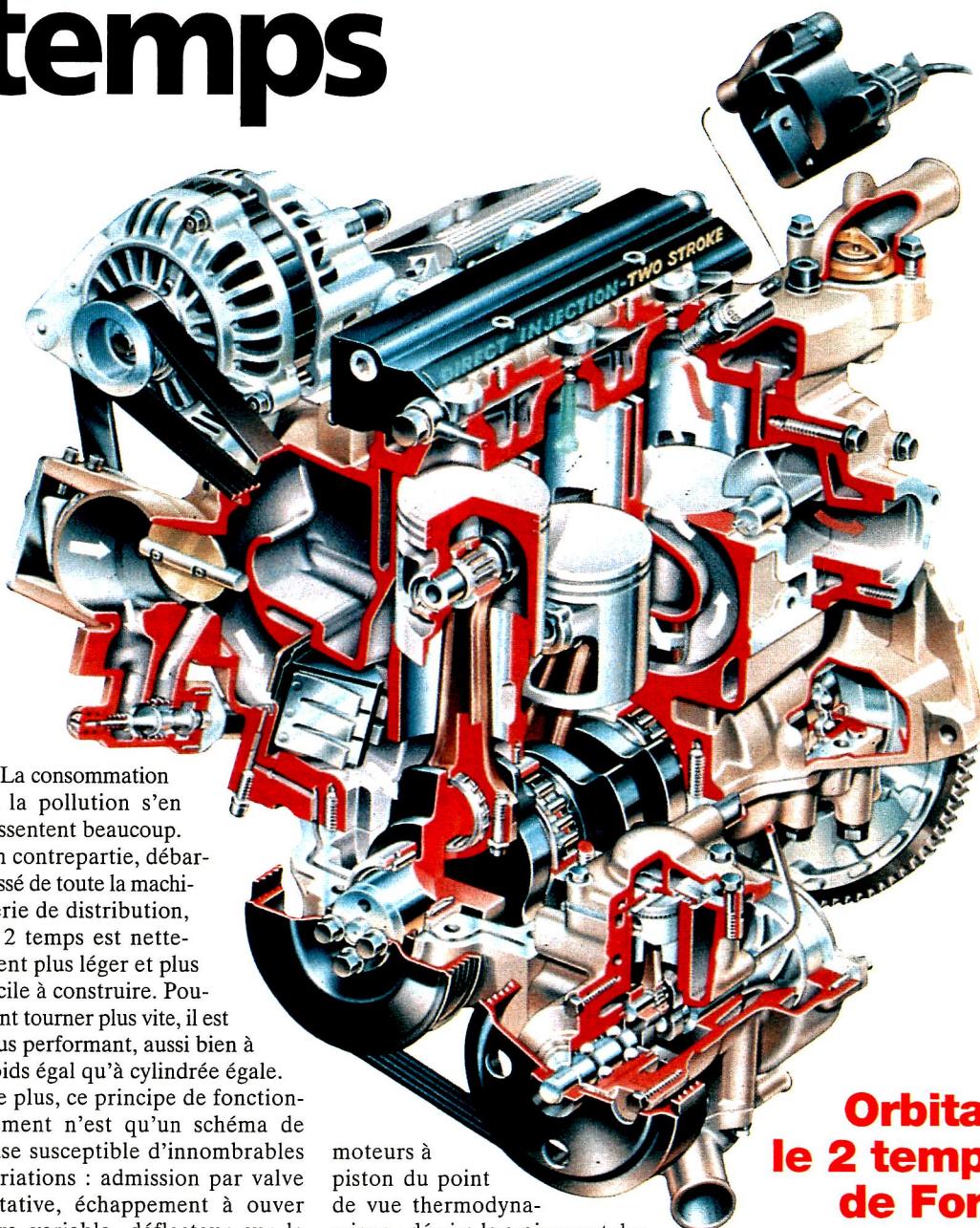


Photo X : tous droits réservés

La consommation et la pollution s'en ressentent beaucoup. En contrepartie, débarrassé de toute la machinerie de distribution, le 2 temps est nettement plus léger et plus facile à construire. Pouvant tourner plus vite, il est plus performant, aussi bien à poids égal qu'à cylindrée égale. De plus, ce principe de fonctionnement n'est qu'un schéma de base susceptible d'innombrables variations : admission par valve rotative, échappement à ouverture variable, déflecteur sur le piston, etc.

En fait, le 2 temps est le moteur qui a donné lieu au plus grand nombre d'études et de brevets, le problème majeur étant toujours d'éviter les pertes de mélange frais à l'échappement. Ajoutons que, malgré sa simplicité mécanique, le 2 temps est le plus compliqué des

moteurs à piston du point de vue thermodynamique : décrire le croisement des gaz frais et des gaz brûlés en régime tourbillonnaire est si complexe qu'il n'a toujours pas été possible de le modéliser.

Dès la crise pétrolière, sa forte consommation et ses fumées riches en hydrocarbures l'ont complètement écarté de la construction automobile, mais il y eut pourtant

## Orbital, le 2 temps de Ford

Le moteur 3 cylindres 1200 cm<sup>3</sup> Orbital est un moteur 2 temps monté dans la Ford Fiesta à titre expérimental. Il a les performances d'un 1 600 cm<sup>3</sup> et le velouté d'un 6 cylindres 4 temps tout en consommant 10 à 12 % de moins. Il gagne en poids et en encombrement.



## La valse à deux temps

beaucoup de voitures à moteur 2 temps, surtout allemandes, après la dernière guerre : non seulement DKW – grand maître de cette technique – qui servit de modèle à la Trabant de l'Allemagne communiste, mais aussi Saab, Wartburg, Gutbrod ou Suzuki, sans oublier la Vespa 400 et la Goliath à injection directe.

### DIX ANS DE RECHERCHE

Aujourd'hui, le moteur 2 temps est toujours construit en très grande série, mais uniquement pour le matériel léger : cyclomoteurs, maquettes, tronçonneuses, hors-bord et autres tondeuses à gazon. Pourtant, les constructeurs automobiles aimeraient bien le remettre en service. Pour plusieurs raisons. En premier lieu, pour une question d'encombrement : sous un capot de plus en plus court, il faut maintenant loger, en plus du moteur, les dispositifs d'assistance au freinage et à la direction, les systèmes de climatisation, les ventilateurs de refroidissement, les montages électroniques qui contrôlent le mélange carburé, les volumes de sécurité en cas de choc, etc.

chinerie de distribution a disparu. Du coup, il est moins coûteux. Et aussi, à puissance égale, bien plus léger. En fait, il n'offre que des avantages pour les voitures actuelles qui doivent être légères, courtes mais spacieuses, et faciles à entretenir.

C'est pourquoi, depuis plus de dix ans, les grands constructeurs et de nombreux bureaux d'étude indépendants ont repris l'étude du moteur 2 temps, avec des concepts qui prennent en compte les découvertes les plus récentes en matière d'alliages, de carburants, d'injection ou de contrôle électro-

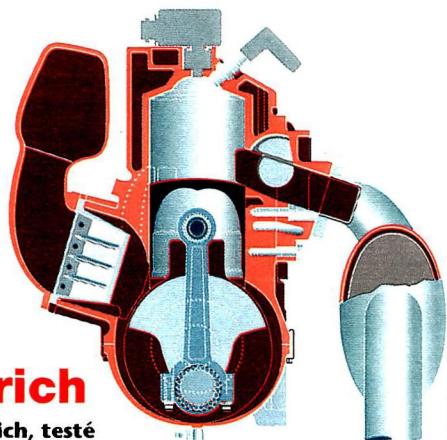
nique du mélange. Le premier à offrir un moteur réellement intéressant fut, en 1988, l'Australien Ralph Sarich, fondateur de la société Orbital Engine Co.

Ford acheta la licence et fit rouler des Fiesta à moteur Sarich ; celui-ci tenait les promesses propres au 2 temps : simple, léger (41 kg seulement pour 91 ch), compact et, de surcroît, économique en carburant (voir schéma ci-dessus).

Le moteur Sarich fonctionne donc très bien. Il est produit pour des utilisations telles que les moteurs de bateaux (pas de règlements antipollution pour l'instant), mais les futures normes "Euro 2000" conduisirent Ford à laisser le projet en suspens pour les voitures.

Il y eut ensuite les études menées par PSA en collaboration avec l'Institut français du pétrole. Elles abou-

## TROIS CONCEP



### Sarich

**Le Sarich, testé depuis 1987 et adapté par Ford à quelques modèles expérimentaux, comporte une injection pneumatique, des clapets mobiles à l'admission et un bateau rotatif à l'échappement. Ce moteur s'est avéré souple, puissant, nerveux et peu gourmand en carburant. Mais, s'il est conforme aux normes actuelles antipollution, il n'est pas sûr qu'il puisse satisfaire aux futures normes de l'an 2000. Très compact pour sa puissance, il n'est actuellement produit que pour les bateaux.**

## Le coup de frein des normes antipollution "Euro 2000"

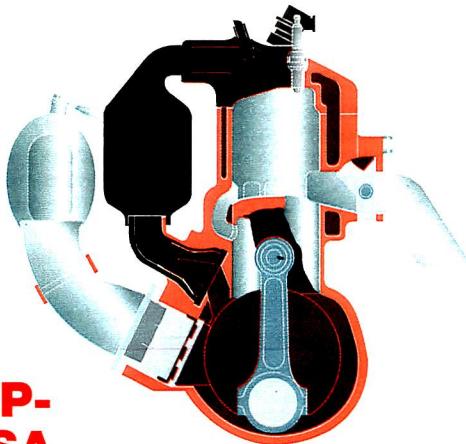
Or, dans le domaine de l'encombrement, le 2 temps a une énorme supériorité sur le 4 temps : à puissance égale, il est plus court et surtout presque moitié moins haut – quand on regarde un moteur de moto 4 temps, on croit souvent que le cylindre avec le piston va du haut en bas de la partie couverte d'aillettes ; il n'en est rien : le cylindre occupe à peine plus du tiers inférieur, et tout le haut est réservé à la distribution. En second lieu, le 2 temps est beaucoup plus simple à construire puisque toute cette ma-

tirent à un moteur 2 temps tout aussi performant que le Sarich (schéma ci-contre). Mais ce projet est lui aussi en sommeil.

De nombreuses firmes (Mercedes, Honda, Chrysler, Toyota, Subaru, etc.) et quelques chercheurs indépendants ont aussi proposé quantité de variantes du moteur 2 temps, nanties, en théorie, de toutes les qualités requises. Parmi ces variantes, l'une des plus intéressantes reste celle mise au point par P. Brunetti et B. Renault, de la firme BRD (schéma ci-contre).

Le moteur SCT présenté par le Néo-Zélandais Rick Mayne, lui, ne relève plus des variantes, mais bel et bien d'une technique nouvelle pour exploiter le cycle 2 temps. Cet inventeur a fondé la société Split Cycle Technology Ltd pour vendre et diffuser son invention.

# TS PROMETTEURS EN ATTENTE



## IFP- PSA

Fruit de recherches communes menées par Renault et Peugeot en collaboration avec l'Institut français du pétrole, ce moteur à injection assistée par air comprimé a donné d'excellents résultats au niveau consommation et couple; poids et encombrement sont considérablement réduits par rapport à un 4 temps de même puissance. Mais le coût industriel du lancement en grande série et l'approche des normes Euro 2000 ont mis le projet en sommeil.



## BRD

Conçu et mis au point par B. Renault et P. Brunetti, de la société BRD, ce moteur 2 temps présente l'intérêt d'utiliser un turbocompresseur pour l'admission, ce qui dispense de l'habituelle précompression dans le carter. L'injection basse pression utilise le matériel déjà fabriqué en grande série pour les 4 temps, et trois distributeurs rotatifs contrôlent l'admission et l'échappement. Ce moteur est en cours de développement.

Pour commencer, il a abandonné le système classique bielle/manivelle au profit d'un montage beaucoup plus complexe à suivre, mais qui a l'avantage de ne plus présenter aucun glissement ou frottement (voir schéma pages suivantes). Ce montage repose sur l'utilisation de roues de Genève, un dispositif, breveté en 1880, conçu au départ pour les obturateurs de caméras. La roue de Genève ressemble en fait à une sorte de roue à rochet qui peut avoir 3, 4 ou 6 dents, et qui est liée par un engrenage ordinaire à une couronne à denture interne.

L'axe de cette roue est solidaire d'un plateau circulaire monté sur deux gros roulements à billes. Quand la base du piston appuie sur une dent de cette roue à rochet, elle tend à la faire tourner, et dans ce mouvement la roue s'éloigne car

son engrenage la fait en même temps rouler sur la denture interne de la couronne fixe. Le mouvement relatif du piston par rapport à la roue est donc un roulement sans glissement. En roulant sur la denture fixe, la roue de Genève fait en même temps tourner le plateau circulaire auquel elle est liée; l'axe de ce plateau constitue l'axe moteur.

### MOINS DE VIBRATIONS

Dans certains moteurs présentés par Rick Mayne, le piston porte deux embases latérales qui appuient sur deux roues identiques entre lesquelles peut passer la tranche d'une troisième roue de Genève qui assurera sa remontée en fin de course motrice. En effet, si ce montage a l'avantage d'éliminer le frottement des paliers de la bielle sur les axes du piston et du vi-

lebrequin, il a l'inconvénient de ne plus assurer de liaison permanente entre le piston et le plateau rotatif qui porte les roues à rochet. Quand le piston est au point mort haut, rien ne vient le tirer vers le bas pour assurer l'admission. Il faut donc lui adjoindre un petit ressort de rappel logé dans le carter; ce ressort ne sert d'ailleurs qu'au démarrage, car, une fois lancé, les forces résultant de la compression et de la détente suffisent à maintenir en contact le piston et les roues de Genève. Toutefois, ce contact cesse une fois atteint le point mort bas, car l'engrenage lié à la roue poursuit sa course sur la denture interne. Mais le plateau moteur continue à tourner et amène sous le piston la roue intermédiaire qui va le repousser vers le haut. Si le moteur comporte plusieurs cylindres

## La valse à deux temps

montés en étoile autour du plateau, la roue de Genève qui s'est éloignée du piston en fin de course vient alors se placer sous le suivant pour recevoir sa course descendante.

Ce passage d'une roue à la suivante se fait très vite, de sorte que le piston ne reste pas à l'arrêt au point mort bas. En revanche, le point mort haut, ou plus exactement la période durant laquelle le piston finit de monter pour commencer à descendre, dure environ trois fois plus longtemps que sur un moteur avec bielle et vilebrequin : à 3 600 tr/min, 3,30 millisecondes (ms) contre 1,40 ms.

### UN RISQUE ÉNORME

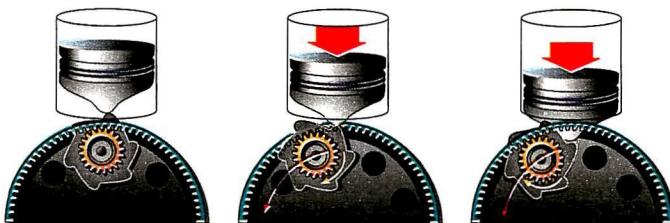
C'est là un des atouts de ce moteur, car ce délai allongé permet une combustion plus régulière et plus complète du mélange carburé. De plus, le roulement sans glissement assuré par les roues de Genève étale en douceur la pression des gaz de combustion. De ce fait, le moteur SCT est moins sujet aux vibrations que les engins classiques. Avec son plateau circulaire et sa couronne de roues à rochet, il est fait d'emblée pour le montage en étoile des cylindres : de 1 pour les premiers prototypes jusqu'à 48 sur les versions actuellement à l'étude. Du point de vue cycle, c'est un 2 temps avec lumières d'échappement en bas de cylindre et injection pneumatique, doublée d'une admission supplémentaire d'air sous pression, en haut; l'injection se fait, bien sûr, après que le piston en remontant a fermé les lumières d'échappement.

Du fait de la démultiplication apportée par les roues à rochet, chaque course motrice du piston ne fait tourner ces roues que de 60 degrés, ce qui entraîne une rotation du plateau de 30 degrés seulement – contre 180 degrés pour un vilebrequin ordinaire. Il y a donc 12 explosions pour un tour de l'axe moteur. Ajoutons que la course motrice du

## L'ORIGINALITÉ DU SCT

### Deux "roues de Genève"

La barre d'acier extrudée au profil "roue de Genève" est d'abord tournée, puis nantie de deux engrenages. Dans sa forme finale à deux roues de Genève, elle reçoit la poussée du piston; avec une seule roue, elle sert à le remonter.



### Un moteur sans frottements

La roue de Genève s'efface sous le piston en transformant sa pression verticale en couple latéral grâce à l'engrenage qui roule sur la couronne fixe. Dans ce mouvement, l'axe de la roue fait tourner le plateau moteur. Cette conversion d'une translation (celle du piston) en rotation (celle du plateau) se fait sans frottements puisque tous les points de contact roulent les uns sur les autres sans glisser.

piston peut être très courte, 6 mm seulement par exemple pour un alésage de 50 mm; la pression est donc exploitée sur une surface très large.

Ce type de moteur se prête bien aux rapports de compression très faibles : certains exemplaires ont tourné avec un rapport de 1,5 à 1 seulement; cette réduction du taux de compression (les moteurs

habituels tournent autour de 8 à 1) permet de suivre le cycle théorique de Carnot de plus près. De plus, on peut améliorer encore le rendement par injection d'eau – jusqu'à 60 % d'eau pour 40 % de carburant – ou utiliser des carburants pauvres.

En principe, le moteur SCT présente quelques autres avantages : augmentation du couple grâce à la



M. du Biest

## Des rotors en grande série

**Le rotor d'un 4 cylindres Split-Cycle 2 temps, inventé par le Néo-Zélandais Rick Maine (ci-dessus), semble complexe. En fait, il est constitué de pièces identiques faciles à usiner en grande série, donc en grand nombre pour un prix réduit; de plus, l'ensemble est entièrement symétrique.**

## Ni bielle, ni vilebrequin

**Pour transformer la descente du piston en rotation sans passer par une bielle, Rick Mayne utilise le principe de la roue de Genève. Voici le schéma de fonctionnement : quand le piston appuie sur la dent de la roue, celle-ci tourne et, en même temps, est entraînée sur le côté par l'engrenage auquel elle est liée et qui engrenne sur la denture interne d'une couronne fixe. Dans ce mouvement, le piston roule sans glisser sur la dent. Cette dent est tenue par son axe à un plateau rotatif. En se déplaçant en rond sur le côté, elle fait tourner ce plateau dont l'axe devient ainsi l'axe moteur.**

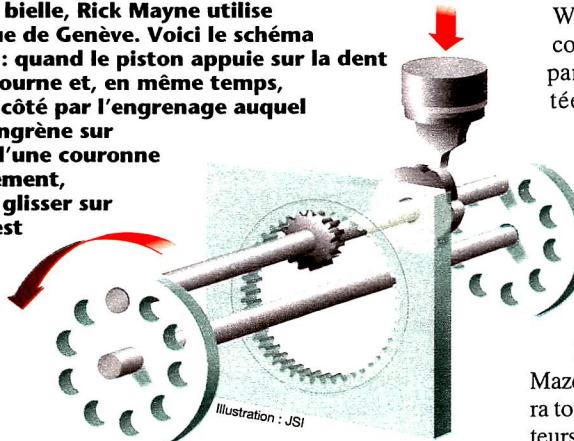


Illustration : JSI

démultiplication offerte par les roues à rochet, basse vitesse de rotation de l'axe moteur, grande compacité et temps de combustion allongé et ainsi un taux de pollution très faible. Reste bien sûr à faire passer cet engin complètement nouveau du stade prototype à la fabrication en grande série. C'est là que surgissent les problèmes. Il

faut vérifier la fiabilité à long terme d'un ensemble mécanique aussi complexe que le moteur SCT : les roues de Genève avec leurs engrenages auxiliaires peuvent se révéler solides et durables au banc d'essai, mais friables entre les mains d'un conducteur standard; même chose pour les pistons sans axes portant par leur base, ou pour l'injection à

air pulsé d'Alan Casey. Tous les constructeurs ont l'expérience de modèles testés sur des milliers de kilomètres sans un incident et qui dévoilent soudain des faiblesses inconnues une fois sur le marché. Par ailleurs, la mise au point d'un véhicule entièrement nouveau suppose un investissement considérable sans garantie de rentabilité : le succès reste aléatoire, la clientèle se méfie de tout ce qui est révolutionnaire, et il suffit d'un seul point faible vite connu des acheteurs potentiels pour que le modèle soit un échec.

C'est donc un risque énorme, surtout dans la conjoncture économique actuelle.

Le seul précédent est celui du moteur rotatif Wankel, commercialisé par l'Allemand NSU, le Français Citroën et le Japonais Mazda. Les NSU

Wankel consommaient beaucoup et tombaient souvent en panne d'où une fabrication arrêtée au bout de 2 ans. Fin 1973,

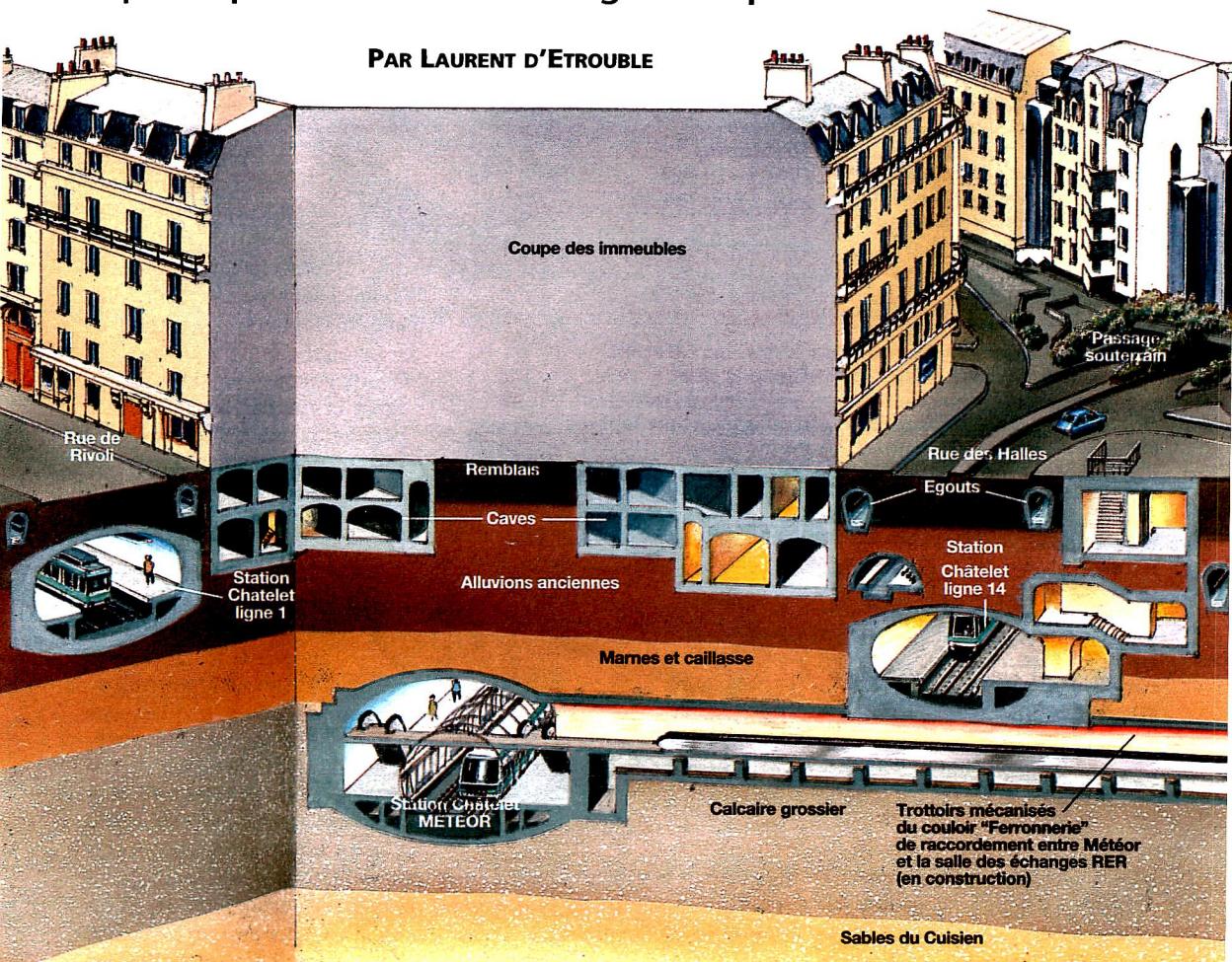
Citroën lance en très petite série la GS birotor; le premier choc pétrolier l'achèvera. Mazda, seul en lice, améliore le Wankel de manière incroyable, au point de gagner les 24 Heures du Mans. Malgré les indéniables qualités des Mazda-Wankel, leur diffusion restera toujours limitée : il y a peu d'amateurs pour ce qui sort de l'ordinaire.

Pour en revenir aux 2 temps, seul le Sarich est en production, mais pour les bateaux; il n'est toujours pas apparu sur une voiture commercialisée. Le moteur PSA-IFP est en sommeil. Quant au moteur SCT, on se gardera de faire des pronostics. Mais l'exemple du Wankel montre que la percée d'un engin révolutionnaire reste, quelles que soient ses qualités, très aléatoire.

# Les traversées

■ Inauguration, le 24 septembre, de la jonction centrale de la ligne D du RER. Pour désengorger la capitale, trois nouvelles voies de transport souterrain – deux de RER et une de métro – vont être mises en service d'ici à 1998. Cette gigantesque termitière utilise les engins les plus sophistiqués du monde. Et exige mille précautions.

PAR LAURENT D'ETROUBLE



## Météor au Châtelet

Cette station de la ligne Météor, située à environ 24 m de profondeur, est conçue pour accueillir, toutes les 105 secondes, les 720 voyageurs de la nouvelle rame entièrement automatisée. Châtelet sera le carrefour de cinq lignes de métro et trois de RER.

# de Paris

Il s'en passe des choses dans le sous-sol de Paris. Que ce soit sous la Madeleine ou sous le lycée Condorcet, sous la gare de l'Est, sous celle du Nord ou sous la rue du Faubourg-Saint-Denis, on s'active sur deux lignes de RER – achèvement de la ligne D et Eole –

ainsi que sur la nouvelle ligne de métro Météor. On pourra déjà mesurer les premiers résultats de cette frénétique activité souterraine le 24 septembre, lors de la mise en service de la jonction centrale de la ligne D. A vingt mètres sous la chaussée, cet ouvrage long de 2,5 km, entre Châtelet et Gare de Lyon, permettra d'assurer

une liaison directe entre l'actuelle ligne D – Orry-la-Ville-Châtelet – et les lignes vers Evry et Melun, mises aux normes RER. Les voyageurs se déplaçant entre ces pôles nord et sud-est économiseront ainsi de huit à dix minutes sur le voyage, désormais sans correspondance. Coût du projet : 1,84 milliard de francs. Cela fait cher de la minute gagnée. Mais il est vrai que la ligne D a surtout pour but de désengorger la ligne A du RER entre Châtelet et Gare de Lyon : ce tronçon devrait ainsi voir son trafic s'alléger d'environ 12 000 voyageurs en heure de pointe, soit de près de 20 % de sa clientèle.



Alors que les premières lignes du métropolitain, commencées à l'extrême fin du siècle dernier, furent construites à "fleur de terre", et les chantiers réalisés à ciel ouvert, il n'était pas imaginable presque cent ans plus tard d'adopter, pour ces nouveaux projets, de telles solutions. Et ce autant du fait de la circulation automobile contemporaine que de la densité de galeries qui traversent en tous sens le sous-sol de la capitale. Un vrai gruyère. Outre les 1 600 km d'égouts, il fallait aussi compter avec les 167 km de galeries du métro et du RER.

### Orianne, Martine et Sandrine, excavateurs high tech

Conséquence logique : les nouvelles lignes ont dû plonger plus profond – parfois jusqu'à 30 m au-dessous de la chaussée – pour se frayer un chemin. Le plus difficile toutefois n'étant pas de forer ces tunnels, mais de réaliser les ouvrages de raccordement – en entonnoirs (en entonnoir) – aux réseaux existants du métro ou du RER. Et surtout de "faire de la place" pour les stations et les gares dont certaines, par leur taille, s'apparentent à des cathédrales.

La réalisation de la ligne D – la plus courte en kilométrage des trois nouvelles réalisations – est une saillie prouesse. Entre les stations Châtelet et Hôtel de Ville, la nouvelle ligne s'inscrit sous les lignes 1 et 11 du métro mais au-dessus des lignes A et B du RER... On a utilisé des méthodes traditionnelles de forage. Le terrassement a été effectué sur toute la demi-section supérieure, que l'on a bétonnée avant de terrasser la demi-section inférieure.

Au-delà de la station Hôtel de Ville, les deux tunnels à voie unique prennent place entre les deux souterrains existants ■■■

### TUNNELIERS : DES

Inventée à l'aube du XX<sup>e</sup> siècle pour les premiers projets du tunnel sous la Manche, la technologie des tunneliers a connu un développement important à partir de 1954 grâce à l'invention, par l'américain Robbins, des molettes capables de grignoter la roche.

Les avantages de ce mode de forage peuvent compenser largement le coût de la machine – qui frise parfois la centaine de millions de francs. Car, non seulement l'engin abat du terrain, mais il extrait les déblais et pose des voussoirs. Après son passage, l'essentiel est fait. On estime qu'un tunnelier permet, en moyenne, de progresser trois fois plus vite que lors d'un forage classique.

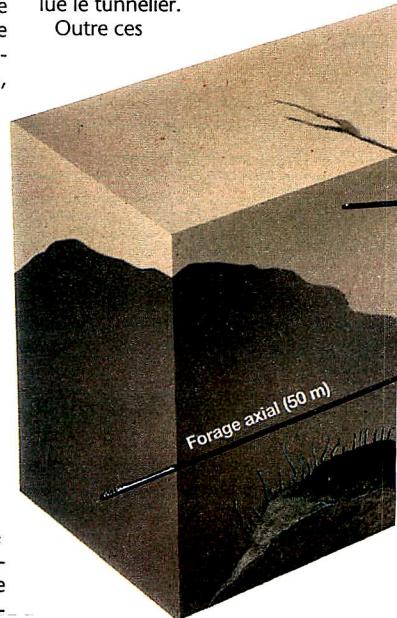
L'invention des tunneliers à boucliers pressurisés, au Japon dans les années soixante-dix, a permis d'étendre le champ d'action aux terrains urbains, souvent instables car gorgés d'eau. Ces machines, en effet, possèdent un moyen de soutènement des terrains dans lesquels ils travaillent. Et, surtout, ils maintiennent une pression sur le terrain, permettant un équilibrage du front de taille, ils évitent ainsi tout tassement du sol.

Pour maintenir la pression d'un bouclier, il existe principalement trois solutions : la pression d'air, la pression de boue et celle de terre. Pour Eole et pour Météor, on a choisi la seconde, pour la ligne D la troisième.

Le tunnelier à pression de boue constitue en principe la solution la plus adaptée aux terrains difficiles. Construit par l'entreprise autrichienne Voest Alpine (VAB), il a été en effet conçu pour travailler sur plusieurs types de terrains. La future ligne Eole traverse les terrains les plus difficiles du sous-sol de la capitale – marnes et caillasse, sables de Beau-champ et calcaire grossier. Cette configuration a conduit la SNCF à rechercher un tunnelier disposant d'un outil de reconnaissance du terrain.

Car on ne pouvait prendre le risque de voir le tunnelier basculer dans un vide ou déclencher l'affaissement d'un immeuble. Ainsi, tous les 12 m de progression, un forage central reconnaît le terrain sur les 50 m suivants; de même six forages latéraux, inclinés à 15°, permettent de donner une image de la périphérie géologique dans laquelle évolue le tunnelier.

Outre ces

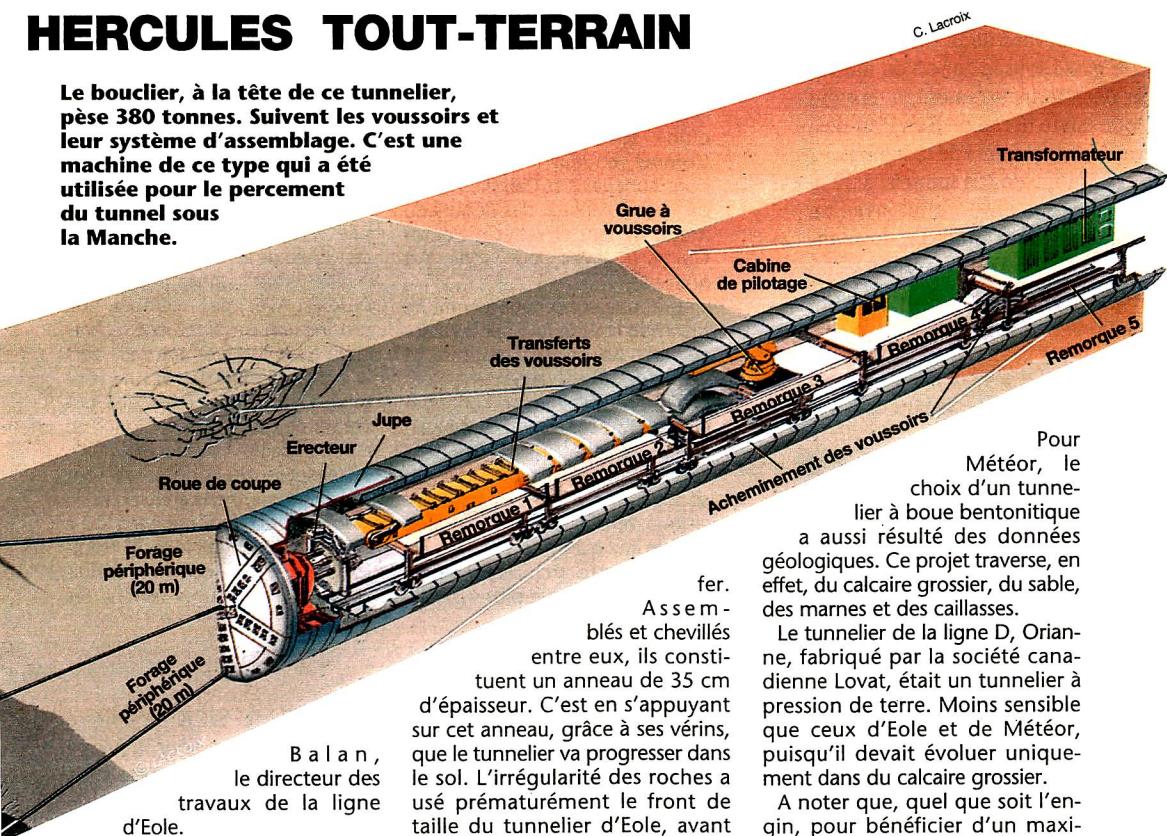


forages, un radar permet de repérer les vides. En fait, lors du forage du premier tunnel, il n'en a pas rencontré.

Comment fonctionne le tunnelier ? Le front de taille du bouclier est stabilisé par l'emploi d'une boue, baptisée bentonitique, sous pression – on peut faire varier cette pression. Un conduit amène la boue tandis qu'un autre aspire les déblais, acheminés jusqu'à la base de travaux. Un tunnelier à pression de boue ne donne jamais un résultat garanti à 100 %. « Nous avons rencontré des problèmes d'homogénéité de la boue bentonitique dans des gypses qui présentaient une instabilité à court terme. Il nous a fallu utiliser différents types de boues en fonction des terrains traversés », souligne Alain

# HERCULES TOUT-TERRAIN

Le bouclier, à la tête de ce tunnelier, pèse 380 tonnes. Suivent les voussoirs et leur système d'assemblage. C'est une machine de ce type qui a été utilisée pour le percement du tunnel sous la Manche.



Balan, le directeur des travaux de la ligne d'Eole.

Tous les 1,40 m, le bras érecteur du tunnelier dépose six voussoirs acheminés par un petit chemin de

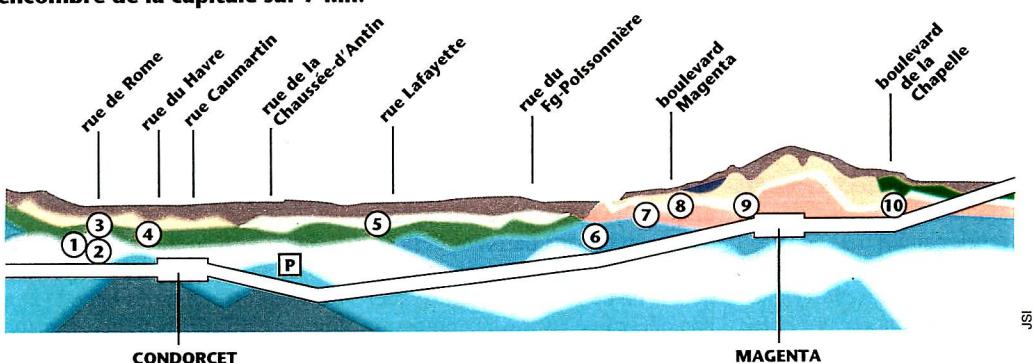
fer. Assemblés et chevillés entre eux, ils constituent un anneau de 35 cm d'épaisseur. C'est en s'appuyant sur cet anneau, grâce à ses vérins, que le tunnelier va progresser dans le sol. L'irrégularité des roches a usé prématûrement le front de taille du tunnelier d'Eole, avant même qu'il n'achève le premier tunnel. Il a donc fallu changer les 54 molettes de 80 kg.

**Eole, cinquième ligne de RER de Paris, traverse le sous-sol encombré de la capitale sur 7 km.**

Pour Météor, le choix d'un tunnelier à boue bentonitique a aussi résulté des données géologiques. Ce projet traverse, en effet, du calcaire grossier, du sable, des marnes et des caillasses.

Le tunnelier de la ligne D, Orianne, fabriqué par la société canadienne Lovat, était un tunnelier à pression de terre. Moins sensible que ceux d'Eole et de Météor, puisqu'il devait évoluer uniquement dans du calcaire grossier.

A noter que, quel que soit l'ingénier, pour bénéficier d'un maximum de précision, son guidage s'effectue à l'aide d'un laser et d'un système de pilotage automatique, capable de corriger d'une manière continue le tracé en fonction de la position réelle de la machine.



- |                     |                       |                          |                       |                      |
|---------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|
| ■ Sable supérieur   | ■ Marnes et caillasse | ■ Calcaire de Saint-Ouen | ■ Marnes de gypse     | ■ Alluvions modernes |
| ■ Calcaire grossier | ■ Sable de Beauchamp  | ■ Sable de Monceau       | ■ Alluvions anciennes | ■ Remblai            |
| ■ Eboulis           |                       |                          |                       |                      |
- ① LIGNE 13 ② METEOR ③ LIGNE 3 ④ LIGNE 12 ⑤ LIGNE 7 ⑥ RER LIGNES B ET D ⑦ LIGNE 7 ⑧ LIGNE 5 ⑨ LIGNE 4 ⑩ LIGNE 5

de la ligne A. Passant sous le par-king de l'Hôtel de Ville, le Marais et le boulevard de la Bastille après être passé sous la ligne 5 du métro ; les deux tunnels remontent ensuite pour suivre la rue de Bercy au-dessus des souterrains de la ligne A.

Le forage de ces tunnels, à 20 m sous terre, a été terminé avec un retard de trois mois sur le planning : la ligne D traverse, en effet, la nappe phréatique, et la quantité d'eau, plus abondante que prévue, dans les terres rencontrées n'a pas permis d'évacuer immédiatement tous les déblais : du calcaire dit "grossier".

C'est un tunnelier à bouclier, baptisé Orianne, qui a effectué, à partir de février 1993, le forage des deux tunnels à voie unique de 1 630 et 1 585 m de longueur et de 6,30 m de diamètre entre le boulevard de la Bastille et la place de l'Hôtel de Ville. Une fois le premier achevé, Orianne a été démontée avant d'être ramenée dans le puits situé boulevard de la Bastille, au bord du port de l'Arsenal. Un emplacement judicieux : il permettait d'acheminer par péniche les voussoirs (éléments de maintien

## A 20 m sous terre, à travers la nappe phréatique

qui constituent un arc, une voûte) que devait poser le tunnelier. C'est aussi par là que les déblais étaient évacués par des convoyeurs à bande, puis repris par des trains de marinage (déblais broyés et mélangés à de l'eau), avant d'être chargés sur des barges évoluant sur la Seine. Tout cela pour éviter un trafic de camions.

A noter que, vers le boulevard Diderot, il y a eu accrolement de deux tunnels, celui de la ligne D et celui du futur métro Météor, en cours de chantier lui aussi. Après

## DES GARES EN PLEINE

L'aménagement des stations de la future ligne Météor a fait l'objet d'un soin tout particulier. Comme, en leur temps, les stations conçues par Camille Formigé, grand penseur des débuts du métro aérien, et celles d'Hector Guimard, avec leur style Art nouveau.

Après une concertation entre les techniciens de la RATP et les associations de consommateurs et d'usagers, l'aménagement a été confié à l'atelier Bernard Kohn. Celui-ci organise la station de demain autour de sept lieux spécifiques : l'accès, l'accueil et la billetterie, les circulations horizontales, les circulations verticales, la mezzanine d'accès aux quais, les quais, le tunnel. La charte architecturale répond à une logique plus verticale

qu'horizontale, ainsi a-t-on opté pour une mezzanine, un "espace de compréhension" qui surplombe les voies et permet de retrouver une orientation.

Toutes les stations seront équipées d'un ascenseur en libre-service, visible de la rue. Les jeux de lumière sont scrupuleusement étudiés. Avec, par exemple, une progression très finement recherchée de la lumière naturelle vers la lumière artificielle. Et une véritable "mise en scène" des ouvrages de génie civil pour faciliter le repérage des voyageurs.

Transparence, lisibilité, tels sont les maîtres mots des architectes de la RATP. Cela, logiquement, les a conduit à privilégier le verre. Parallèlement, pour accueillir les huit voitures des futures rames, les

la ligne D, chantier réalisé par la RATP pour une ligne qui sera exploitée par la SNCF, le second grand chantier est celui du Météor. Le futur métro automatique de la RATP doit entrer en service à la mi-1998. Dans une première étape, il s'agit de construire 8,6 km d'ouvrages – ateliers et voies de garage compris – qui relieront Seine-Rive Gauche, le nouveau pôle d'activités de Bercy, et le quartier d'affaires de Saint-Lazare. Actuellement, ce chantier est celui qui a nécessité le plus de percements de puits : 28. Avec pour raison essentielle huit stations à réaliser.

Si le schéma de principe de ce projet a été approuvé par le Syndicat des transports parisiens dès novembre 1989, on s'est contenté jusqu'à la fin de 1992 de mener ce que l'on dénomme les travaux préparatoires : puits et galeries de reconnaissance. Le vrai grand démarrage de ce chantier exceptionnel fut en fait le baptême du tunnelier Sandrine, en juillet 1993, à proximité de la Bastille. Sa mission : creuser un tunnel unique de 7,50 m, à double

voie, sur 4,5 km. Situé à quelque 25 m de profondeur, sous la nappe phréatique, ce tunnel passe sous sept lignes de métro, quatre parkings souterrains, le collecteur d'égouts de Clichy-Capucine, et au-dessus de deux tunnels de RER.

Les premiers mètres furent difficiles, car les crues de la Seine bloquèrent pendant une bonne quinzaine de jours l'approvisionnement en matériel et l'évacuation des déblais à partir du bassin de l'Arsenal. Des opérations réalisées, en effet, elles aussi, en priorité par voie d'eau.

## CHANTIER À HAUTS RISQUES ELECTORAUX

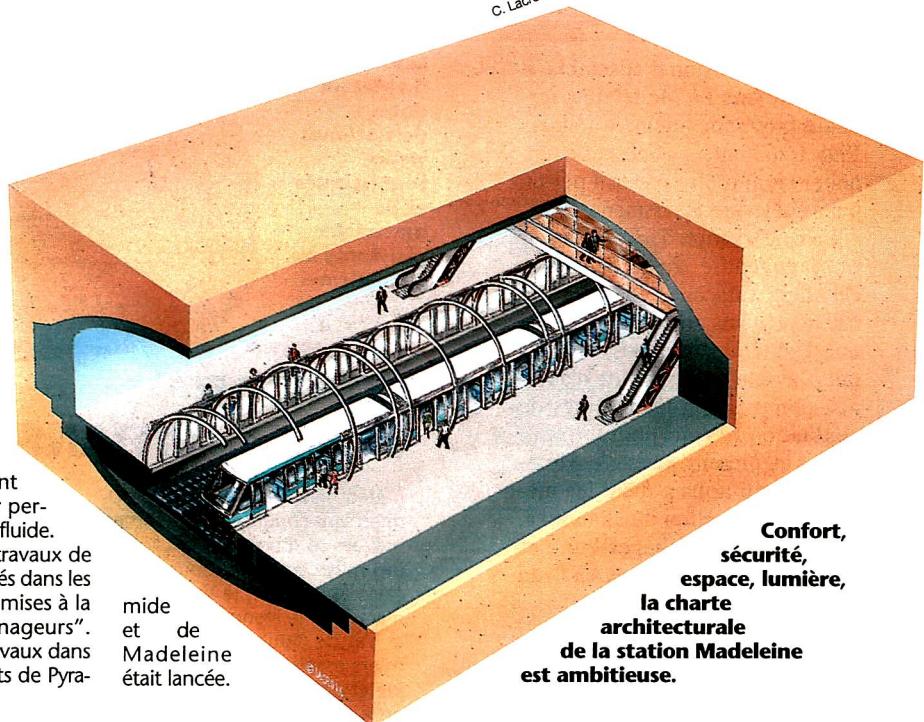
Sandrine a ensuite creusé près de 300 m par mois. Un bon rythme, car Météor, comme la ligne D et à l'inverse d'Eole, bénéficie sur une majeure partie de son trajet souterrain d'un calcaire grossier de bonne et constante qualité. Et, le 17 janvier 1995, ce tunnelier parvenait à la future station Pyramides. Avec une quinzaine de jours d'avance sur le calendrier. Après

# LUMIÈRE

quais vont prendre de l'ampleur : de 5 à 6 m de largeur contre 4 pour le métro actuel, et 120 m de long au lieu de 90 m. Ils seront séparés des voies par une façade comportant des portes palierées coïncidant avec celles des trains à l'arrêt, afin d'empêcher en particulier la chute de voyageurs. Les couloirs seront également élargis pour permettre un parcours plus fluide.

Au début de l'été, les travaux de génie civil étaient terminés dans les stations Bercy et Dijon, mises à la disposition des "aménageurs". La première phase de travaux dans les futures salles de billets de Pyra-

midé et de Madeleine était lancée.



Confort, sécurité, espace, lumière, la charte architecturale de la station Madeleine est ambitieuse.

## LES STATIONS DU XXI<sup>E</sup> SIÈCLE

Les deux gares d'Eole, Condorcet et Magenta, sont les plus grandes gares souterraines jamais réalisées en France – si l'on considère que la gare RER Châtelet-les Halles, large de sept voies, a été réalisée à ciel ouvert.

Et, bien que construites à 20 m sous terre, elles recevront la clarté du jour par des puits de lumière.

Pour se représenter l'exploit que constitue la construction de ces ouvrages, il faut imaginer, dans le sous-sol parisien, un vide aussi grand que la Tour Montparnasse. Ainsi la future gare Condorcet, située sous la cour de récréation du lycée du même nom, affiche une longueur de 228 m, une largeur de 58 m et une hauteur de 13,5 m. Elle se compose d'un tunnel à deux voies sous une voûte centrale large de 21 m qui s'appuie sur deux culées, et de deux tunnels latéraux à une voie. Magenta, entre la gare de l'Est et la gare du Nord, bâtie sur le même schéma, présente des mensurations à peine plus petites.

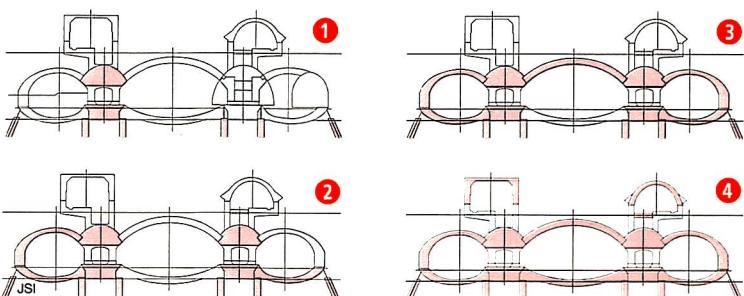
Pour ne pas troubler la vie économique de la capitale, ces ou-

vages sont réalisés à partir de "trous d'épingles", les puits.

Compte tenu du gigantisme de l'ouvrage, il faut traiter le terrain de façon à lui assurer une stabilité parfaite. L'un des points sensibles est la base des deux culées de la voûte centrale. On a ainsi eu recours à une technique baptisée "jet grouting", qui consiste à renforcer le sol, des sables de Beau-champ réputés peu sûrs, en envoyant un jet d'eau à très forte pression par un tuyau afin de "destructurer" le terrain, tandis que, dans la foulée, on injecte du coulis de ciment par une autre buse. Résultat : le sol se consolide et pré-

sente une très bonne portance. L'excavation par des méthodes classiques d'abattage des galeries se fait dans un ordre bien précis.

Après avoir réalisé les deux culées ①, on excave par demi-sections les deux tunnels latéraux. Puis on "boulonne" leur voûte. L'opération consiste à percer des trous dans lesquels on vient visser de longues tiges pour assurer le maintien et la cohésion des différentes couches de terrain. On projette ensuite du béton sur leur voûte ②. Pour finir, on s'attaquera au tunnel central ③ et aux deux galeries déambulatoires situées au-dessus des quais ④.



## les traversées de Paris

■ ■ ■ une petite révision d'ensemble, il repartait vers La Madeleine, terminus provisoire atteint le 15 mars 1995. Entièrement démonté, le tunnelier vient d'être ressorti par un puits boulevard Haussmann.

La construction des futures stations engendre aussi de vastes chantiers. Chacune bénéficiera de 120 m de quais utiles. Et, de façon quasi générale, les trous de chantiers devront servir ensuite d'accès aux pompiers et de systèmes de ventilation... Voici pour l'avenir. Quant au présent, «c'est l'environnement qui nous a dicté les méthodes d'exécution du chantier», reconnaît sans ambages l'un des responsables pour la RATP du

Les rames MP 89 du Météor sont dotées de systèmes vidéo sophistiqués et de matériaux résistants au vandalisme.



## MÉTÉOR JOUE LA TRANSPARENCE

Météor sera le premier métro parisien sans conducteur. Les rames prévues se situent dans la lignée des métros automatiques français : le Vétéran, le Val de Lille, mais aussi le lyonnais Magaly et le Val de Toulouse... Les premiers essais ont commencé en juillet dernier sur la base RATP de la Petite Ceinture.

De très larges baies vitrées, une silhouette dotée de faces extérieures galbées, offrant un espace intérieur maximum, caractérisent la rame Météor. Chaque voiture possède trois larges portes par face. Des portes à motorisation électrique, coulissantes sur l'extérieur des voitures, qui s'ouvrent automatiquement à chaque station. Un signal lumineux clignotant annonce, avec un bip, leur fermeture.

Aspect pratique, les sièges sans

pieds, directement fixés aux parois, faciliteront le passage des robots nettoyeurs, en dégageant la surface au sol. Un sol dont le revêtement, à base de polyuréthane coulé, doit permettre une parfaite étanchéité, un nettoyage facile, une bonne insonorisation, une résistance élevée à l'usure...

Si ces rames de demain possèdent les atouts susceptibles de séduire ou de reconquérir le voyageur, elles devraient aussi permettre une baisse du coût de maintenance estimée à 15 %... A cet égard, l'informatique embarquée, déjà développée par GEC-Alsthom pour le matériel TGV, facilite les opérations de maintenance, en indiquant en particulier les équipements dont l'usure nécessite une prochaine opération d'entretien.

## Un réseau encore plus grand en 2015

chantier autour de La Madeleine. Un secteur à hauts risques... en particulier électoraux. C'est pourquoi, exemple parmi d'autres, le calendrier du chantier a été établi en évitant au maximum les perturbations lors de la pointe commerciale de fin d'année.

Et puis, toujours pour gêner le moins possible le commerce, il a fallu négocier avec le curé de La Madeleine, afin de pouvoir placer les installations fixes de chantier le plus près possible de l'église. D'autres tractations, cette fois avec la préfecture de police de Paris, ont aussi permis de neutraliser la contre-allée le long de l'église, tout en préservant l'activité du marché aux fleurs qui y est installé. Un test grandeur nature pour la ville de Paris qui envisage d'interdire la circulation automobile sur ces contre-allées.

A l'autre bout de la future ligne, les travaux se poursuivent entre la gare de Lyon et Tolbiac-Masséna. Jusqu'à la future station Dijon : les

stations souterraines sont réalisées à ciel ouvert et le tunnel est creusé selon les méthodes traditionnelles, c'est-à-dire sans avoir recours à un tunnelier. Ensuite Météor franchit la Seine dans des caissons immersés, dont le dernier a été posé le 28 septembre 1994 non loin de la station Tolbiac-Masséna.

Le dernier grand chantier est celui d'Eole (Est-Ouest Liaison Express). Le premier tronçon de cette ligne E du RER, d'un coût estimé à plus de 5 milliards de francs, devrait être mis en service

en 1998. Il reliera les lignes de Chelles-Gournay et de Villiers-sur-Marne à de nouvelles gares souterraines situées, d'une part, dans la zone gare du Nord/gare de l'Est et, d'autre part, aux alentours de Saint-Lazare. Ensuite, une seconde étape visera à relier les lignes de la banlieue ouest, Noisy, Saint-Germain, Versailles...

Le 2 mai dernier, Martine, le tunnelier d'Eole, parti du puits du 162 rue du Faubourg-Saint-Denis est parvenu au puits Victoire, tout près de la future gare souterraine Saint-Lazare-Condorcet.

## EOLE À LA VITESSE DU VENT

Eole (Est-Ouest Liaison Express), la cinquième ligne du RER, verra rouler un nouveau matériel à deux niveaux produit par GEC Alsthom. Chaque rame, longue de 224 m, devrait se composer de deux éléments automoteurs de cinq voitures, et offrir ainsi une capacité de 2 564 places, dont 1 100 assises. Ce matériel bi-courant, 1 500 volts continu et 25 000 volts 50Hz, affichera une vitesse maximum de 140 km/h.

L'une des principales innovations, par rapport aux autres trains à deux niveaux, consiste dans la réduction des

temps d'échange des voyageurs en gare, grâce aux trois larges portes par voiture – au lieu de deux actuellement. On estime qu'en cinquante secondes 1 100 voyageurs pourront monter et descendre simultanément.

Concernant la sécurité, ce sont les premiers trains de banlieue dont les deux extrémités des caisses des rames possèdent des absorbeurs d'énergie en cas de chocs. Ils bénéficient, en outre, de systèmes d'anti-chevauchement.



**Eole peut transporter jusqu'à 2564 personnes sur ses deux niveaux.**

Martine, sans doute l'un des tunneliers les plus sophistiqués de la planète, s'apprête en octobre à réaliser le second tunnel. Lors du forage du premier, la vitesse moyenne de progression était de 6 m par jour, un mètre de moins que prévu.

L'ensemble du projet Eole représente 1,2 million de m<sup>3</sup> de matériaux à excaver. Un tiers par camions, deux tiers par voie souterraine : les déblais filent sur une bande transporteuse installée dans le premier tunnel déjà foré pour rejoindre la base de travaux située rue d'Aubervilliers avant

d'être expédiés par train – au départ de la gare de l'Est – vers les sablières de Meaux. Lorsque le tunnelier forait le premier tunnel intergares, les déblais étaient pompés dans un conduit jusqu'à une station de traitement également installée sur la base de travaux. Dans les deux cas, un tiers des déblais expédiés par le tunnelier sont transformés en boue pour assurer la pression du front de taille (voir encadré sur les tunneliers).

Martine, le tunnelier à pression de boue n'aura en fait foré qu'à peine 50 % de l'ouvrage. Ainsi, le tun-

nel nord à deux voies (long de 440 m) qui part des voies de la gare de l'Est et descend jusqu'à la gare souterraine nord-est baptisée Magenta a, lui, été foré à l'aide de méthodes traditionnelles. Comme l'entonnement de la gare Condorcet et les deux gigantesques gares souterraines, Condorcet et Magenta (voir encadré). C'est-à-dire en utilisant des machines d'attaque ponctuelles, sortes de bulldozers dont la pelle serait remplacée par de grosses fraises.

### DES FISSURES DANS LES MURS

Malgré toutes les précautions prises, l'excavation des terrains pour la gare Magenta a causé le tassemement de certains immeubles. Dans ce secteur, en effet, beaucoup ont été construits à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle sur des carrières mal remblayées, donc sur un sol pas très stable. D'où des fissures dans quelques murs ainsi que des portes et des fenêtres qui coincent. Le plus endommagé a été un immeuble de la rue Cail qu'il a carrément fallu étailler.

Reste que les tunneliers n'ont pas fini de grignoter Paris. Eole devrait ultérieurement se connecter à la fois aux lignes de la banlieue ouest, grâce au percement d'un tunnel vers une future gare située à Pont Cardinet, et, à l'est, filer vers une autre nouvelle gare à la Villette-Aubervilliers. Météor devrait se poursuivre vers Saint-Lazare et Gennevilliers. Afin d'ouvrir de nouveaux horizons aux utilisateurs de transports collectifs, comme le prévoit le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme pour l'an 2015.

Plus tard, on attribuera une part essentielle des crédits de l'Île-de-France aux liaisons de banlieue à banlieue, préconisées dans le projet dénommé Orbitale. Ce qui permettra aux habitants de la petite couronne de se rejoindre par le biais des transports collectifs sans avoir à passer par Paris... ■

# Cyclistes, rechargez



Les deux batteries de 12 volts, placées entre la selle et la roue arrière, alimentent le moteur électrique. Elles se rechargent au moyen d'une prise de courant.

Cette curieuse bicyclette est le fruit d'un concept, mis au point et breveté par Yamaha, qui fait fureur au Japon depuis deux ans : le pédalage assisté. Ax-ion, ainsi que l'a baptisé la firme MBK qui le commercialise en Europe, est un vélo à part entière qui ne peut rouler sans énergie humaine, ce qui autorise sa conduite sans casque, sans permis et sans immatriculation. Son originalité repose sur le système d'assistance électrique au pédalage, le *Power Assist System* (PAS). Un cerveau de commande électronique logé sous la selle analyse, au moyen de capteurs, le couple et la vitesse de rotation du pédalier (dessin ci-contre). Il commande ainsi en permanence au moteur électrique de fournir la même quantité d'énergie que celle

développée par le cycliste. Celui-ci est donc assisté par cette puissance additionnelle disponible dès le démarrage. Plus l'effort de pédalage est grand, plus l'énergie d'appoint sera importante. A partir de 16 km/h, la centrale électronique diminue progressivement l'assistance électrique et la déconnecte totalement à 25 km/h. Elle indique, par ailleurs, le niveau de charge des deux batteries de 12 volts (7.5 Ah) chacune. Celles-ci ont une autonomie moyenne de 20 kilomètres, et se rechargent en huit à dix heures au moyen d'un

chargeur et d'une prise de courant. Le cadre monocoque, en arc, est en matériaux composites à base de fibres de verre, en nappes orientées, remplies de mousse de polyuréthane, afin d'as-

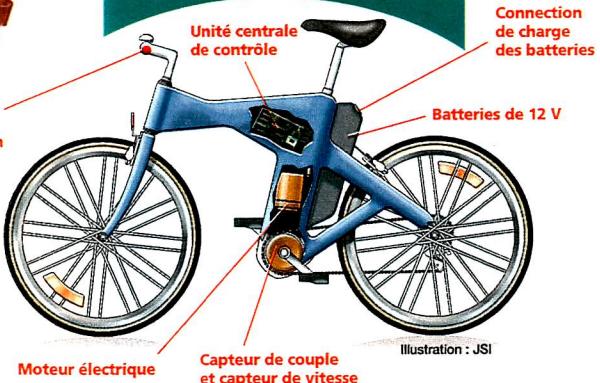
surer le meilleur compromis rigidité/confort. A l'usage, ce vélo particulier se révèle très stable grâce à son centre de gravité placé très bas, maniable, malgré son poids (28 kg), et

# vos batteries !



## LE PÉDALAGE ASSISTÉ

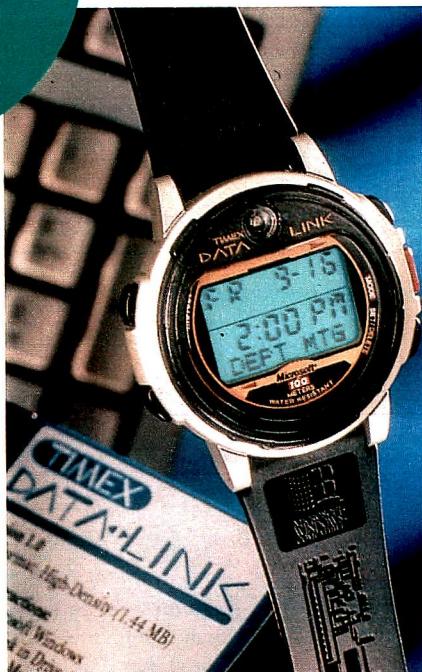
L'unité électronique de contrôle analyse le couple et la vitesse de rotation du pédalier afin de doser l'énergie d'appoint fournie par le moteur électrique.



agréable avec sa transmission Shimano six vitesses par poignées tournantes, ses freins hydrauliques Cantilever (très efficaces) et le petit ronronnement du moteur électrique. L'utilisateur ne se sent pas dépossédé de son effort physique, car même s'il est discrètement aidé, il s'agit bien pour lui de pédaler ! Bien entendu, le système peut être déconnecté par souci d'économiser l'énergie, ou par défi sportif. Astucieux et esthétique : l'antivol à câble est logé dans le guidon. Déjà homologué en France et en Belgique, l'Ax-ion le sera en Suisse au mois d'octobre. Après un marché test, commencé fin juillet dans 15 points de vente de l'Hexagone, le lancement aura lieu en début d'année 1996. Prix : 10 000 F (chargeur compris).

J.-L. G.

## VIE PRATIQUE



### Un PC dans votre montre

Cette montre, la Data Link, commercialisée par Timex, est dotée d'une mémoire de messages. Il est possible de lui transférer, à partir de tout ordinateur de type PC, des données telles qu'adresses, numéros de téléphones ou rendez-vous. Elle peut ainsi mémoriser jusqu'à 70 messages de 15 caractères. Ce transfert de données se fait sans la moindre connexion : le logiciel livré avec la montre, à charger sur le PC, assure une "transmission optique" des messages. Une fois les informations sélectionnées, il suffit de placer la montre en face de l'écran de l'ordinateur et d'activer la transmission. Les données sont transmises sous la forme d'une série de "flashes" sur l'écran que décode l'électronique de la montre.

Prix : environ 1 000 F

### Brosse à dents magique

La brosse à dents Jordan Junior incite astucieusement les enfants à mieux se laver les dents : tachetée comme les 101 Dalmatiens de Walt Disney, elle change de couleur dès que le temps de brossage avoisine les trois minutes. C'est le manche, teinté dans la masse avec des colorants thermosensibles, qui permet ce "spectacle magique".

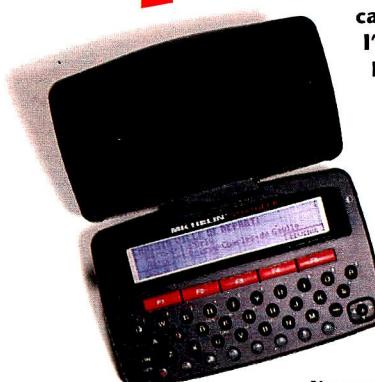
Prix : 12,20 F



## SPORTS ET LOISIRS

### Guide Michelin électronique

Le guide Michelin se met à la page. Un micro-ordinateur vient remplacer le célèbre ouvrage rouge. En version de base, il s'agit d'un calculateur d'itinéraires : une cartouche mémoire renferme l'ensemble des villes et villages de France. Il suffit de pianoter sur son clavier le lieu de départ et celui d'arrivée pour que l'itinéraire conseillé s'affiche à l'écran. Les villes rencontrées sur le parcours sont précisées ainsi que le kilométrage à effectuer. Les principales villes étrangères sont également répertoriées et, dans un proche futur, une cartouche devrait couvrir l'ensemble de l'Europe avec une précision équivalente. Bien entendu, les restaurants, hôtels ou hauts lieux touristiques sont disponibles sur une autre cartouche mémoire. En bref, l'ensemble des renseignements qui ont fait la célébrité du guide. Prix : 990 F





## Le scooter le plus branché

Peugeot lance, au stade expérimental, son scooter électrique à Strasbourg. Sous la selle, un chargeur de 1 300 W et un câble permettent de recharger, en cinq heures, les trois batteries au nickel-cadmium de 6 V chacune. Celles-ci alimentent un moteur à courant continu de 1 500 W qui se transforme en alternateur au freinage, offrant un complément de charge à

la batterie. L'autonomie de ce scooter est de 45 kilomètres pour une vitesse maximale de 45 km/h. Un mode "éco" permet d'obtenir jusqu'à 70 kilomètres d'autonomie, mais en ne roulant qu'à 25 km/h. L'équipement comporte, entre autres, un anti-démarrage codé, une jauge d'autonomie et un coffre à l'avant. Les particuliers pourront louer ces scooters à partir du mois de septembre pour **200 F** par mois. La commercialisation devrait intervenir un an plus tard. Y.W.

## Stylo aide-mémoire

Un micro, une puce numérique et un mini haut-parleur sont dissimulés dans le corps de ce stylo. Il peut donc mémoriser des messages parlés, jusqu'à trente secondes, et les restituer sur demande. Ce stylo aide-mémoire, le Stylophone, est proposé par Sedao au prix de **269 F**. K.L.



## 800 tonnes de pierres sur l'autoroute

L'autoroute A10, à 120 km au sud de Paris, vient d'équiper l'aire d'Orléans-Gidy du Géodrome. Un parcours pédagogique et spectaculaire (composé de 800 tonnes de pierres !) qui présente un jardin géologique à l'image de la France. Des roches sédimentaires aux roches métamorphiques – roches modifiées par les pressions et températures élevées qui règnent au sein de l'écorce terrestre –, en passant par les roches

magmatiques, le Géodrome retrace l'histoire géologique de notre pays. Tarif : **10 F**.

Gratuit pour les enfants de moins de 14 ans.



# TÉLÉCOMMUNICATIONS



## Le téléphone à bord des avions

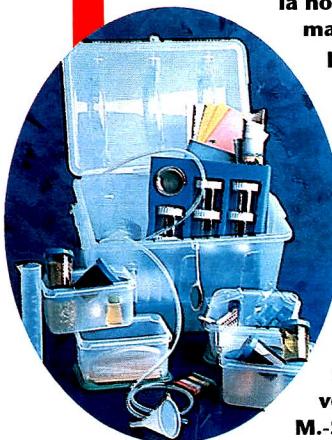
Le Jetphone permet de téléphoner depuis un avion en vol. L'acheminement des communications s'effectue par l'intermédiaire d'un réseau cellulaire terre-air direct, au standard européen TFTS (*Terrestrial Flight Telephone System*). Pour obtenir une communication, il suffit de glisser sa carte de crédit dans le combiné et de composer le numéro. La tarification est forfaitaire. Pour un appel, réalisé sur une compagnie française, il en coûte 15 F à la connexion, puis 25 F par minute. Air France, Air Inter, SAS et British Airways ont déjà choisi de s'équiper de ce système. Une couverture totale de l'Europe occidentale et une extension au Moyen-Orient sont prévues pour 1996.

## PÉDAGOGIE

### Dis, dessine-moi de l'eau

La Compagnie générale des eaux lance une opération dans les écoles destinée à initier les enfants au monde de l'eau. Sous forme d'une mallette pédagogique, ce véritable petit atelier portatif s'inscrit dans le programme des classes de CM1 et CM2. Il s'agit de faire comprendre, de manière ludique, à des élèves de 9 à 11 ans des principes aussi complexes que la poussée d'Archimède, la filtration de l'eau ou encore la notion de pH. Cette mallette comporte plus de 170 instruments pour 22 expériences et 8 jeux. Des flacons en plastique contiennent diverses matières aussi variées que du vinaigre, de l'acideulat coloré ou du gravier et du charbon. Numéro vert : 05 17 34 08.

M.-S. G.



## AUDIO-VISUEL

### Vision rectangulaire

Bien connu pour la qualité de ses objectifs photographiques, Minolta a doté sa dernière création, les jumelles UC 6x18 et UC 8x18, d'une combinaison de lentilles asphériques, d'un prisme en toit et du traitement multicouche. Les lentilles de forme rectangulaire ont permis d'obtenir un boîtier ultra-plat, en aluminium anodisé, et une image binoculaire rectangulaire, qui se rapproche ainsi du champ de vision humaine. Poids : 145 g, dimensions 85 x 18 x 70 mm, et distance minimale de mise au point de 1 mètre. Prix : 1 390 F le modèle UC 6x18, et 1 590 F le modèle UC 8x18.

## Jouer à distance

Si les jeux sur PC sont, le plus souvent d'un très haut niveau de qualité, clavier ou souris ne sont pas, en revanche, particulièrement bien adaptés pour les utiliser. Le Garepad FireStorm confère à l'ordinateur une utilisation aussi conviviale qu'une console de jeu. Grâce à la liaison infrarouge longue portée (jusqu'à 12 m), cette manette offre une totale liberté de mouvements et évite les embrouillamini de fils propre à ce type de matériel. Prix : 119 F.



## Jetable anti-yeux rouges

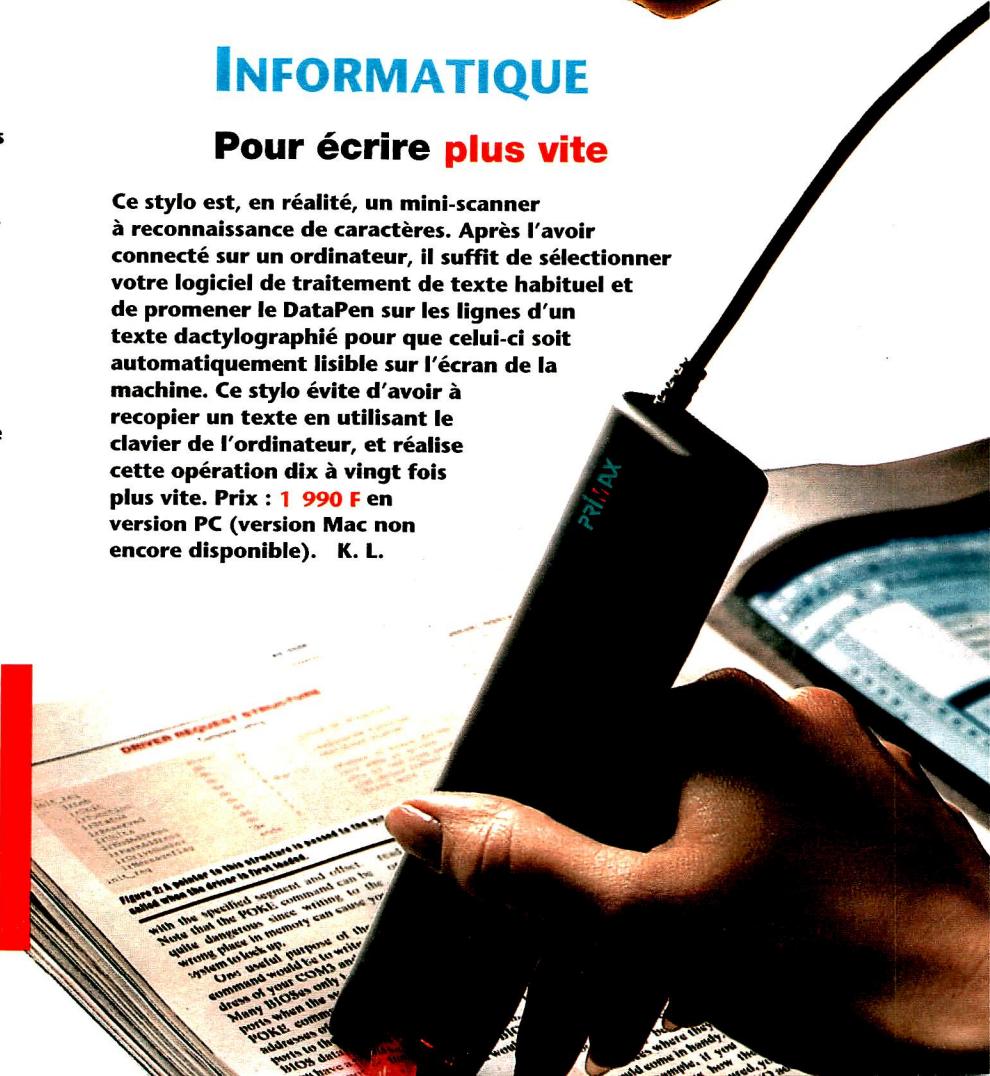
Il ne manquait plus aux appareils jetables qu'un flash doté d'un système anti-yeux rouges. Voilà qui est fait avec les City Light proposés par Hanimex. Ces prêts-à-photographier multicolores bénéficient d'une pellicule 400 ISO et de 27 poses. Prix, sans flash : 39 F, avec flash : 69 F.

## INFORMATIQUE

### Pour écrire plus vite

Ce stylo est, en réalité, un mini-scanner à reconnaissance de caractères. Après l'avoir connecté sur un ordinateur, il suffit de sélectionner votre logiciel de traitement de texte habituel et de promener le DataPen sur les lignes d'un texte dactylographié pour que celui-ci soit automatiquement lisible sur l'écran de la machine. Ce stylo évite d'avoir à recopier un texte en utilisant le clavier de l'ordinateur, et réalise cette opération dix à vingt fois plus vite. Prix : 1 990 F en version PC (version Mac non encore disponible). K. L.

Ont collaboré à cette rubrique :  
Marie-Sophie Germain, Kooka Latombe et Yan Werdefroid.



# Des enzymes

**L**es enzymes sont des catalyseurs, c'est-à-dire des substances capables d'accélérer des réactions chimiques. Responsables de l'ensemble des réactions qui se déroulent à chaque instant au sein des cellules vivantes, elles sont les outils permettant le fonctionnement du vivant (voir *Science & Vie* n° 913, p. 144, et n° 914, p. 140).

Les enzymes sont toutes des protéines. Chaque enzyme est codée par un gène qui lui est propre. Leur action est étroitement spécifique des substances (appelées substrats) dont elles assurent la transformation chimique. Enfin, leur activité est souvent considérable : une seule molécule d'enzyme peut transformer jusqu'à plusieurs millions de molécules de substrat par minute.

Parmi les milliers d'enzymes identifiées et souvent connues dans les moindres détails, nous allons nous intéresser à l'une des plus répandues qui soient, la peroxydase.

La source la plus commune de peroxydase est la racine de radis ou de rafifort (radis noir). C'est pourquoi les chercheurs la connaissent sous les initiales de HRP (Horse Radish Peroxydase, en anglais).

## PRÉSENTES CHEZ TOUS LES ÉTRES VIVANTS

Ce type d'enzyme a notamment pour fonction de décomposer les peroxydes, dérivés toxiques de l'oxygène (comme, par exemple, l'eau oxygénée ou peroxyde d'hydrogène), ce qui lui vaut son nom.

En réalité, il n'y a pas une peroxydase mais des peroxydases, car ce type d'enzyme existe chez presque tous les êtres vivants : chez les micro-organismes, chez les plantes et chez les animaux. Elle ne manque que chez les anaérobies stricts.

Elles partagent avec bien d'autres protéines une structure chimique appelée hème, contenant du fer ionisé et capable de se lier à l'oxygène (voir

*Science & Vie* n° 929, p. 140). Le fonctionnement de ces protéines hémiques est le plus souvent lié à la chimie de l'oxygène et de ses dérivés. C'est, par exemple, le cas des cytochromes (transporteurs respiratoires), de la catalase (une autre enzyme qui décompose l'eau oxygénée, voir *Science & Vie* n° 930, p. 142) et de divers pigments respiratoires des animaux.

Les peroxydases assurent d'autres fonctions que la décomposition des

peroxydes. Certaines interviennent dans le métabolisme de l'iode et sont nécessaires à l'élaboration des hormones thyroïdiennes. D'autres participent au transfert du chlore dans certaines cellules du système immunitaire, permettant ainsi la production d'hypochlorite (la vulgaire eau de Javel) servant à la destruction des micro-organismes ingérés. Les plantes en ont besoin pour fabriquer la lignine (constituant du bois). A l'inverse, la lignine est exclusivement dégradée

## Localiser la peroxydase dans les tissus

### Matériel nécessaire

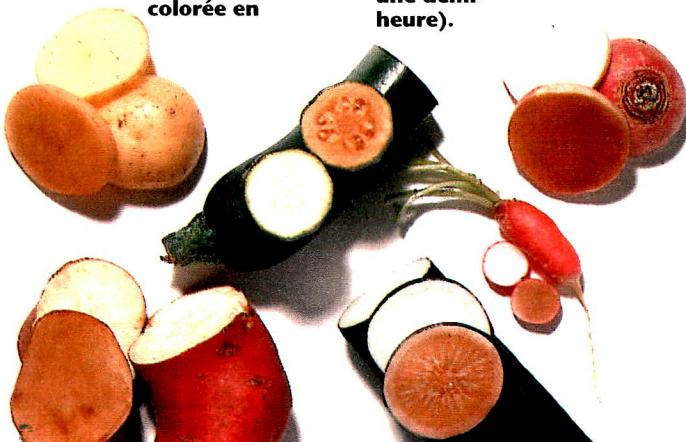
**Divers fruits et légumes (pomme, radis, rafifort, navet, pomme de terre, champignon, etc.). Choisir des organes à chair claire pour faciliter la visualisation de la réaction colorée.**  
**Réactif : eau oxygénée à 10 volumes, que l'on diluera au 1/10 (mélanger 10 ml avec 90 ml d'eau), et 100 ml d'une solution de gaïacol à 2 g/l (demander à un pharmacien de préparer cette solution).**  
**Un compte-gouttes.**

### Comment procéder ?

**Verser dans un même flacon 50 ml de chaque solution pour obtenir le réactif, qui donnera une réaction colorée en**

**présence de peroxydase selon l'équation chimique suivante :**

$$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{R-H}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{R}$$
 ( $\text{H}_2\text{O}_2$  : peroxyde ;  $\text{R-H}_2$  : donneur d'hydrogène, gaïacol, incolore ;  $2\text{H}_2\text{O}$  : eau ;  $\text{R}$  : donneur d'hydrogène oxydé, coloré.)  
**Couper deux tranches de chaque végétal à tester, les essorer avec du papier essuie-tout et les disposer à plat. Recouvrir entièrement une des deux tranches avec du réactif en le versant goutte à goutte, et l'autre tranche avec de l'eau pour servir de témoin. Remettre du réactif lorsqu'il a été absorbé. Laisser la coloration se développer (de quelques minutes à une demi-heure).**



# à tout faire

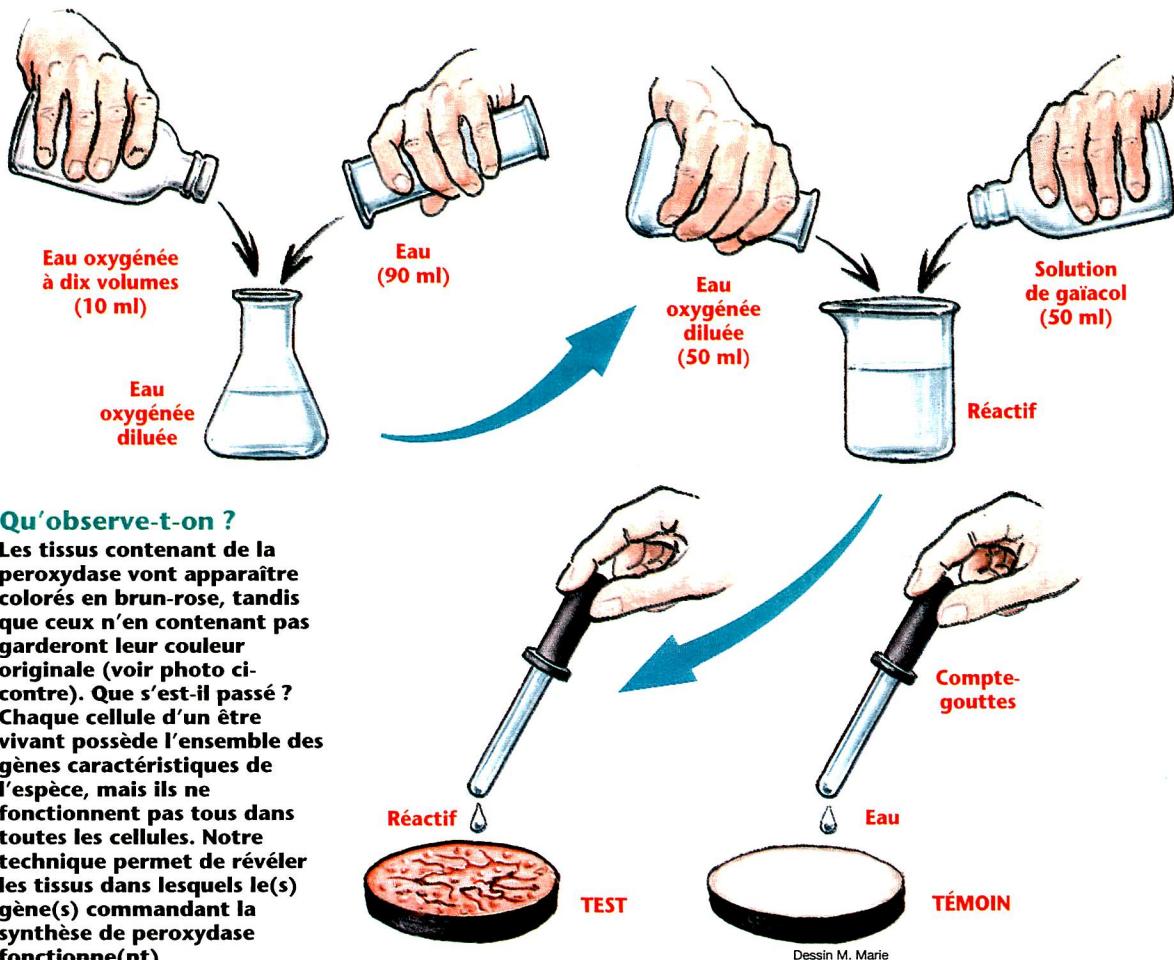
par certaines moisissures, car elles seules disposent des peroxydases appropriées (champignon de la pourriture blanche du bois). D'autres micro-organismes utilisent des peroxydases pour fabriquer des antibiotiques.

## UN OUTIL POUR LES BIOLOGISTES

Ces enzymes sont donc parmi les plus universelles du monde vivant. Par ailleurs, elles constituent des outils extrêmement utiles pour le bio-

logiste. On les utilise dans divers protocoles de laboratoire : pour transférer de l'iode radioactif sur des protéines afin de les marquer ; pour repérer la cible d'anticorps variés (anticorps conjugués avec de la peroxydase dont les réactions colorées permettent la localisation dans les tissus) ; pour établir les trajets extrêmement complexes des neurones dans le système nerveux (après injection de peroxydase au niveau de terminaisons nerveuses, l'enzyme est

transportée par les neurones jusqu'aux corps cellulaires situés dans les centres nerveux, où une réaction colorée permet la détection). Cette méthode a notamment permis d'élucider l'organisation des voies visuelles. L'industrie n'est pas en reste : les secteurs du bois et du papier s'intéressent de près à ces enzymes, qui pourraient permettre de rendre non polluante l'industrie du papier en remplaçant certains traitements chimiques du bois. ■



### Qu'observe-t-on ?

Les tissus contenant de la peroxydase vont apparaître colorés en brun-rose, tandis que ceux n'en contenant pas garderont leur couleur originale (voir photo ci-contre). Que s'est-il passé ? Chaque cellule d'un être vivant possède l'ensemble des gènes caractéristiques de l'espèce, mais ils ne fonctionnent pas tous dans toutes les cellules. Notre technique permet de révéler les tissus dans lesquels le(s) gène(s) commandant la synthèse de peroxydase fonctionne(nt).

On pourra comparer la distribution entre différents végétaux et localiser les tissus qui en contiennent le plus, comme, par exemple, les vaisseaux (où l'enzyme

intervient dans la lignification de la paroi), qui deviennent ainsi visibles à l'œil nu. La coloration souligne finement l'anatomie de l'organe.

# Un angle droit = un angle obtus

On dit que la géométrie est l'art de raisonner juste sur des figures fausses. Avec l'esprit de contradiction, on ajouterait que c'est peut-être aussi l'art de raisonner faux sur des figures justes. La démonstration qui suit va nous montrer qu'il peut être difficile de trancher entre ces deux conceptions.

Jusqu'en 1960, tous les lycéens faisaient de la géométrie, et cette discipline leur était familière : triangles semblables, théorème des trois perpendiculaires, relations métriques dans le cercle, symétries et autres étaient leur pain quotidien. Mais la part de la géométrie dans le programme du bac chuta à partir de 1960, puis disparut complètement en 1969 avec l'arrivée en force des catastrophiques « maths modernes ». En 1976, avec la réforme Haby, la géométrie – au sens où on l'entend traditionnellement, avec des figures tracées à la règle et au compas et des démonstrations bien établies – revint peu à peu. Aujourd'hui, la géométrie élémentaire (triangles, parallèles, mé-

diatrices et autres) est au programme dès la classe de quatrième, ce qui nous permet de poser à tous nos lecteurs le problème qui va suivre ; les « anciens » y retrouveront ces notions sur lesquelles ils ont planché il y a cinquante ans, et les « nouveaux » pourront mettre en application leurs connaissances encore fraîches.

## UNE TRÈS VIEILLE "COLLE"

A noter que ce problème n'est pas récent ; il semble qu'il ait été posé pour la première fois dans une revue en 1892, et, depuis, il réapparaît périodiquement dans les lycées. Nous avons vu, dans les années cinquante, des élèves de première s'échiner pendant des heures à trouver la faille ; d'autres, premiers de la classe, faisaient le pari d'arriver au but en moins d'un quart d'heure... et perdaient. L'énoncé est relativement simple : on part du rectangle ABCD ci-dessus, en n'oubliant pas, bien sûr, que dans un rectangle les côtés opposés sont égaux ; donc,  $AB = DC$ .



Dans ce rectangle ABCD, on retire le côté AD :



Puis, sans en modifier la longueur, on pousse un peu vers la droite le côté CD, et l'angle BCD devient par construction un peu plus grand



## TRUC EN PLUS

### La pièce de 1 F soluble dans la bière

Dans le bistrot du port, trois marins bien braves mais un peu désargentés ont commandé chacun une bière à 10 F. Une fois servis, ils remettent donc 30 F au garçon tout en regrettant à voix audible le prix élevé des consommations. Derrière son zinc, le patron a enregistré la doléance, et il fait signe à son employé : « C'est vrai que ce sont des braves gars qui ne gagnent pas lourd... Et puis il faut savoir garder une clientèle... Va leur redonner ces 5 F. » Le garçon retourne vers la table des marins tout en se disant : « Partager 5 F en trois, c'est impossible... »

Je garde 2 F pour le pourboire qu'ils ont oublié de me donner, et je leur rends à chacun 1 F. » Chose dite (même à part soi), chose faite. Et c'est là que commence le problème : au point de départ, les matelots ont sorti trois fois 10 F, soit 30 F. Chacun ayant récupéré 1 F des mains du garçon, la bière ne leur a plus coûté que 9 F ; ils ont donc réellement payé  $3 \times 9 = 27$  F, plus les 2 F que le garçon a mis dans sa poche. Au total,  $27 + 2 = 29$  F. Il manque donc 1 F par rapport aux 30 F de départ. Où est donc passé ce franc qui n'a rien de symbolique ?

## TRUC EN PLUS

# Quelle famille !

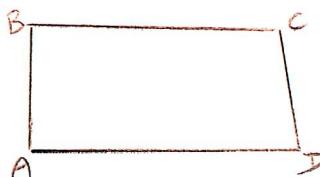
Une dernière devinette familiale – précisons tout de suite qu'elle ne comporte aucun piège caché genre demi-frère adultérin ou fille à la fois sœur et mère.

La famille Martin compte plusieurs enfants, dont Paul et Virginie ; or, si Paul a deux fois plus de sœurs que de frères, c'est l'inverse pour sa sœur Virginie qui a deux fois plus de frères que de sœurs.

Comment est-ce possible ?

qu'un angle droit : c'est donc un angle obtus. Pour rester rigoureux, on peut dire aussi que de C comme centre, et avec CD comme rayon, on trace un arc de cercle de part et d'autre du point D. On prend alors sur cet arc, à l'extérieur du rectangle de départ, un point D' qui devient le nouveau point D.

On joint ensuite A à D, et on obtient un nouveau quadrilatère ABCD dont seul l'angle en B est droit.



On trace alors la médiatrice en M côté BC, et la médiatrice en N côté AD. Rappelons que la médiatrice d'un segment est la perpendiculaire élevée au milieu de ce segment ; tout point de cette médiatrice est à égale distance des deux extrémités du segment. Les

deux médiatrices se coupent en J, et on trace JB, JC, JA et JD.

Sur la figure ainsi formée, on considère les triangles ABJ et DCJ (leurs côtés sont repérés par de petits traits sur notre dessin ci-dessous). J étant un point de la médiatrice de BC, on a JB = JC ; le même point J appartient aussi à la médiatrice de AD, on a JA = JD ; enfin, on a AB = DC par construction.

Les triangles ABJ et DCJ ont donc leurs trois côtés égaux deux à deux, et, de ce fait, ils sont égaux – troisième

cas d'égalité des triangles. Puisqu'ils sont égaux, leurs trois angles le sont aussi deux à deux, et à des côtés égaux sont opposés des angles égaux : les angles ABJ et DCJ, opposés aux côtés égaux JA et JD, sont donc égaux : ABJ = DCJ.

## PROFS DE MATHS DISPENSÉS !

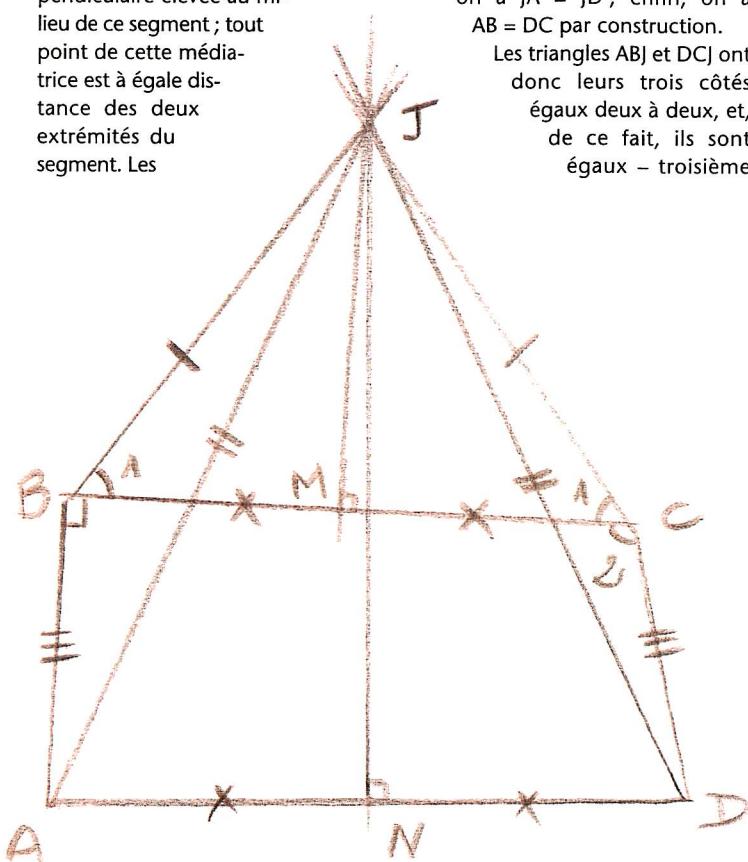
Or, l'angle ABJ est la somme de l'angle ABC, qui est un angle droit, et de l'angle CBJ ; pour simplifier, comme repéré sur la figure, on écrit ABJ = B2 + B1.

De même, l'angle DCJ est la somme de DCB et BCJ : DCJ = C2 + C1. Comme ABJ = DCJ, on peut écrire B2 + B1 = C2 + C1.

Regardons maintenant le triangle BJC ; on a vu plus haut que JB = JC, donc ce triangle est isocèle et les angles CBJ et BCJ, qu'on appellera B1 et C1, sont égaux : B1 = C1. L'égalité précédemment démontrée, B2 + B1 = C2 + C1, peut se mettre sous la forme B2 = C2 + C1 - B1. Comme B1 = C1, B1 - C1 = 0, ce qui entraîne B2 = C2.

Autrement dit, en termes clairs, l'angle droit B2 est égal à l'angle obtus C2.

N.B. : les professeurs de mathématiques sont dispensés de cet exercice. ■



**Solutions  
dans le prochain  
numéro**

# Les lunes d'automne

Les Américains ont pris l'habitude de donner un nom particulier à chaque pleine lune de l'année, ce nom étant en rapport avec l'époque et la saison.

Ainsi, en septembre, l'automne approche mais il reste encore beaucoup de récoltes à faire avant les intempéries. La pleine lune de septembre est, pour cette raison, appelée la "pleine lune des moissons", ce terme étant entendu comme travaux des champs et récolte. En effet, il y a un siècle et plus, le travail aux champs après le coucher du soleil n'était possible que grâce à la lumière de la Lune. Les engins agricoles de l'époque n'étaient pas équipés, comme de nos jours, de puissants phares !

Il est facile de constater que la pleine lune de ce mois est haute dans le ciel et fournit une lueur rendant possible toute activité nocturne.

## LA PLEINE LUNE DES CHASSEURS

La pleine lune d'octobre est celle "des chasseurs". Les champs sont alors moissonnés et labourés pour le printemps suivant. Le gibier se repère facilement au clair de lune et les braconniers en profitent ! En novembre, la "pleine lune des castors" nous rappelle que cet animal laborieux prépare fébrilement son terrier pour passer l'hiver et que bien des animaux qui vont hiberner font de même. Dans certaines régions, plus septentrionales, elle est également surnommée "lune givrée", allusion aux premières gelées hivernales.

La pleine lune de décembre brille très longtemps dans le ciel nocturne : plus de quinze heures ! C'est la "lune de la longue nuit". Dans certains pays, c'est aussi la "jeune lune" si elle se produit aux alentours de Noël. A

cette période, les jours rallongent et la renaissance de la nature se laisse entrevoir. Par opposition, la suivante en janvier est appelée la "vieille lune". Février voit la "lune des loups" ou "de la neige", ou même "de la

faim" selon les régions, en rapport évident avec les rudes conditions climatiques de ce mois.

Patientons encore quelques mois pour connaître le nom des lunes de printemps et d'été... !

## ASTROPRATIQUE

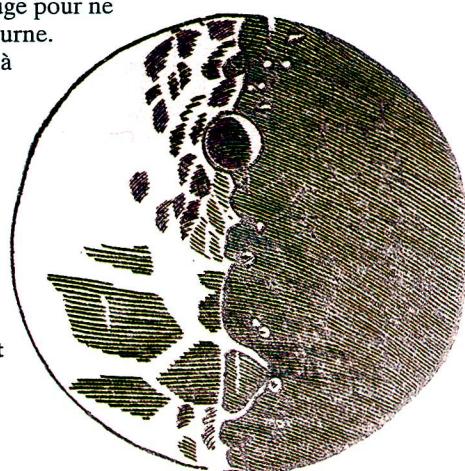
## Le dessin astronomique

Lorsque nous débutons en astronomie, il faut savoir que nous ne voyons pas "au premier coup d'œil" tous les détails que l'image fournie par le télescope recèle. Il faut pour cela de l'entraînement, qui s'acquiert par une pratique régulière. Notre œil, en fait notre cerveau, a besoin d'apprendre à explorer l'image d'une planète, par exemple, pour y discerner les fines structures et les plages d'intensité variable aux contrastes subtils. Nous devons aussi compter avec la turbulence astronomique, due à l'agitation de l'atmosphère, qui brouille plus ou moins les images. Ainsi, tel détail ne sera visible que pendant quelques secondes et il faut apprendre à le saisir pendant cette courte durée. Cela est tout à fait possible puisque le cerveau analyse dix fois par seconde les informations recueillies par la rétine ; c'est dire que nous sommes capables de retenir un détail visible pendant un dixième de seconde seulement !

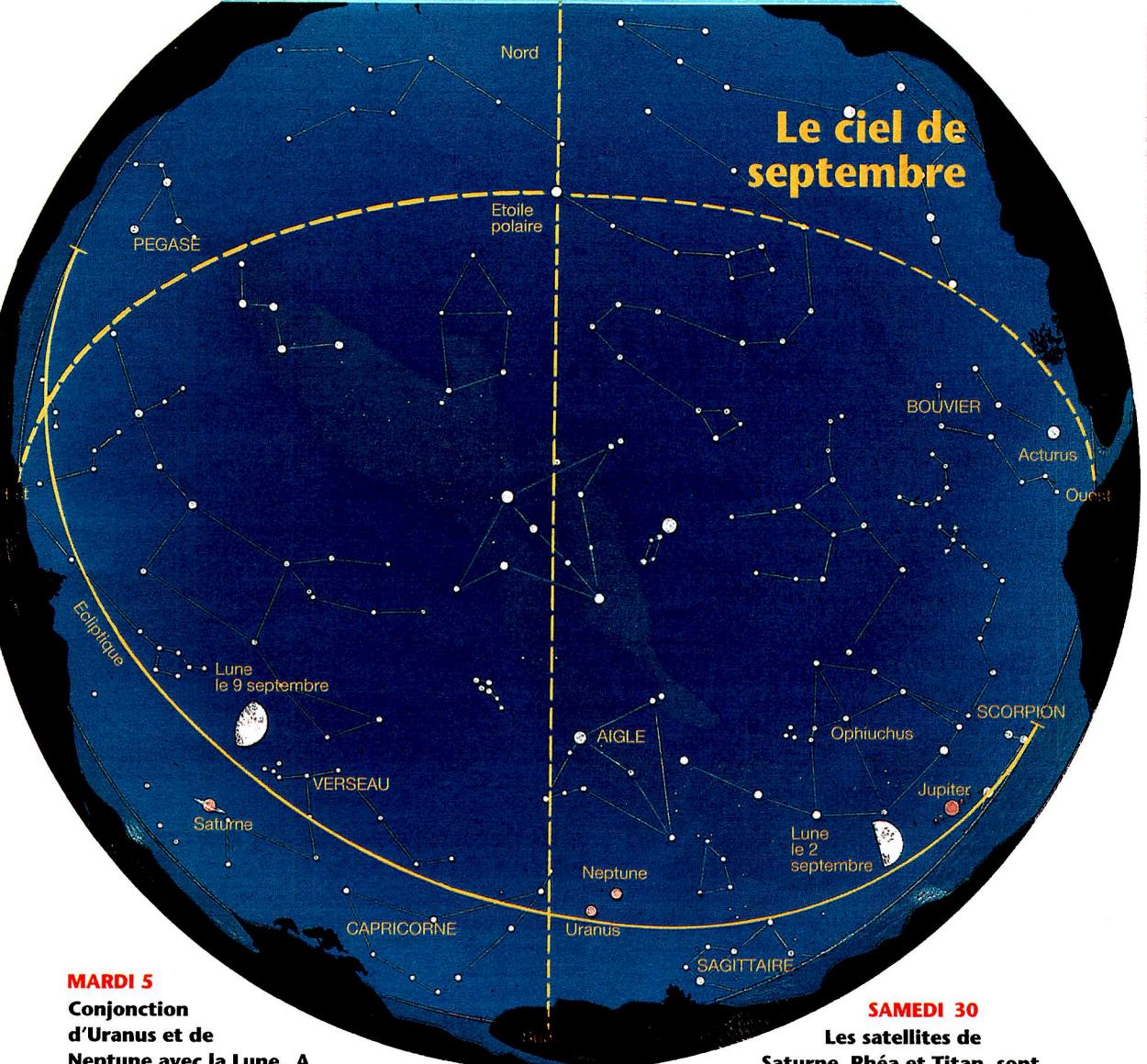
La meilleure façon de s'entraîner et d'accroître notre acuité visuelle est de dessiner ce que nous observons. Il ne s'agit pas de faire une œuvre d'art mais de prendre des notes graphiques, de façon à forcer l'œil et le cerveau à analyser l'image. Pour cela, il faut s'équiper d'une planchette sur laquelle la feuille de papier est fixée, d'un crayon tendre, d'une gomme et, surtout, d'un éclairage rouge pour ne pas détruire sa vision nocturne.

Dernier conseil : dessinez à l'avance le contour de la planète en lui donnant un diamètre de 8 à 10 centimètres, de façon à avoir une bonne échelle.

**La Lune, dessinée par Galilée, lorsqu'il l'observa pour la première fois à l'aide d'une lunette grossissant trente fois.**



# Le ciel de septembre



## MARDI 5

**Conjonction d'Uranus et de Neptune avec la Lune.** A suivre en soirée vers le sud.

## SAMEDI 9

**Peu après le coucher du soleil, Mercure est à son élongation maximale.** A rechercher aux jumelles sur l'horizon ouest. En soirée vers le sud-ouest, Jupiter est en conjonction avec Psi Ophiucus. Au même moment, la Lune est au plus près de Saturne vers le sud-est.

## JEUDI 14

**Saturne est en opposition,** c'est-à-dire qu'elle est opposée au Soleil par rapport à la Terre. C'est la période favorable pour l'observer car elle brille toute la nuit.

## DU 18 AU 22

**La belle lumière cendrée de la vieille Lune est à observer le matin.** Cette brillance particulière sera de nouveau visible du 26 au 30 avec la jeune Lune du soir.

## MERCREDI 27

**Dans les brumes du crépuscule, Mars est en conjonction avec un fin croissant de Lune.**

## VENDREDI 29

**C'est au tour de Jupiter d'être au plus près de la Lune.**

## SAMEDI 30

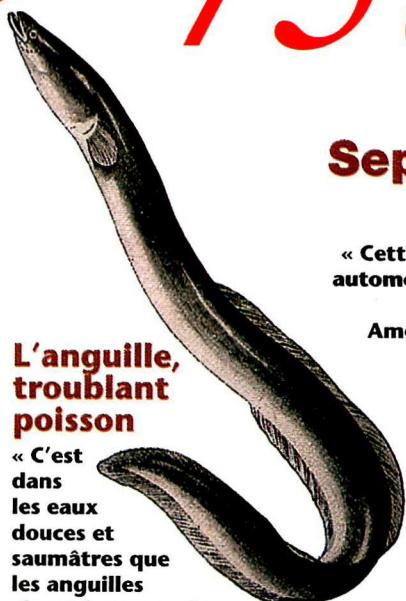
**Les satellites de Saturne, Rhéa et Titan, sont en conjonction à 7 secondes d'arc seulement l'un de l'autre.**

**A ne pas manquer**

## DIMANCHE 24

**Jupiter est à proximité de l'étoile Oméga d'Ophiucus.** 18 secondes d'arc séparent les deux astres, soit un demi-diamètre jovien. Les Québécois pourront même assister à une occultation de l'étoile !

# Il y a 75 ans



## L'anguille, troublant poisson

« C'est dans les eaux douces et saumâtres que les anguilles vivent le temps de leur croissance. Elles établissent leur habitat ordinaire dans les rivières, les mares et les étangs. C'est pendant la nuit qu'elles effectuent de préférence leurs déplacements terrestres, et c'est aussi la nuit qu'elles chassent. »

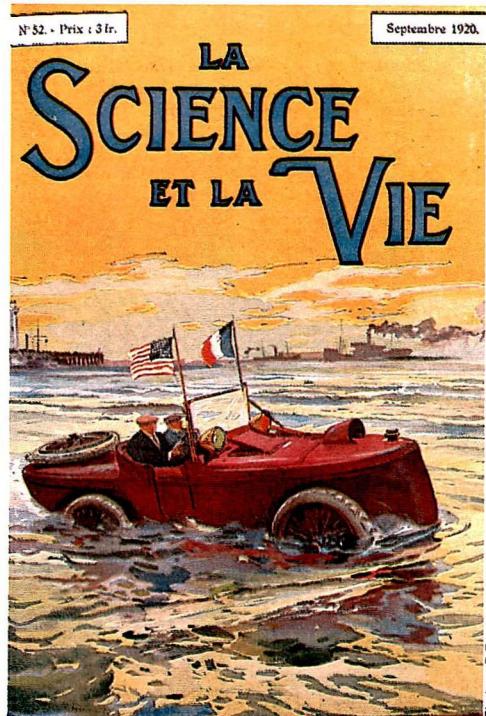
## Les orchestres de cloches exigent des mécanismes aussi délicats que complets

« Ces huit sonneurs britanniques de carillon à permutation sont en position pour commencer un "peal" pouvant comprendre 40 320 permutations et dont l'exécution demanderait vingt-huit heures. Un accord de 12 cloches donnerait 479 001 600 permutations... en trente-huit ans sans interruption. »



## Septembre 1920

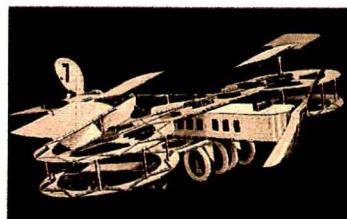
« Cette curieuse voiture automobile, "La Sirène", construite par un Américain, peut faire 100 kilomètres à l'heure sur route et peut filer 20 noeuds sur l'eau. »



Photos D.R.

## L'hélicoptère serait-il l'appareil aérien de l'avenir ?

« Le modèle réduit construit par M. Breach vole, paraît-il, parfaitement mais l'imagination est paresseuse à concevoir un grand hélicoptère affligé de cinq moteurs, dont quatre rotatifs, et de six hélices, dont une tractrice et trois stabilisatrices. »



## De l'origine des mondes

« Constance de la masse, permanence des atomes, intangibilité de la loi de Newton, les idées fondamentales de l'astronomie volent en éclats : la masse varie avec la vitesse ; la radioactivité désintègre les atomes et, d'après Einstein, la loi de Newton doit être corrigée en fonction de la vitesse de la lumière. »



**Nos lecteurs trouveront** désormais chaque mois, dans cette rubrique, la présentation d'une invention choisie pour son intérêt ou son "pittoresque", mais aussi parce qu'il est possible de s'associer à son développement : en la finançant, en la distribuant, en l'exportant, etc. Les lecteurs intéressés peuvent nous écrire, en mentionnant sur l'enveloppe "L'invention du mois". Nous transmettrons leurs lettres à l'innovateur concerné. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération. Quant aux inventeurs qui souhaitent voir leur création présentée dans cette rubrique, qu'ils nous envoient un court texte accompagné d'une copie des revendications de leur brevet et de photos en couleurs. Les documents non insérés ne pourront être rendus.

# Brunissez vos couverts !

**M**ême soigneusement nettoyés, les couverts perdent peu à peu le brillant du neuf. En outre, ils finissent par porter à leur surface toute une flore microbienne qui s'incruste dans les dépôts calcaires ou lessiviels de leurs stries, véritables pièges à microbes. Des inconvénients que suppriment ces deux petites "brunisseuses" (brunir consiste à polir la surface des métaux en les rendant brillants), compactes au point d'être portables : la Bruninox, pour les couverts en inox, et la Brunargent, pour ceux en métal argenté. Ces machines sont constituées d'un bac en polyester dans lequel un tapis agite 40 kg de billes d'acier au tungstène – soit quelque 120 000 billes ! Plongés trente minutes dans ce bac, qui contient aussi de l'eau savonneuse, les couverts sont brassés et ressortent rutilants. En outre, la présence d'une flore microbienne se trouve divisée par trois. C'est ce que confirment les tests qui viennent d'être menés par l'Institut Pasteur sur la qualité microbiologique des couverts d'un restaurant collectif.

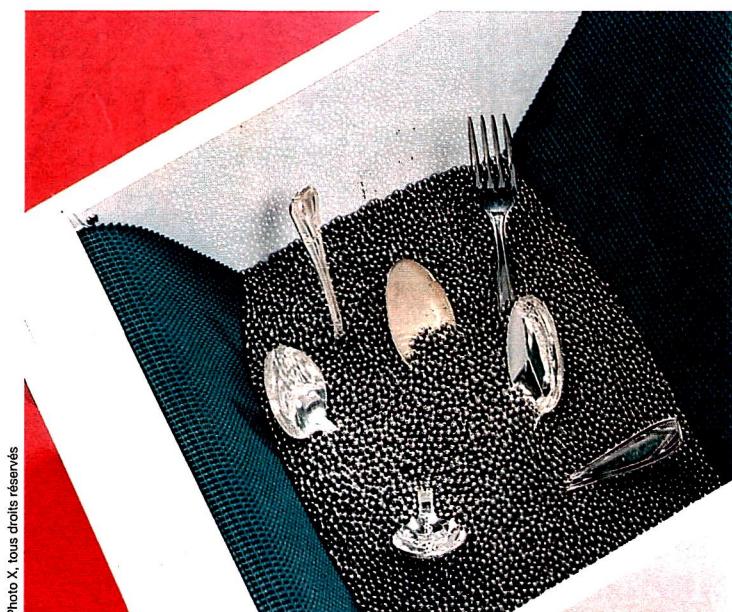
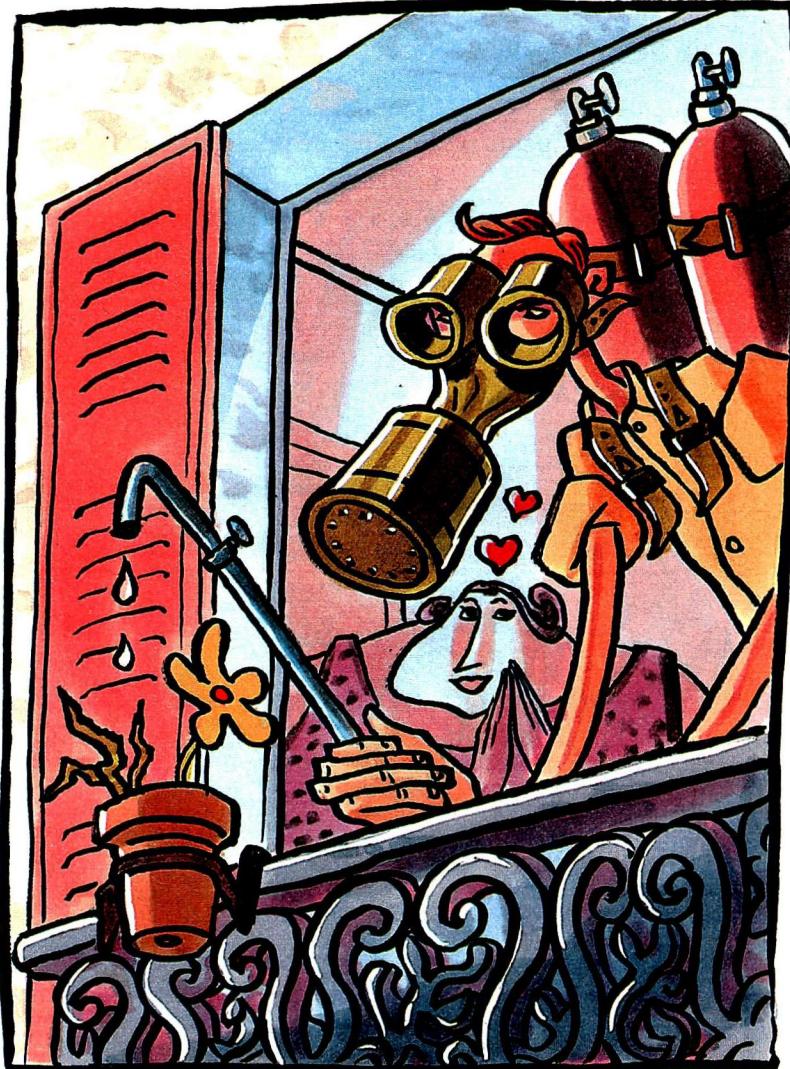


Photo X, tous droits réservés

Le marché visé par ces deux machines est très vaste et varié. Il n'est en effet pas limité à l'hôtellerie haut de gamme ; sont aussi intéressés, en particulier, tous les établissements de restauration de masse : hôpitaux, maisons de retraite, écoles et lycées, casernes, etc.

Pour transformer ces brunisseuses, aujourd'hui artisanales, en véritables produits industriels, l'entreprise qui les a mises au point cherche, d'une part, à étendre son réseau de concessionnaires, et d'autre part, un partenaire financier l'épaulant dans son développement.

# Les pesticides sont à nos portes



Denise Di Giandomenico

« Dans votre enquête sur les pesticides, nous dit M. J.-L. Bruere de Mignaloux-Beauvoir, vous affirmez que le glyphosate, (produit actif de Roundup) peut être dangereux à des concentrations de 360 g/l (S & V n°933

p. 89); vous ajoutez (p. 90) que, contrairement aux autres produits de la famille des organophosphorés, sa décomposition est lente. Pouvez-vous être plus précis et dire en quoi il se révèle dangereux ? J'ajouterais que

le fabricant informe l'utilisateur que son produit est "inactif au contact du sol et dégradé rapidement". Où est la vérité ? »

Le glyphosate est un herbicide de la famille des organophosphorés. Il agit en

bloquant les systèmes enzymatiques qui assurent la synthèse des acides aminés dont les plantes ont besoin. Ce pesticide est généralement présenté comme un produit respectueux de l'environnement. Il possède une toxicité modérée. Chez le rat, la "DL 50" du glyphosate, c'est-à-dire la dose entraînant la mort de 50 % des individus après administration, est de 4 900 mg/kg.

Il a quelques inconvénients : il ne fait pas la différence entre une mauvaise herbe et une bonne, car il n'est pas sélectif. Autrement dit, il s'attaque à tous les végétaux. Il est assez irritant pour les yeux et la peau. Et enfin, il est rémanent dans l'environnement et ne se dégrade qu'au bout de plusieurs mois.

Dans notre article sur les produits phytosanitaires, nous regrettons le fait que le glyphosate, qui a reçu une homologation pour le secteur amateur à une concentration de 170 g/l, soit maintenant disponible sur le marché à une concentration de 360 g/l, produit jusqu'alors réservé au milieu professionnel. Or, on sait que les jardiniers amateurs prennent généralement beaucoup moins de précautions que les agriculteurs ou les horticulteurs pour manipuler ce type de produit, et ont tendance à surdosier leurs mélanges.

## ■ Ballon à hélium : Stark veut toute la lumière

Nous recevons du célèbre designer Philippe Stark la lettre suivante : « Je tiens tout d'abord à vous dire à quel point j'adore votre revue depuis toujours. J'en suis un fidèle et assidu lecteur, collectionneur des numéros de 1942 à nos jours, attendant chaque mois avec impatience la parution de mon "Science & Vie". Connais-ant le sérieux et la précision de vos articles, je voulais vous demander de bien vouloir faire une rectification concernant l'invention du ballon éclairant que revendique M. Franck Ambries dans votre n° 926 de novembre 1994 et pour laquelle il a été primé par le Salon international des inventions, des techniques nouvelles et des produits nouveaux de Genève.

« Je pense que M. Ambries a bénéficié d'une remise de prix un peu hâtive, et qu'il connaît certainement le livre que je vous joins et qui a été édité en presse publique en 1988. Vous y verrez les photos des prototypes de la lampe volante que j'ai développée durant les années 1972 à 1975, et toutes les explications techniques relatives à cette lampe. »

L'invention dont il est question est un ballon, qui équipé d'une ampoule est gonflé à l'hélium. Cette "lampe" s'élève alors jusqu'à 10 m au-dessus du sol et, maintenu par son câble d'alimentation électrique, elle éclaire une surface

## ■ Lévitation magnétique dans toutes les positions



**M. Alain Cremmel**, de Strasbourg, nous écrit : « Votre article sur la lévitation magnétique du n° 934 suggère la question suivante : existe-t-il deux aimants permanents, A fixé au sol et B en lévitation stable au-dessus de A (B n'est pas une toupie) ? » Notre lecteur joint à sa lettre un croquis où l'aimant A, cylindrique, a une partie supérieure creuse, tandis que l'aimant B, plus mince, peut coulisser dans ce trou. Si A est très long et le creux peu profond, et si B est court, B flottera dans ce trou. Plus généralement, on peut

faire un montage où la lévitation magnétique est stable et observable, à condition qu'il empêche l'aimant "flottant" de se retourner ou de se déplacer latéralement. Tout simplement, on peut mettre deux aimants en barreau dans un tube de verre de diamètre intérieur légèrement supérieur à celui des barreaux : même pôle face à face, tube vertical ; l'aimant du haut lévit au-dessus de celui du bas. Ce type de montage a été proposé dans les numéros de juin 1978 et de décembre 1986.

pouvant aller jusqu'à 4 000 m<sup>2</sup>. Les inventions présentées au salon de Genève sont protégées par des brevets – ce qui est vérifié, *a fortiori* lorsque des distinctions spéciales leur sont accordées, et l'invention du ballon éclairant en a reçu deux : le prix de l'Assemblée permanente des chambres de métiers, et le prix des Jeunes Dirigeants d'entreprise.

Maintenant, que différentes versions d'une même idée naissent dans plusieurs esprits, simultanément ou successivement, voilà qui est une chose courante.

Les inventions sont toujours longues à déboucher, à apparaître et à s'installer sur le marché. L'histoire des découvertes "modernes", dont certaines remontent à l'Antiquité, la création et

l'utilisation du chauffage central, nous en fournit de nombreux exemples. Ce long délai entre la mise à jour d'une idée et son utilisation courante est une cause de déception sans cesse répétée pour quantité d'inventeurs. D'autant qu'une invention "laissée pour compte" peut, et c'est fréquent, en inspirer une autre, qui, elle, débouchera en son temps...

## ■ Les lecteurs traquent les nombres premiers

Beaucoup de lettres – nous nous y attendions – à la suite de notre article du mois de mai sur les nombres premiers. Nous ne pouvons citer tous ceux qui nous ont écrit et ont fait progresser

la méthode, mais qu'ils trouvent ici nos remerciements pour leur contribution. Certains lecteurs se sont mis à leur ordinateur pour trouver tous les nombres premiers avec la méthode indiquée. Citons M. Jeanroy, de Sartrouville :

« Pour apporter ma modeste contribution à cet article, j'ai essayé de franchir une première étape qui était de vérifier qu'il est possible de trouver les 27 NbP compris entre 361 ( $17 \times 17$ ) et 529 ( $23 \times 23$ ) à partir des 8 NbP < 23. Pour cela, j'ai

inauguré un algorithme de recherche très simple, qui limite énormément le nombre de cas à traiter, programme en Basica, et dès les premiers essais, plus d'une dizaine de NbP en quelques minutes de calcul. Après une soirée de travail, il ne manque que 4 des 27 nombres recherchés : 397, 419, 433 et 487. »

L'ennui, c'est que ces quatre nombres manquent également à MM. Brocas (Pierrefitte), Porquet (Poranic) et Tuaillet (Caluire), qui ont pourtant rédigé des programmes très affinés. La réponse finale appartient sans doute à M. Winer (Le Pecq), qui nous a envoyé une note où « à partir d'un ensemble fini quelconque  $P$  de nombres premiers, on énonce une formule générale et des formules particulières générant l'ensemble  $E^*$  de tous les nombres premiers appartenant à un intervalle dépendant de  $P$ , à l'exclusion des éléments de  $P$ , chaque élément de  $E^*$  étant générée une et une seule fois. »

Nous ne pouvons nous étendre sur cette étude, mais nous en retiendrons néanmoins une chose : la méthode proposée par M. Belleval apparaît comme un cas particulier et très limité d'une méthode rigoureuse beaucoup plus générale – un peu comme si on se bornait à l'étude des rectangles, eux-même étant un type spécial de parallélogrammes, lesquels ne sont à leur tour qu'un cas particulier des quadrillères quelconques.

## ■ Titanic : insubmersible mais cassant



**M. A. Albareda, de Saint-Martin-le-Vieux, revient sur le *Titanic* :** « Vous relatez dans le numéro de juin, les circonstances et les causes du naufrage rapide du *Titanic*, une rapidité d'autant plus stupéfiante qu'il était prévu insubmersible. Les tôles du paquebot, réalisées dans un acier à forte teneur en soufre, peu résilient, n'ont pas résisté au choc, somme toute assez peu violent, avec un iceberg. Vous donnez la définition de cette propriété des matériaux, peu connue, et vous expliquez le fonctionnement du mouton-pendule de Charpy, capable de la mesurer. » Si la description que vous faites de l'appareil est juste, je ne puis en dire autant du protocole de mesure, car vous avez tout simplement mélangé le dérou-

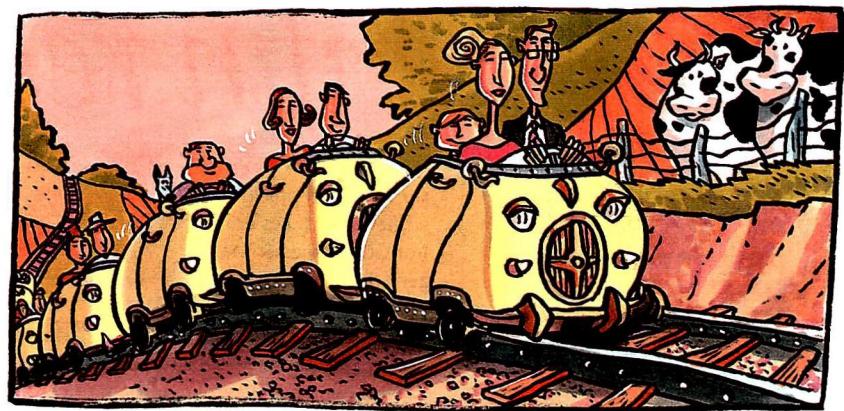
lement de deux essais de résilience différents. (...) Le principe de la mesure de la résilience consiste à casser un échantillon et de mesurer l'énergie absorbée au cours du choc. En général on fournit au départ plus d'énergie que nécessaire, et on mesure l'énergie restante. La différence des deux donnera l'énergie de rupture. C'est ainsi qu'il existe donc des moutons rotatifs, verticaux ou pendule. »

Rassurons notre lecteur, nous connaissons le principe de la mesure avec le mouton de Charpy, que nous avons d'ailleurs décrit dans l'article sur le *Titanic*. Mais, nous ne pouvons, dans un article de ce type, faire un exposé complet du processus utilisé. L'essentiel était de retenir que l'acier du *Titanic* était très cassant.

## ■ Réinventer les autoroutes... pour voitures

**M. A. Mirouze de Vitrolles**, faisant référence à notre article sur le rail du numéro d'avril dernier, affirme que celui-ci, « n'arrivera plus jamais à se présenter comme une solution au transport systématique de marchandises. En effet, la gestion en temps (surtout), et en coût des ruptures de charge consécutives au groupage et à la rigidité de ce moyen de transport le condamnent à bref délai, sauf, à l'instar des péniches, dans quelques cas très particuliers. (...) Il est possible dès aujourd'hui de prévoir des tronçons d'autoroute sur lesquels un équipement spécifique permettrait l'autoguidage des véhicules (et pas seulement des camions), en toute sécurité, autorisant du même coup une densité de véhicules, sur une ligne autoguidée, très supérieure à la norme actuelle. Un ou des câbles récepteurs noyés dans la chaussée ou en bordure de celle-ci, en dialogue permanent avec les véhicules de passage, équipés eux-mêmes d'émetteurs et de capteurs, peuvent décharger le conducteur de son travail, tout en réservant des signaux d'alerte et en gérant la sécurité. Tout ceci a déjà été dit et proposé. »

L'idée, à priori séduisante, d'un système de filoguidage des véhicules circulant sur les axes autoroutiers dans le double objectif de permettre aux conducteurs de se reposer et d'augmen-



ter le débit de ces axes, semble plus compliqué que ne le laisse entendre notre lecteur.

D'une part ce système devrait présenter une fiabilité absolue. Et elle reste à démontrer, car le filoguidage révèle des phénomènes de parasitage fréquents. D'autre part, l'autre écueil réside dans l'obligation d'équiper tous les véhicules de capteurs informatiques

et autres commandes électriques. Mais il ne faut pas oublier les modifications mécaniques incontournables. Pour exemple : si l'on veut que le conducteur soit déchargé de la conduite et qu'ainsi le véhicule soit totalement piloté, encore faudrait-il au moins que tous les véhicules soient équipés de boîte de vitesses automatique. Autre question, les auto-

mobilistes et les routiers sont-ils prêts à payer les surcoûts, forcément importants, liés à ces nouveaux équipements embarqués ? Rien n'est moins sûr. Enfin, notre lecteur l'a noté lui-même, que son système ne réduit en rien les émissions polluantes, ce qui reste, quand même, l'un des objectifs principaux du concept des autoroutes ferroviaires. ■

## 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 "Adamac" :**

**« Le plan dans lequel s'inscrivent les planètes du système solaire est-il dans le même plan que celui de la Galaxie ? »**

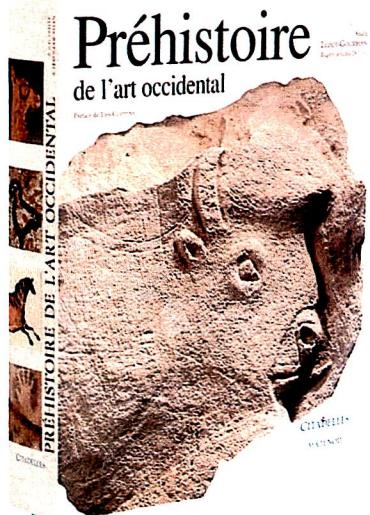
**Il est très facile de vérifier le plan de la Galaxie et celui du système solaire : quand on lève les yeux au ciel, on voit la Voie lactée par la tranche (plus ou moins haut dans le ciel suivant les saisons). Donc, le plan du système solaire est presque perpendiculaire à celui de la Voie lactée (autour de 30°).**

# La "Préhistoire" enfin rééditée

André Leroi-Gourhan,  
Brigitte et Gilles Delluc

## PRÉHISTOIRE DE L'ART OCCIDENTAL

Citadelles & Mazenod, 624 p.,  
1 130 F.



En 1965, André Leroi-Gourhan publie sa *Préhistoire de l'art occidental*. L'ouvrage, qui constitue d'abord une véritable "révolution culturelle" dans l'étude de la préhistoire, va, très vite, en devenir la "bible". A tel point que les théories de Leroi-Gourhan restent, près de dix ans après sa mort, le cadre de référence des préhistoriens français actuels. Sa

réflexion s'inscrivait dans le courant de la pensée structuraliste, qui privilégie, une approche globale insistant sur les relations entre les objets, plutôt que

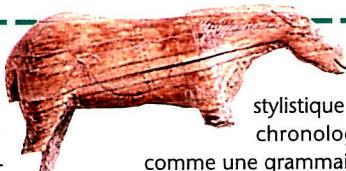
sur les objets pris individuellement. Les éditions Citadelles & Mazenod, qui avaient publié la première édition ainsi que la révision de 1971, ont chargé deux des plus fidèles disciples de Leroi-Gourhan, Brigitte et Gilles Delluc, de concevoir une réédition complète de l'ouvrage, en y intégrant les découvertes les plus récentes.

**Science & Vie** : « Pourquoi rééditer ce livre ? »

**Brigitte Delluc** : « L'ouvrage conserve son intérêt de par l'originalité de la démarche de Leroi-Gourhan, de par la pertinence de ses réflexions et de par le fait qu'il est à l'origine de toutes les études actuelles, qu'elles se situent dans la lignée de sa pensée ou qu'elles s'y opposent. Bien sûr, beaucoup de choses ont changé, tout simplement parce que la masse des documents a doublé. Il est évident que la réflexion a évolué, mais dans le cadre qu'il avait fixé. En outre, cette vue d'ensemble offerte par Leroi-Gourhan est la dernière sur laquelle on puisse s'appuyer. »

**S & V** : « A la lumière des récentes découvertes, certains ont contesté les théories de Leroi-Gourhan. Qu'en pensez-vous ? »

**B. D.** : « La réflexion de Leroi-Gourhan a porté sur deux domaines précis : l'évolution des styles et les thèmes. Les styles, c'était un moyen d'ordonner un matériel pour lequel on n'avait pas de repères chronologiques. L'accumulation de sites datés a conduit à modifier certaines visions et, peut-être, à ne plus consi-



dérer cette analyse stylistique comme une chronologie mais

comme une grammaire d'analyse des formes. Celle-ci est toujours valable, seule son adéquation avec la chronologie présente quelques imperfections.

L'autre point, c'est l'organisation en thèmes, c'est-à-dire le principe selon lequel l'association de certaines espèces (cheval-bison, par exemple) apparaissait comme le pivot des panneaux. Cela a été contesté, notamment lorsque l'on a vu apparaître en abondance, par exemple dans la grotte Chauvet, des espèces rares ailleurs, comme les félin, les rhinocéros, etc. En fait, l'analyse statistique de toutes les grottes a confirmé les résultats de Leroi-Gourhan. D'ailleurs, même dans la grotte Chauvet, on est fasciné par le fait que le pivot du premier panneau, ce sont les chevaux associés aux aurochs, les rhinocéros ne sont qu'un élément complémentaire. Dans le dernier grand panneau, c'est encore un cheval qui est au centre, avec, à côté, des bisons.

On sera peut-être amené à considérer d'autres thèmes que Leroi-Gourhan n'avait pas repérés, mais le groupe central reste toujours le couple cheval-bison. C'est cette organisation, définie par Leroi-Gourhan, qui sert toujours de référence à de nombreux chercheurs. »

*Propos recueillis par  
Thierry Pilorge*



Brigitte Delluc

## ■ Physiologie et sociétés humaines

André Giordan

### COMME UN POISSON ROUGE DANS L'HOMME

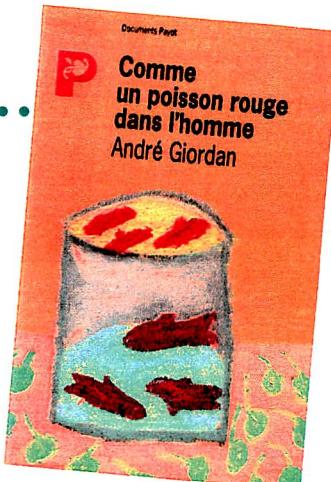
Payot, 416 p., 149 F.

Le titre, tarabiscoté, ne veut pas dire grand chose. Quant au dessin de couverture, qui représente des poissons rouges dans un aquarium, il sème plutôt la confusion. Car, disons-le tout de suite, il ne s'agit pas d'un livre d'ichtyologie, mais d'un précis de physiologie vulgarisée, comme il en existe des centaines sur le marché pour d'autres matières.

Après avoir démarqué sur le thème de la régulation de l'eau chez le poisson rouge, l'auteur embraie très rapidement sur le même sujet chez l'homme, en usant d'images et de formules accrocheuses. Cependant, comme la physiologie est une discipline aride, l'auteur est bien obligé, pour être exact, d'user de schémas précis et de descriptions rigoureuses, sans doute tirés du cours qu'il dispense à l'université de Genève.

On connaît ce genre de livres qui prétendent enseigner tout en amusant. Nous nous en méfions, car si l'on n'en retient que le côté humoristique, on n'apprend rien. En revanche, si l'on cherche à y apprendre, on n'a que faire des formules drôles. Ceux qui ne connaissent rien à la physiologie pourront tout de même en tirer quelque profit...

A notre avis, la partie la plus intéressante de l'ouvrage se situe à la fin, là où l'auteur aborde ce qu'il appelle la physionique, une nouvelle discipline qui consiste à faire un parallèle entre les régulations du corps humain et celles des sociétés humaines. Rien à voir cependant avec la sociobiologie, du fait que, selon Gior-



Donc pas question de copier le vivant à la lettre. En revanche, on peut tirer de celui-ci des idées pour penser les sociétés actuelles et futures. Nous vous laissons le soin de les découvrir.

Pierre Rossion

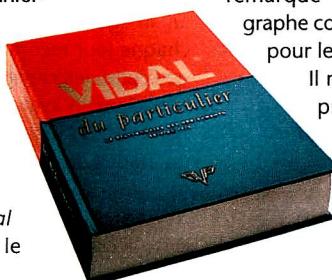
## ■ Un dictionnaire très particulier

### VIDAL DU PARTICULARIER Le dictionnaire des médicaments

Edition OVP, distribution Editions du Seuil, 1 200 p., 245 F.

« Le public est commode. Vous n'avez pas à répondre de vos actions à personne et, pourvu que l'on suive le courant des règles de l'art, on ne se met point en peine de tout ce qui peut arriver. » Molière était-il visionnaire lorsqu'il créa *Le Malade Imaginaire*? Hélas, pour certains, le public n'est pas aussi commode aujourd'hui, il réclame une connaissance toujours plus large et plus éclairée. « Faut-il que le patient accède lui aussi à un certain degré d'information? C'est

le cœur du débat», ainsi proclame le professeur Jean-Pierre Bader dans la préface du *Vidal du particulier*, le



## ... Livres ...

dan, les comportements sociaux ne peuvent s'expliquer par des déterminismes biologiques.

nouveau dictionnaire des médicaments pour le grand public. Cet ouvrage est l'héritier du célèbre *Vidal professionnel* qui est adressé chaque année à quelque 100 000 médecins.

Ouvrons ce dictionnaire pour particuliers, dont l'éditeur déclare qu'il doit « prolonger le message du médecin et le conseil du pharmacien, favorisant ainsi la meilleure observance et facilitant le dialogue entre patients et praticiens. » La présentation est claire, agréable, les termes complexes sont définis en fin d'ouvrage, et les médicaments vendus exclusivement sur ordonnance sont indiqués par un caducée rouge. On y trouve même quelques conseils avisés. Bravo, pas de faute de goût.

Observons de plus près. La Jouvence chère au curé de nos grands-mères et les granules numérotés s'étaisent dans une prose plus longue que celle de l'ouvrage de référence : pas de doute, le placebo a besoin de place pour convaincre. Plus loin, une boisson pour le foie renvoie amateurs et professionnels dos à dos. Quand un ouvrage écrit : « Principalement utilisé dans... », ce médicament n'a pas fait la preuve de son action dans les indications proposées. On comprend pourquoi deux tiers des personnes interrogées, lors d'une récente enquête de l'IFOP, ont des doutes sur l'efficacité des médicaments.

Rassurons-les, les produits actifs ne manquent pas. Quelques antibiotiques, dont la description est simple et complète, côtoient un anti-ulcérage dont la lecture invite à consulter son médecin pour conseils alimentaires indispensables. Tout cela donne confiance surtout lorsqu'on remarque la «sobriété» du paragraphe concernant un médicament pour le sevrage des alcooliques.

Il nous faut tester quelques produits plus... délicats.

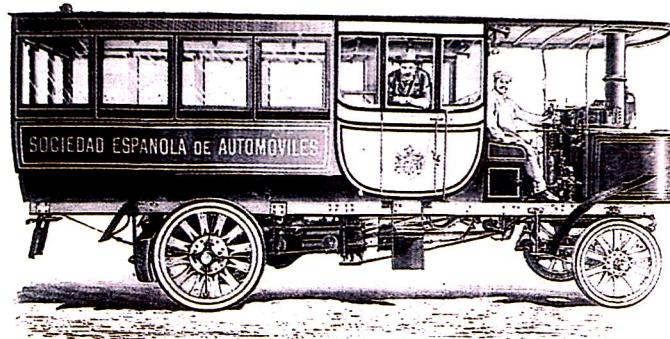
Une amphétamine coupe-faim dévoile ses risques et ses secrets. On aurait parfois envie de rayer de rouge ou

de mettre en garde, mais il paraît que le public est adulte. Respectons-le et parlons de médicaments psychotropes, à savoir un antidépresseur hypercélèbre et un neuroleptique inconnu.

La description du premier ne parle pas des risques pour certains suicidaires à le prendre sans anxiolytiques en début de traitement. On ménage la sensibilité du futur patient. Dans le même ordre d'idées, le neuroleptique, prescrit dans les psychoses graves, voit son indication ramenée à des « troubles nerveux accompagnés de troubles d'humeur ». Le lecteur ne doit donc pas tout savoir : une hormone utilisée dans « certains cas de développement anormal de la prostate » est en réalité un anticancéreux par blocage d'hormones androgènes. A ce propos, le médicament de choix des cancers de prostate métastasés est absent du *Vidal du particulier*, bien que régulièrement prescrit par les médecins généralistes.

Si l'on peut féliciter les auteurs pour une rédaction détaillée et compréhensible, interrogeons-nous sur la nécessité d'informer le patient, et sur le degré de connaissance que cet ouvrage lui propose. Faut-il en dire beaucoup (voire trop) sur les placebos jamais annoncés comme tels, et oublier des informations essentielles sur des médicaments actifs, risquant de révéler brutalement une vérité altérée par un manque de dialogue avec le médecin traitant ? Il semble que les auteurs ont choisi la prudence. Qui s'en plaindra : les patients-lecteurs ou les médecins-prescripteurs ?

Dr Didier Nakache



## ■ Entre le cheval et le diesel

*Lucien Chanuc*

### **CES ÉTONNANTS VÉHICULES À VAPEUR**

Editions de l'Ormet, 128 p., 240 F.

Les camions à vapeur, ces dinosaures du transport routier, ont régné près de soixante-dix ans, assurant la transition en douceur entre le cheval et le diesel. Le premier véhicule automobile à vapeur, le fardier de Cugnot, date de 1769, mais les vrais débuts de la vapeur dans le transport se situent autour de 1850. C'est alors que deux voies se dessinent : les voyageurs iront sur rail, les marchandises sur route.

Et cela nous valut des tracteurs à vapeur, et quantité de simples camions qui sillonnèrent les routes jusqu'en 1920, et qu'on ressortira pendant la Deuxième Guerre mondiale. Bien sûr il y avait aussi quelques voitures, beaucoup de rouleaux compresseurs et même des autobus vers 1900.

C'est toute l'histoire de ces véhicules à vapeur qui est retracée avec des chapitres courts bien documentés et surtout une quantité impressionnante de photos d'époque qui égayent ce que le sujet aurait de trop technique. On suit avec plaisir le premier raid de la vapeur routière (Paris-Nantes en huit jours avec un tracteur tirant trois chariots) ou le record du monde de vitesse automobile conquis par Serpollet en 1902 avec 123 km/h. *Renaud de La Taille*

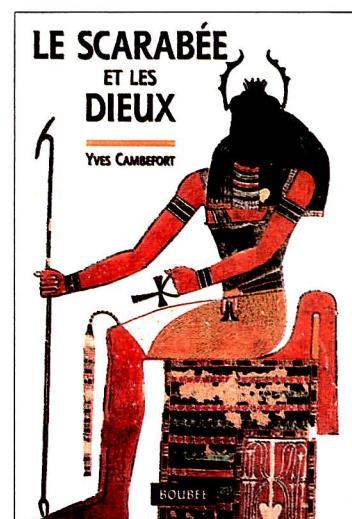
## ■ La nostalgie d'un "ailleurs" paradisiaque

*Yves Cambefort*

### **LE SCARABÉE ET LES DIEUX**

Editions Boubée, 224 p., 240 F.

Qui n'a pas entendu parler du scarabée sacré des Egyptiens de l'Antiquité, qui roule sa boule de bouse devant lui, image du Soleil dans son périple chaque jour recommencé ? Qui sait que cette déification du scarabée, les Egyptiens l'avaient héritée des hommes de la fin du Magdalénien, il y a 10 000 ans ? Yves Cambefort, entomologiste au Muséum national d'histoire naturelle, délaisse, dans ce livre, la classification de ses chers co-



léoptères et l'étude de leur comportement pour un voyage dans le temps et les civilisations. Partant d'Egypte, il nous fait découvrir le scarabée "au-

**36 15**  
**SCV**

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

guste et maudit" chez les Pygmées, les Germains, les Celtes et les Grecs, dans l'Ancien ou le Nouveau Testament. On découvre le scarabée présent dans l'alimentation et la médecine de nombreux peuples. On le retrouve chez les alchimistes, chez certains artistes (Jérôme Bosch) ou écrivains (Poe, Kafka...). D'après Cambefort, « sa fascination tient dans le souvenir archimillénaire que nous avons toujours, et auquel il est lié, d'un "ailleurs" paradisiaque dont nous gardons une irrémédiable nostalgie ».

T. P.

## ■ Pour voyager avec un minimum de confort

*Dr Gérard Pacaud,*

*Alain Gaillard*

### GUIDE-SANTÉ DU VOYAGEUR

Marabout, 463 p., 48 F.

*Dr Patrice Bourée,*

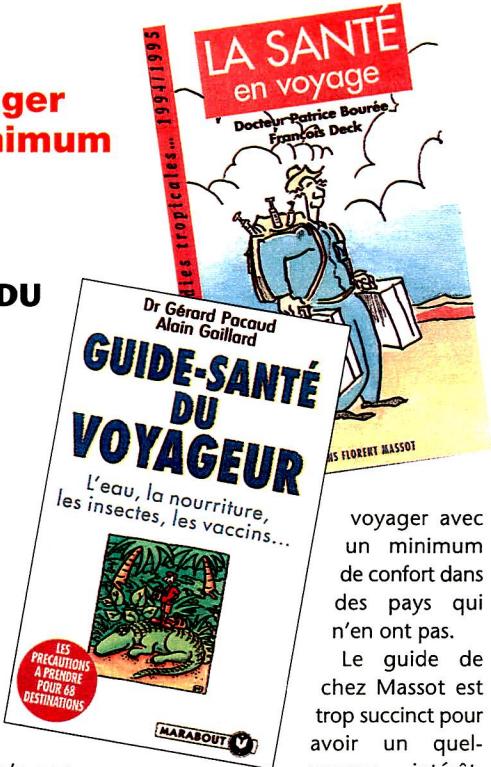
*François Deck*

### LA SANTÉ EN VOYAGE

Florent Massot, 111 p.,

69 F.

**A** choisir entre ces deux guides, celui de chez Marabout est de loin le plus complet, le plus sérieux et le plus pratique. Avec lui on n'a pas l'impression de voyager idiot. Dès les premières pages on nous apprend à distinguer entre un vaccin et un sérum, à reconnaître une endémie, d'une pandémie. Puis on passe aux choses pratiques : les vaccinations obligatoires pour chaque pays visité, avec l'adresse des centres de vaccination en France et dans les départements et territoires d'outre-mer. On y trouve également une foule de renseignements sur les maladies à risques, les médicaments photosensibilisants (ils rendent la peau plus vulnérable aux agressions du soleil) et tout un tas de conseils utiles pour



voyer avec un minimum de confort dans des pays qui n'en ont pas.

Le guide de chez Massot est trop succinct pour avoir un quelconque intérêt. Pour les Açores on

nous dit seulement qu'il faut faire attention à l'hygiène alimentaire ; pour la Belgique, qu'on y trouve la pathologie habituelle des pays européens. Autant ne rien dire. Quant aux tableaux du chapitre "Symptômes et diagnostics", ils sont incompréhensibles. Dans l'index, on trouve cependant une description de toutes les maladies que l'on peut rencontrer en voyage. Cela peut éviter d'emporter un dictionnaire médical avec soi. Enfin, le livre n'est pas donné. De loin le prix surpasse la qualité.

Pierre Rossion



siciens spécialisés dans ce domaine, décortiquent avec recul la profusion d'expériences aux conclusions peu claires, les déductions hasardeuses, la concurrence de différentes écoles de pensées, l'influence des idées reçues, les résultats obtenus simultanément par des voies opposées, bref tout ce qui participe à la lente compréhension des secrets de la matière, mais qu'on ne peut analyser lucidement que de loin, après coup.

Le récit insère étroitement la physique dans son époque, fait apparaître ses liens constants avec l'industrie, la société, la politique (dans les années 50, par exemple, l'influence de la guerre froide, la domination économique des Etats-Unis, l'emprisonnement au Goulag, révélé récemment, des plus grands théoriciens russes). Dans un style alerte et agréable, ce livre rondement mené, intelligent, très documenté et plein

## ■ Un polar scientifique

*Jean Matricon et Georges Waysand*

### LA GUERRE DU FROID Une histoire de la supraconductivité

Seuil/ collection "Science ouverte", 388 p., 160 F.

**L**'aventure scientifique peut quelquefois se raconter comme une belle histoire compliquée, ou comme un roman policier : découverte d'un cadavre – pardon, d'un nouveau phénomène –, doutes, inspirations, pétinement de l'enquête, brusques progrès, poursuite incessante de la vérité. *La guerre du froid* possède une intrigue un peu plus ardue que celle du polar moyen, car la supraconductivité, dont ce livre retrace l'histoire (propriété qu'ont certains corps, à très basses températures, de conduire l'électricité sans résistance) met en jeu à la fois les techniques du froid, la physique des matériaux et la physique quantique.

La démarche tâtonnante de la recherche est suivie, dans tous ses méandres, de la naissance de la supraconductivité en 1911 jusqu'à la très médiatisée découverte des supraconducteurs à haute température en 1986, et au-delà. Les auteurs, phy-

d'anecdotes, s'adresse à « un lecteur aussi curieux du mouvement des idées que de celui des particules de la matière ». Et ayant quelques connaissances en physique.

Hélène Guillemot

## ■ Civilisations secrètes

Danièle Lavallée

**PROMESSE D'AMÉRIQUE**

**La préhistoire de l'Amérique du Sud**

Hachette, collection «La Mémoire du Temps», 180 F.

C'est l'histoire d'une fabuleuse conquête. Non pas celle des Amériques par Christophe Colomb et ses successeurs, mais celle d'un immense territoire par les hommes de la préhistoire qui, passant par le détroit de Behring (ou par la côte ?) reliant l'Asie à l'Amérique, s'installèrent progressivement jusqu'en Terre de Feu, l'extrême sud du continent.

D'où venaient ces préhistoriques ? Quand sont-ils arrivés ? Comment ont-ils subsisté ? Autant de questions

qui déchaînent les passions et divisent les chercheurs. Au-delà de ces querelles, et avec une subjectivité revendiquée, Dominique Lavallée démêle les enchevêtrements d'idées pour

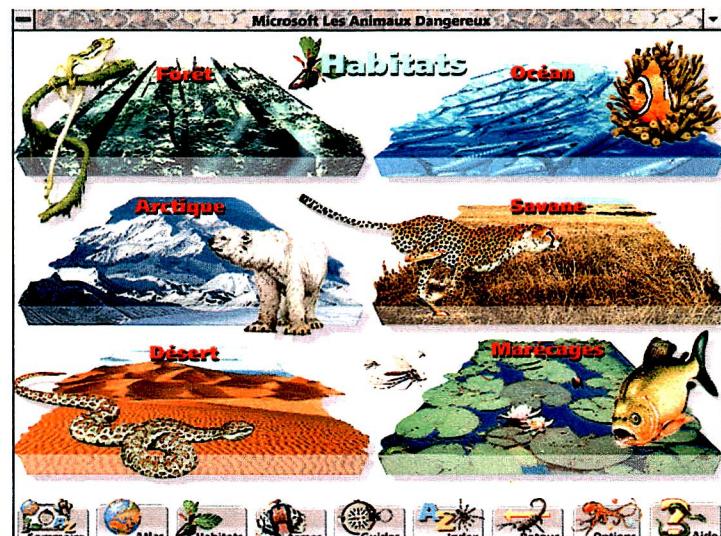
ne retenir que les vestiges fiables et les analyses rigoureuses. On se prend au jeu, car c'est un plaisir de suivre avec elle les raisonnements et de comprendre comment se construi-

sent les hypothèses des scientifiques. Spécialiste de l'Amérique du Sud, elle révèle les aspects nouveaux, étonnans et méconnus des riches cultures qui s'y sont succédées : la préparation très complexe et unique au monde des momies (antérieures de plus de 2 000 ans aux momies égyptiennes), l'organisation des nomades côtiers vivant sur les amas de coquilles des mollusques dont ils se

nourrissent, l'importance des ressources marines et notamment de l'anchois, les systèmes d'irrigation et les aménagements de terrasses en altitude, l'apparition des piment et haricot, les premières plantes cultivées, et enfin l'éclosion des grandes civilisations du maïs vers 3500 avant J.-C., suivie de l'édification des grands centres culturels et des pyramides.

Catherine Chauveau

## .....CD-Rom .....



## ■ Voyage en cyberécologie

### LES ANIMAUX DANGEREUX

Microsoft-Home éditeur, 340 F.

Ce CD-Rom vous propose de réaliser un fantastique voyage tout autour du globe et, durant celui-ci, de rencontrer plus de 250 animaux parmi les plus redoutés de la planète. Diverses possibilités vous sont proposées. Si vous cliquez sur un planisphère, il est possible d'atteindre le point du globe qui excite votre curiosité. Autre solution : sélectionner

les animaux à partir de leur habitat ou de leurs moyens de défense. Plus classique, un index permet de sélectionner l'animal souhaité.

De superbes photos et des séquences vidéo illustrent ce "voyage" largement commenté. Si vous hésitez encore à vous lancer dans le "cybertourisme", un petit dessin animé accessible depuis le menu Aide vous présentera, de manière humoristique, les diverses possibilités de ce CD-Rom.

Henri-Pierre Penel

► Configuration requise : PC multimédia ou compatible doté d'un microprocesseur 386 SX, 4 Mo de RAM, MS DOS 3.1 et Windows 3.1.

# .....Vidéo.....

## ■ EDF, juge et partie

### LE NUCLÉAIRE La fabuleuse aventure

Alpa international, collection "Hi-tech Challenges", 27 min, 123 F.

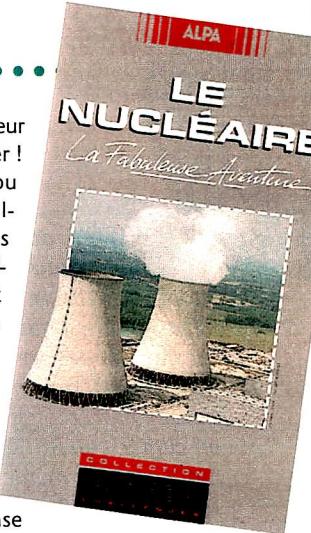
Cette vidéo a la prétention d'informer le grand public sur les technologies développées dans le programme nucléaire français. Il s'agit, en fait, d'un film de propagande pronucléaire – ou si l'on veut être plus aimable, d'un mauvais film d'entreprise sur l'énergie nucléaire française. Il suffit de retourner la jaquette pour comprendre d'où vient l'information : les images et documents proviennent d'EDF. Les auteurs ne s'en cachent

pas, puisqu'ils adressent leurs remerciements à la direction de la communication d'Electricité de France. Comment s'attendre alors à une analyse objective du problème du nucléaire ? Ce film, découpé en chapitres qui se veulent pédagogiques (nucléaire et environnement, nucléaire et distribution...), est agrémenté d'un scénario digne des plus mauvais spots publicitaires d'EDF : on y apprend que les centrales nucléaires sont de « grosses bouilloires », les lignes à haute tension des « traits d'union entre les centrales nucléaires » ou, tant qu'on y est, « des autoroutes de l'énergie » ou, enfin, que la recherche fondamentale « permettra peut-être un jour de faire disparaître définitivement les déchets nucléaires ». Bref, l'énergie nucléaire est « une victoire quotidienne sur l'impossible ». N'en jeter plus, mon

transformateur va chauffer ! On aurait pu être indulgent si les auteurs n'affirmaient pas dans le texte d'accordement qu'on peut y trouver « les réponses

aux questions que chacun est en droit de se poser ». Nous nous posons donc une question : n'est-il pas possible à EDF de parler du nucléaire sans éviter le problème fondamental de la rentabilité du kilowatt-heure d'origine nucléaire ?

Didier Dubrana



## SCIENCE & VIE

Publié par Excelsior Publications SA  
Capital social : 11 100 000 F  
durée : 99 ans.  
1 rue du Colonel-Pierre-Avia,  
75503 Paris Cedex 15.  
Tél. : 1 46 48 48 48. Fax. : 1 46 48 48 67.  
Adresse télégraphique : Sienvie Paris.  
Principaux associés :  
Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

### DIRECTION, ADMINISTRATION

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

Rédacteur en chef : Jean-René Germain,  
assisté de Marie-Anne Guffroy (documentation)  
et Elisabeth Latsague (secrétariat).  
Rédacteurs en chef-adjoints : Jean-François  
Robredo, Didier Dubrana, Gérard Morice,  
assisté de Monique Vogt. Secrétaire  
général de la rédaction : Norbert Régina.  
Secrétaires de rédaction : Françoise Sergent,  
Nadine Raguet, Agnès Marillier, Jean-Luc  
Glock. Rédacteurs : Renaud de La Taille,  
Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet,

Henri-Pierre Penel, Isabelle Bourdial, Thierry Pilorge, Alexandre Dorozynski, Philippe Chambon. Conception graphique et direction artistique : Gilles Moine. Maquette : Lionel Crooson, Elisabeth de Garrigues. Service photo : Anne Levy. Correspondante à New York : Sheila Kraft, PO Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA, 18428 Etats-Unis.  
ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Michel Brassinne, Serge Brosselin, Germain Chambost, Yves Delaye, François Jeanne, Laurence Nahon, Hélène Guillemot, Roman Ikonicoff, Eric Kalis, Laurent d'Etouble, Marielle Véteau, Hélène Wolcke.

### RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, Guylaine Brehin.

### PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 1 41 34 82 08. Directeur commercial : Gilles de Bédelièvre. Directrice de la publicité : Véronique Moulin. Directrice de clientèle : Isabelle Sommet. Chef de marques : Jérôme Garrido.

### À NOS LECTEURS

Renseignements : Monique Vogt, tél. : 1 46 48 48 66. Commande d'anciens numéros et de reliures : Chantal Poirier, tél. : 1 46 48 47 18.

### SERVICES COMMERCIAUX

Chef de produit marketing : Capucine Jahan. Chef de produit ventes : Marie Cribier. Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 1070 Bruxelles. Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Sarradeil.

### ABONNEMENTS

Relations clientèles abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 46 48 47 08 (à partir de 9 h). Tarifs : un an, 12 numéros, 253 F ; un an, 12 numéros + 4 hors-série, 328 F ; un an, 12 numéros + 6 cahiers, 413 F ; un an, 12 numéros + 4 hors-série + 6 cahiers, 488 F. Au Canada : Periodica Inc. – C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale 1211, Genève 1, Suisse. Autres pays : nous consulter.

### À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,80 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec *Science & Vie* sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

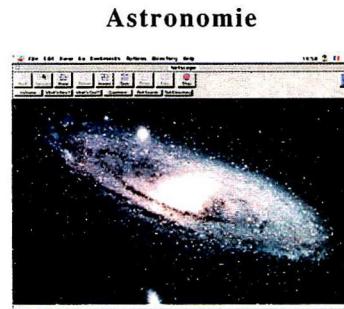
Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous.

Copyright 1989 *Science & Vie*.

# Internet : les bonnes adresses

“WWW”, ou encore “le Web” pour les habitués, est un sous-ensemble du réseau Internet qui rassemble des milliers de services. Qui plus est, sur une “page”, chaque mot souligné sur lequel on clique, conduit soit vers une autre page du même service, soit vers un autre service, parfois distant d'un demi-globe terrestre ! Pour devenir un explorateur accompli de ce réseau (un “netsurfer”) il faut des outils de navigation, c'est-à-dire des logiciels qui permettent d'y circuler facilement. Ils ont pour nom PC Web, Mac Web, Fetch, Eudora, Archie, et surtout Netscape, le plus convivial d'entre eux. Ce “browser” (“butineur” d'Internet !), comme les autres, permet de taper directement des adresses informatiques. Ces adresses commencent toutes par le barbare “http://” suivi d'indications de sous-rubriques, etc. Derniers conseils : jamais d'accent et supprimer la fonction “autoload” qui charge les images de toutes les pages, ce qui allonge le temps de connexion. Attention ! La moindre erreur dans l'adresse “http” et l'outil de navigation déclarera ne rien trouver. Notre but est ici de vous indiquer régulièrement les bonnes adresses. A la fois les grandes portes d'accès des services les plus intéressants, mais aussi des adresses “profondes”, enfouies à l'intérieur de ces services.

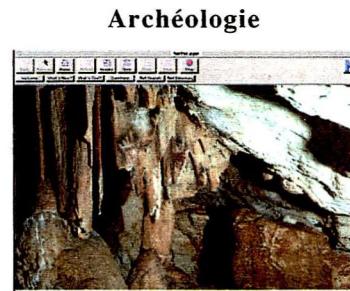


## Astronomie

Les photos de la célèbre galaxie Andromède sont répertoriées dans le catalogue Messier d'Internet à l'adresse suivante :

(<http://seds.lpl.arizona.edu/messier/m/m031.html>).).

Andromède est aussi répertoriée sous le code M31 dans ce catalogue. En substituant, dans l'adresse “http”, à la valeur 31 une autre valeur numérique de votre choix, vous obtiendrez des photos d'une autre galaxie et ses caractéristiques connues. Si le nombre désignant la galaxie est inférieur à 100, il suffit de conserver le 0 devant les deux autres chiffres. La galaxie M51 est accessible par la fin d'adresse [/m051.html](http://seds.lpl.arizona.edu/messier/m/m051.html) et ainsi de suite. Quelques exemples : M1, la nébuleuse du Crabe ; M42, Orion ; M45, Les Pléiades ; M104, la galaxie du Sombrero, etc.



## Archéologie

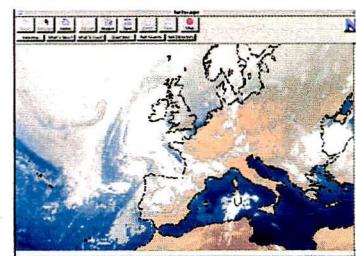
Les clés d'accès sont moins nombreuses qu'en astronomie. D'abord, le Centre national de la préhistoire, (<http://www.culture.fr>), est la

meilleure entrée. Néanmoins, nous avons sélectionné pour vous les accès à la grotte de la Combe-d'Arc, récemment découverte : (<http://www.culture.fr/culture/gvpda.htm>) ; ou, pour la grotte Cosquer : (<http://www.culture.fr/culture/imatges/archeos/img0013>). Superbe !

Météorologie

Météo France est le service de base de votre documentation directe concernant la météo. Les satellites vous donnent des images vraiment étonnantes de l'Europe. Clé d'accès : (<http://www.meteo.fr>).

Pour avoir la photo satellite de l'Europe prise à 6 h 00 ou à 12 h 00 GMT :



(<http://www.meteo.fr/tpsreel.html>).

L'image la plus récente est accessible sur le code “profond” suivant :

(<http://www.meteo.fr/tpsreel/images/satt0.gif>).

(lire /satt “zéro” “point” gif)

Plus raffinée encore est la prévision. Une image de synthèse indique le temps à venir dans les vingt-quatre heures :

(<http://www.meteo.fr/tpsreel/images/iisp.gif>).

## Technologies, mers et forêts...

Citons brièvement les codes des Arts et Métiers : (<http://www.cnam.fr/>) ; de l'Office de la recherche scienti-

### CD-ROM, ATTENTION !

**E**nthousiaste, vous glissez votre nouveau CD-Rom dans le PC et, dans le feu de l'action, vous cliquez systématiquement sur "OK" au fur et à mesure des messages écran qui apparaissent durant sa phase d'installation. Cette opération n'ayant pas posé de problème particulier, vous vous jetez dans l'exploration du CD-Rom qui, d'ailleurs, répond à vos attentes. Néanmoins, le mal est fait, mais ce n'est que lorsque vous tenterez d'utiliser un autre CD-Rom ou un logiciel que vous en prendrez conscience. Il est fréquent que chaque CD-Rom "reconfigure" l'ordinateur afin d'exploiter au mieux ses possibilités. Cependant, chaque constructeur a ses préférences de configuration. Il n'est pas rare que, à l'issue d'une telle opération, l'heureux possesseur du dernier PC multimédia se retrouve devant une machine sans son ni vidéo haute résolution, parfois même totalement incapable de redémarrer correctement.

Pour éviter ce genre de mésaventure, un petit conseil : avant d'installer

un CD-Rom, faites une copie sur disquette de la configuration de départ de votre machine. Pour cela, en ce qui concerne le DOS, copier les fichiers "CONFIG.SYS" et "AUTOEXEC.BAT". De même, pour Windows, sauvegarder tous les fichiers marqués ".INI".

Pour cela, il faut quitter Windows, ou ne pas y entrer et, lorsque "C:\>" apparaît, et après avoir glissé une disquette dans le lecteur, taper :

**"XCOPY CONFIG.SYS, A:"** ;  
puis :

**"XCOPY AUTOEXEC.BAT, A:"** ;  
ensuite, ouvrir le répertoire *Windows* et taper :

**"CD WINDOWS".**

"C:\WINDOWS>" apparaît alors. Pour sauvegarder les fichiers ".INI" en bloc taper :

**"XCOPY \*.INI, A:"**.

Conservez précieusement la disquette de secours ainsi créée. En cas de catastrophe, il suffira de recopier son contenu en lieu et place des fichiers modifiés pour retrouver la configuration d'origine de la machine.

fique et technique d'outre-mer (ORSTOM) :  
(<http://www.orstom.fr/>) ; et, pour les passionnés de la grande bleue, l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) :  
(<http://www.ifremer.fr/>). Enfin, certaines adresses "http" sont des catalogues d'adresses "http" ! "Yahoo" est l'un des plus complets : (<http://www.yahoo.com/>).

### EN SALLE OU EN TERRASSE, LA CONNEXION ?

C'est la nouvelle folie : au même titre que les jeux vidéo, Internet entre dans les cafés. Les "cybercafés" offrent aux consommateurs un baptême Internet. Il en coûte de 25 F à 45 F pour une demi-heure de connexion en moyenne. Pour les novices, il est souvent possible de se faire assister d'un spécialiste en "rafting réseau". Enfin, si l'on ne sait trop vers quel serveur se tourner, les connexions établies par les clients précédents sont mémorisées. Il est donc possible de s'en inspirer.

Pour un premier contact, tout en douceur dans un décor hi-tech, dans un haut lieu de rencontre des "acros" de la télématique, voici quelques adresses :

**Le Web**, 3 rue Jean-Petit, Besançon.  
**La Douche Cyber Café**, 34 cours Saleya, Nice.

**La Friche Belle de Mai**,  
41 rue Jobin, 13003 Marseille.

**Café Orbital**, 4 rue du Quatre-Septembre, 75002 Paris.

**Cyber Café**, Espace UGC, Forum des Halles, 75001 Paris.

**Le Lounge**, St-Johanns-Vorstad 18, Basel (Suisse).

**Wie Katoen**, Kleine Kraaiwijk, Anvers (Belgique).

### INTERNET PAS CHER

**ImagiNet** propose une connexion "full Internet", c'est-à-dire donnant accès à l'ensemble des services, pour un abonnement de 150 F par mois. Sont inclus dans ce forfait cinquante heures de connexion gratuite et la fourniture d'un kit de démarrage comprenant logiciels et documentation complète. Divers choix sont offerts en ce qui concerne les machines. **ImagiNet** est disponible pour Macintosh, PC et machines sous Unix.

### CRÉEZ VOS MONDES VIRTUELS

Entièrement géré en 3D, **Vistapro** permet de créer ses propres paysages soit à partir d'une banque d'images,

soit de toutes pièces. Grâce à l'utilisation massive de fractales, la finesse des images obtenues est remarquable. Enfin, il est possible de programmer un "voyage virtuel" dans le paysage obtenu afin d'observer sa création comme lors d'un survol en hélicoptère.



**Vistapro** est proposé par Visual Media en version PC ou en version Macintosh. Attention, un coprocesseur mathématique est indispensable. ■

FUTURS

# DANS LE MONDE COMMUNICATION, ON NE SE RENCONTRE

Par François  
Jeanne

# DE LA PLUS

■ **Suscités par le progrès technologique, les systèmes d'échanges d'informations se développent à une vitesse exponentielle. Mais sont-ils tous réellement indispensables ? L'excès de « communication » ne va-t-il pas creuser davantage les fossés entre les hommes ?**

**U**n seul numéro d'appel pour être joint où que l'on se trouve. Au bureau, des messageries et plusieurs postes de téléphone pour remplir son temps de travail avec des "séquences de communication" efficaces. Parfois même, des réunions "virtuelles" où

## Des appareils qu'on peut interroger à voix haute

un clone informatique remplace l'utilisateur face à d'autres clones, en réagissant, au cours de la "conversation", selon des règles de comportement programmées.

Chez soi, des terminaux multi-

usages permettant à la fois de téléphoner (en visualisant son correspondant), de consulter des bases de données, d'accéder à des services de type minitel et de regarder l'une des 500 chaînes de télévision auxquelles il est possible de s'abonner. On peut aussi choisir de s'équiper d'appareils plus spécialisés : par exemple, d'un ensemble de téléphones sans fil et de récepteurs de télévision à l'intelligence développée, dont les télécommandes contiennent des logiciels capables de guider dans la jungle des programmes et d'aider à retrouver son émission préférée. Un service que l'on peut aussi obtenir en interrogeant à voix haute ces différents appareils, qui répondent dans la langue désirée – celle de ses invités anglais ou japonais du moment, par exemple. Invraisemblable ? Cette fiction est pourtant pour demain.

Heureux, l'"homme communiquant" ? Quoi qu'il en soit, avec l'accroissement phénoménal de la puissance de traitement des microprocesseurs (plus d'un million d'instructions à la seconde traitées aujourd'hui, contre un millier il y a quinze ans), combinée à celle, quasi équivalen-

te, des débits de transmission (2,5 gigaoctets transportés en une seconde sur les réseaux terrestres en fibre optique, et 400 fois plus dans quinze ans), l'homme communiquant dispose désormais d'un pouvoir d'émission et de réception d'informations, de sons et d'images inimaginable il y a encore dix ans. Avant d'en arriver là, il va falloir nous habituer à utiliser de nouveaux appareils ou, plus exactement, à maîtriser les évolutions de ceux que nous connaissons bien : téléphones sans fil ou mobiles de type GSM, visiophones, télécommandes de nos téléviseurs et appareils hi-fi. Et, bien sûr, les ordinateurs, ou les terminaux de consultation dont le minitel constituait la première génération. Mais la vraie révolution est ailleurs. Les débits obtenus sur les réseaux de télécommunication nous donnent désormais accès à de très grandes masses d'informations. Les données numériques ainsi acheminées permettent de faire fonctionner des programmes informatiques à distance. Mais on peut aussi, et surtout, transférer à grande vitesse du son et de l'image, donc des séquences de télévision, et leur associer des lignes de codes informatiques – pour, par exemple, rendre une émission interactive : au téléspectateur d'activer ces programmes "intelligents" à l'aide de sa télécommande... L'architecture du futur réseau est

## INTERNET, c'est surtout du PORNO

Il faut bien reconnaître que, jusqu'à présent, Internet a surtout favorisé le développement de la pornographie. On estime cette part de son « activité » à 40 %, loin devant les consultations culturelles ou les échanges scientifiques. La gratuité du réseau et l'absence de tout contrôle ont entraîné la prolifération de perversités mises à la disposition de tous.



# PHILIPPE BRETON

## «La mode des autoroutes de l'information masque les vrais problèmes de société»

**Pour Philippe Breton, chercheur au CNRS en anthropologie des techniques, les nouveaux outils de communication ne résoudront pas tous nos problèmes de société. Il est urgent d'apprendre à utiliser ces outils, mais aussi de cesser de fantasmer sur leur impact sociologique.**

**Science & Vie** : «Avec votre livre, *l'Utopie de la communication* (éditions La Découverte), vous avez jeté un certain émoi en rappelant que la société de communication n'est qu'un vieux fantasme réactualisé en cette fin de siècle. Vous êtes technophobe ?»

**Philippe Breton** : «En tant qu'anthropologue des techniques, j'analyse et je critique la relation des hommes avec les outils, pas les outils eux-mêmes. Je ne suis donc pas technophobe, ni technophile, d'ailleurs. «Il se trouve effectivement que le discours d'accompagnement des promoteurs reprend une

bonne partie des discours tenus, entre 1940 et 1950, au moment de la naissance de l'ordinateur et de celle de l'intelligence artificielle. Dans certains livres d'Asimov, par exemple, la société de communication de l'avenir est assez bien décrite. Les autoroutes de l'information constituent donc, dans une certaine mesure, un futur des années cinquante, un "vieux futur" ...»

**S & V** : «L'hélicoptère rêvé par Léonard de Vinci ne s'est, lui aussi, concrétisé que bien plus tard.»

**P. B.** : «Dans le discours des années quarante, il n'y a pas qu'une vision technologique. Il y aussi, et surtout, la prévision d'une évolution de la société et de la politique vers la communication : ces techniques permettront à l'homme de progresser, d'éliminer la guerre, la violence et l'arbitraire dans la gestion des relations humaines.

»On retrouve aujourd'hui ce discours chez des Américains comme le vice-président Al Gore ou chez certains sociaux-démocrates européens. Ce sont des personnes engagées dans le changement, mais qui ne savent plus proposer un changement politique. Alors, ils espèrent que ce changement viendra de réformes techniques, qui résoudront les problèmes de violence ou d'accès au savoir !»

**S & V** : «Vous n'y croyez pas ?»

**P. B.** : «D'abord, les

autoroutes de l'information ne sont qu'à l'état de projet. Bien sûr, on a rebaptisé des infrastructures existantes comme Internet et le minitel. Mais, pour l'essentiel, les solutions ne sont pas prêtes. Il y a un gouffre entre le réalisé, le prévu et le souhaité.

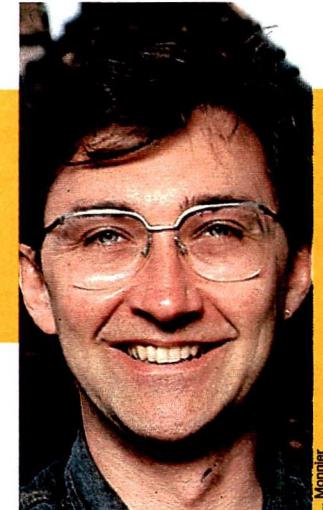
»On affirme aujourd'hui que la combinaison du CD-Rom, des autoroutes de l'information et de l'individualisation de l'enseignement doit résoudre le problème de l'accès au savoir. Quel cahier des charges !

»Il ne faut plus perdre de temps ni fantasmer, comme on l'a fait avec l'informatique ou l'intelligence artificielle, sur ce que ces techniques peuvent apporter aux individus. Il ne faut pas cesser de réfléchir aux problèmes d'enseignement, parce qu'une technologie appelée multimédia a fait son apparition.

»Finalement, il faut lutter contre le discours actuel qui prévoit que tout va changer en profondeur dans notre vie avec ces techniques et qui, en même temps, estime que l'évolution est inéluctable. Du point de vue du démocrate, cette passivité face à des enjeux aussi importants est inacceptable.»

**S & V** : «Et du point de vue du contenu, y a-t-il appauvrissement ou enrichissement des échanges entre individus ?»

**P. B.** : «La vraie nouveauté, sur les



autoroutes de l'information, vient des messageries et de la possibilité d'organiser des forums. Il y en a de plus en plus, sur des sujets très variés. Mais ces autoroutes fixent les gens chez eux. C'est la première fois qu'on dit aux gens : "Ne bougez plus, vous pourrez tout faire de chez vous, acheter, travailler, communiquer." Le prix à payer, c'est l'immobilité physique. La société de communication que l'on nous propose est fortement "communicante", mais faiblement "rencontrante" ...»

»A l'avenir, et après le rééquilibrage qui suivra probablement les premières expériences actuelles, les réseaux constitueront vraisemblablement un formidable outil d'information, mais pas d'argumentation. Quant au savoir, ce n'est pas que de l'information... C'est la pluralité des canaux d'échanges qui fait la richesse humaine. Les autoroutes de l'information doivent trouver leur place dans ce paysage varié. Mais pas prendre toute la place. C'est un moyen formidable, mais ce n'est pas le seul.»

Propos recueillis par François Jeanne

# LE CYBERESPACE AU BOUT DES DOIGTS

Déjà largement opérationnel, le cyberespace va connaître des extensions quasiment infinies. Certaines vont modifier jusqu'à notre comportement.

## 1 Les BBS, ordinateurs «bloc-notes»

Ce sont essentiellement des informaticiens amateurs qui sont à l'origine de ce réseau. Il s'agit de machines type PC qui, équipées d'un Modem utilisent le réseau téléphonique traditionnel pour échanger des données. D'une manière générale il faut faire partie de la «confrérie des initiés» (voir *Science & Vie* N° 893, page 112) pour connaître les numéros d'accès car il s'agit de lignes privées.

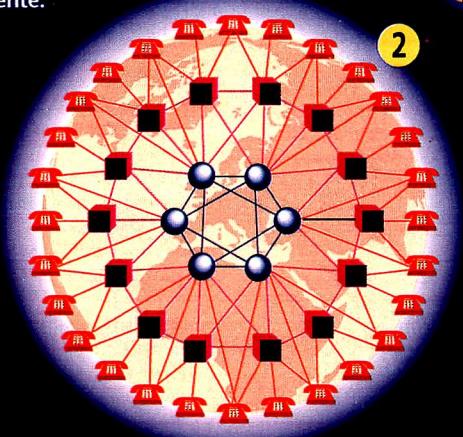
## 2 Le TÉLÉPHONE

Capable d'acheminer aussi bien de la voix que des données, le réseau téléphonique ne peut être oublié dans le Cyberespace. On peut même dire qu'il en est l'ancêtre. C'est en effet le premier réseau à couverture planétaire constitué par l'interconnexion d'une multitude de réseaux locaux... Internet n'a rien inventé.



## 3 Le TÉLÉ-ACHAT et les téléservices

Le Cyberespace possède aussi son supermarché. C'est le royaume de la carte de crédit et tout s'articule autour de ce moyen de paiement contrairement à Internet où tout est gratuit. Cependant ce point n'est pas que négatif. Des services commerciaux réellement intéressants devraient se mettre en place. Un «outil» dont le minitel fut le précurseur.



## 8 Le «perron» du

Actuellement il faut encore un micro-ordinateur équipé des logiciels adéquats, un modem et un téléphone pour partir à la conquête du Cyberespace.



## 5 Les SATELLITES, câbles et télédiffusion directe

Grâce à l'énorme capacité de diffusion que va offrir demain la vidéo numérique, ils pourront offrir de la véritable télévision interactive. Par exemple un même film diffusé simultanément sur plusieurs canaux, mais avec un léger décalage, permettra au téléspectateur de le visionner exactement comme s'il s'agissait d'un cassette vidéo en pratiquant, par exemple, des accélérés avant ou arrière.

## 6 Les futurs RÉSEAUX

La fibre optique devrait y tenir une place de choix. En raison de son énorme capacité de transmission, elle sera capable d'acheminer vers chaque foyer un flot d'informations tel que chacun devrait y trouver son bonheur.

De plus elle assure bien le retour de l'information. Il devient possible à un utilisateur de renvoyer ses désirs vers un centre serveur ou vidéo-distributeur. C'est donc la porte ouverte à la vraie télévision à la demande mais également à des jeux vidéos d'un nouveau type où le partenaire pourrait habiter un autre quartier, un autre ville, voire à l'autre bout de la planète.

## 7 Le téléphone CELLULAIRE

Dernier né de ces réseaux, celui du téléphone cellulaire (type GSM) libère le multimédia de son «fil à la patte». Aujourd'hui essentiellement consacré à l'acheminement des conversations, il commence à assurer des liaisons «non vocales». Fax, ordinateurs et outils multi-médias «bavarderont» également sur ce réseau.

## 4 L'EMPIRE Internet

Son point fort est son extrême convivialité en ce qui concerne les accès aux quelque 46 000 réseaux locaux donnant accès aux bases de données les plus spécialisées du globe. Nul besoin d'être informaticien pour y accéder. Une fois l'information sélectionnée sur l'écran, ce réseau se «débrouille» pour glaner les données s'y rapportant sans que l'utilisateur se rende compte de l'incroyable trajet qu'elles effectuent pour lui parvenir.

8

## Cyberespace

Demain le téléviseur familial regroupera ces fonctions et un fax permettra de conserver des traces écrites de chaque exploration.

## DOMINIQUE WOLTON

«Ce n'est pas parce qu'on peut communiquer qu'on sait le faire»

**Pour Dominique Wolton, directeur de recherche au CNRS, il faudra du temps pour que l'homme établisse de nouvelles règles de communication et organise ses nouveaux systèmes de références.**

**Science & Vie :**  
«L'avènement des nouveaux outils et techniques de communication ne menace-t-il pas d'explosion notre société et ses anciennes règles de fonctionnement ?»

**Dominique Wolton :**  
«Plus les échanges se simplifient, plus les enjeux socio-culturels liés à la communication apparaissent, et, avec eux, des difficultés mal prises en compte jusque-là. Ce n'est pas parce que l'on peut communiquer que l'on sait le faire. La communication humaine est une activité complexe que des solutions technologiques à l'acheminement des messages ne sauraient résoudre seules. Il faut retenir cette leçon. D'autant que les trois systèmes de communication principaux de l'individu sont concernés par ces nouveaux outils : le travail,

les loisirs et l'éducation. Nous allons connaître des déboires.

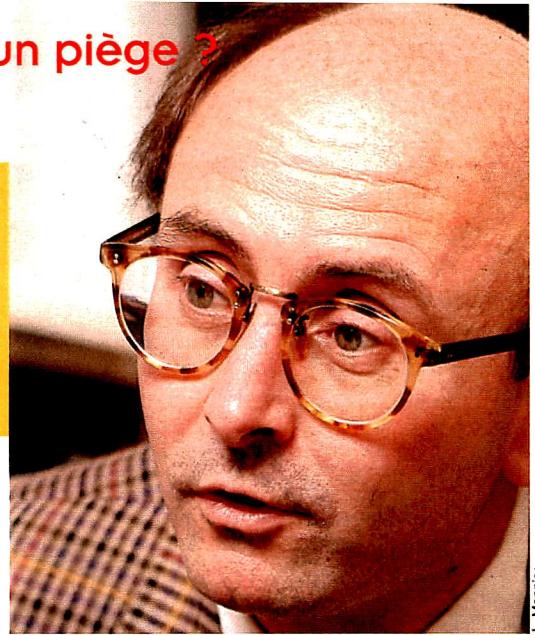
»Les prophètes de la fameuse société de communication font une seconde erreur, en sous-entendant que l'individu souhaite tout autant s'exprimer, d'une part, qu'écouter, d'autre part. Or, les trois quarts du temps, c'est son discours qui le passionne, pas celui de l'autre. L'interaction, il s'en moque. Les fameux réseaux de communication reposent donc, pour l'instant, sur un leurre. Tout le monde y parle, personne n'écoute.»

**S & V :** «Comment améliorer la qualité des échanges ?»

**D. W. :** «Il faut d'abord se poser de nouvelles questions. Par exemple : dans quelles conditions ai-je le droit de m'exprimer, et non pas le pouvoir ou les moyens ? Pour dire quoi ? Dans quelles conditions d'écoute du retour de l'autre ? L'établissement de ces nouvelles règles va demander du temps.»

**S & V :** «On parle plutôt de déréglementation, dans le domaine des télécommunications...»

**D. W. :** «A partir d'un postulat idiot qui consiste à dire : "Dérégulons aujourd'hui parce que les techniques permettent de tout faire" ! Il y a, encore une fois, confusion entre les performances techniques des outils et la nature de ce qu'ils transportent. Il faut retourner le raisonnement. Puisqu'il est facile



L. Monnier

techniquement de communiquer, il faut réglementer la liberté de communication pour lui conserver le pouvoir d'émancipation qu'elle a toujours eu dans l'histoire de l'humanité. Il n'y a pas de liberté sans règles.»

**S & V :** «L'interactivité, à la télévision, par exemple, n'élargit-elle pas le champ des communications possibles ?»

**D. W. :** «L'originalité du média télévision vient de ce que la réaction à l'image est reportée dans le temps. Vous regardez un programme seul, en silence, et vous en parlez ailleurs, plus tard, avec d'autres. La télévision et la radio constituent des moyens de médiatisation décalés, mais intéressants, où le moment de la communication diffère de celui de l'émission. Un des dangers des nouveaux

moyens de communication, c'est le raccourcissement du temps entre la réception du message et la réaction. En matière de communication humaine, moins de temps signifie moins de réflexion.»

»Voilà pourquoi les projets qui doivent amener des dizaines de chaînes interactives chez le particulier sont stupides. Le temps va manquer à l'individu pour opérer le

transfert nécessaire à l'interactivité. Ou, s'il le fait, ce sera au détriment de sa vie sociale. La journée ne fera toujours que vingt-quatre heures !»

**S & V :** «Quels bénéfices tire finalement l'individu de ce déferlement d'informations ?»

**D. W. :** «La fascination pour les techniques de communication, l'informatique, la télévision et les télécommunications existe encore. Mais la phase de séduction et d'apprentissage touche à sa fin. On va s'apercevoir qu'elles ne résolvent que très partiellement le problème fondamental que constitue la relation à l'autre.

«Aujourd'hui, il n'y a plus de famille, de milieu social, de quartier ou d'entreprise qui vous définissent une identité. Tous les territoires de communication en usage pendant deux siècles volent en éclats. Les nouveaux outils et techniques vont faire illusion un moment, en proposant une interaction entre les personnes. Mais elles n'offriront pas de nouveau système de communication ni de territoire. Le vide risque de demeurer.»

Propos recueillis par François Jeanne

■ ■ ■ désormais connue. Elle reposera sur la fibre optique et les commutateurs ATM (une invention française qui permet d'optimiser la circulation des "paquets" d'informations sur un réseau) pour les liaisons terrestres et sous-marines. Ce câblage va s'étaler dans le temps jusqu'en 2010. Mais les premières zones urbaines à être équipées le seront avant la fin du siècle. L'apparition de la fibre optique dans le réseau de distribution va permettre d'offrir à l'usager, par l'intermédiaire d'une simple prise de raccordement, un débit modulable pour recevoir et émettre des informations. Une seule prise suffira pour la téléphonie, la télévision et l'informatique.

## DES ÉCRANS SUR LES TÉLÉPHONES

Ce câblage sera complété par les liaisons satellites pour couvrir les zones isolées. Les communications hertziennes permettent, aussi, de transmettre des données de façon bidirectionnelle, à des débits allant jusqu'à 19,2 Mbit/s. L'infrastructure physique de nos réseaux est donc prête, et permet d'imaginer de nombreux services multimédias. Les défis techniques se situent aujourd'hui au niveau du logiciel. Il faut, par exemple, développer des solutions logiques pour l'acheminement et le tri sur le réseau, puisque des informations de contenus bien différents circuleront sur le même support.

Dans les appareils, la partie logique prend le pas sur le purement matériel. Aussi, même si certains pronostiquent le poste de téléphone à 5 F, aucune chance de le payer un jour ce prix-là. Car on va lui ajouter des fonctions coûteuses et lui associer de nouveaux services. Les nouveaux téléphones disposeront, par exemple, d'écrans d'affichage permettant à l'usager de savoir qui l'appelle, pourquoi, etc. Plus tard, le dialogue par clavier interposé évoluera vers un système vocal, car le téléphone est « le média le plus

## En PLONGÉE dans les mondes VIRTUELS

Grâce au réalisme des nouveaux logiciels de simulation en trois dimensions, la porte du tourisme virtuel est ouverte. On peut, comme ici, explorer des fonds marins. Ou encore découvrir à sa guise un musée, une ville, un pays..., la Terre entière. Et même des univers totalement imaginaires.



N. Le Core

adapté au grand public », rappelle le sociologue Patrice Flachy, animateur du groupe de recherche "société et médias électroniques" au CNRS. L'intelligence va faire irruption dans les téléviseurs ou, plus exactement, dans les télécommandes. En effet, en l'absence d'interfaces de commande vocale, les fournisseurs se réjouissent à utiliser les 16 à 64 ko de mémoire des téléviseurs actuels et à imposer au spectateur une programmation fastidieuse à l'aide de touches. A l'instar de Microsoft, premier éditeur mondial de logiciels, ils privilientient la piste des "agents-pilotes". Ces logiciels, insérés dans la télécommande, enregistreront les habitudes du téléspectateur grâce à des systèmes d'auto-apprentissage à base de réseaux neuronaux, sans que l'utilisateur ait besoin de répondre à la moindre question. Lorsque ce dernier allumera son récepteur, ces agents-pilotes lui proposeront alors le programme le mieux adapté à ses désirs, sélectionné en combinant ses habitudes, l'heure et les émissions disponibles.

Décidément partout, Microsoft s'apprête aussi, cette année, à lancer Windows 95, inondant ses 70 millions de clients dans le monde avec un système d'exploitation graphique permettant, par un simple clic sur une icône de l'écran d'un micro-ordinateur (muni d'un mo-

## L'intelligence va faire irruption dans les téléviseurs

dem), de se connecter à Microsoft Network ou à Internet. C'est-à-dire à des réseaux composés de milliers d'ordinateurs reliés entre eux, physiquement et logiquement, pour permettre l'échange de données, l'interrogation de services, voire l'achat électronique (avec paiement par carte bancaire). Ces "autoroutes de l'information" font beaucoup parler d'elles depuis quelques mois. Une réunion spéciale du G7 (qui rassemble les sept ■ ■ ■

■ ■ ■ pays les plus industrialisés du monde) leur a été consacrée en mars dernier à Bruxelles. Plus que la qualité des services proposés, encore réservés à une élite, leur attrait actuel est qu'elles offrent une bonne préfiguration de ce que sera notre futur espace de communication : un monde numérisé où des milliers de services et des millions de pages d'information seront accessibles. A condition de s'y retrouver ! Windows 95 ou encore le logiciel Mosaïc, qui permet aux utilisateurs de s'orienter dans la jungle des services Internet, seraient les éléments clés de ce fameux "cyberespace", les sésames dont l'"homme communiquant" a besoin pour se promener dans le "village planétaire" et faire valoir ses droits à la déjà fameuse "démocratie virtuelle"...

Mais a-t-il vraiment besoin de tout cela ? « Le minitel et ce qui s'ensuit illustrent bien la différence entre création et progrès », relève Roland Moreno, inventeur de la carte à puce dans les années soixante-dix et aujourd'hui président de la société

## « Il n'y a de réel progrès qu'en réponse à un vrai problème »

Innovatron. « Il n'y a de progrès qu'en réponse à un véritable problème. En l'occurrence, l'homme n'a pas besoin de ces nouveaux médias comme, par exemple, le visiophone. »

De plus, la multiplication des téléphones mobiles, des messageries et des répondeurs pose deux problèmes de taille : celui de la séparation entre vie professionnelle et vie privée, et celui de la protection des libertés individuelles. « Les études soulignent l'imbrication des deux mondes, le professionnel et le privé, rendue possible par ces nouveaux outils », indique Patrice Flichy.

Mais dans l'entreprise comme chez lui, l'individu est désormais menacé d'envahissement. Il souhaite se défendre contre les messages commerciaux qui encombrent son répondeur et l'empêchent de recevoir les messages importants. Il ne veut plus être importuné par des personnes qui se trompent de numéro ou, tout simplement, ne regardent pas l'heure avant d'appeler. Parmi les signes de ce besoin d'isolement, il y a l'envol des ventes de répondeurs dans les classes moyennes des villes. Ou encore cette publicité pour le système de téléphone mobile Itinérans (France Télécom), qui précise au cadre, cible du message, qu'il a la possibilité de faire croire à son indisponibilité sur le réseau pendant son tennis, par exemple. Un comble pour un appareil censé rendre son possesseur plus efficace sur le plan de la communication !

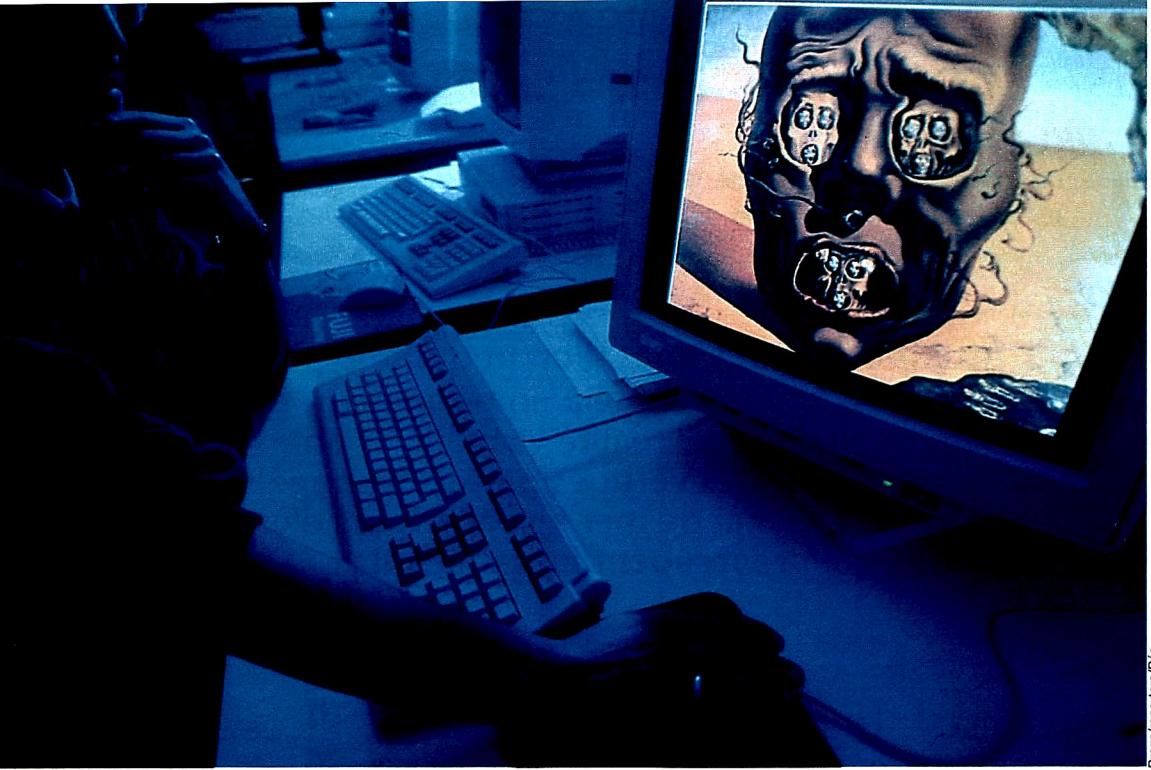
Les fournisseurs de télécommunications s'attaquent donc au problème. « Jusqu'à maintenant, la priorité était donné aux appelants, aux "gêneurs". Désormais, nous allons vendre des services permettant aux appelés de se défendre, et qui, d'une certaine manière, vont à l'encontre de l'utilisation de notre réseau », ironise Michel Feneyrol. Le plus connu de ces services est bien entendu la "liste rouge". Il connaît en ce moment un très grand engouement. Dans certaines villes de la côte ouest des Etats-Unis, plus de 50 % des abonnés refusent ainsi d'être inscrits dans l'annuaire. On prévoit aussi des services permettant d'identifier l'appelant, des systèmes de codes d'accès confidentiels ou, dans un registre plus convivial, des offres permettant à l'abonné de bénéficier de tarifs préférentiels lors de ses appels à un cercle d'intimes présélectionnés – "Friends and Family" ("amis et famille") aux Etats-Unis, ou encore, en France, le "Master Number" d'Itinérans. Car une autre réaction de défense, plus spontanée, est la constitution de réseaux. Technologiques quand, sur Internet, les

connectés peuvent interdire l'acheminement de messages à caractère commercial, ou quand une technique de cryptage verrouille l'accès à certaines boîtes aux lettres. Ou socioculturels, lorsqu'ils réunissent des passionnés autour d'un thème de réflexion (forums) ou qu'ils opèrent une sélection par l'argent (prix de l'abonnement et de l'accès au service). « Contrairement à ce qu'affirment les prophètes du cyberspace, il ne s'agit pas d'une révolution. A l'arrivée du télégraphe, on a ainsi vu se constituer des réseaux d'échanges pour les ordres boursiers qui ont permis d'aligner les cours des grandes places mondiales au quart d'heure près, rappelle Patrice Flichy. La nouveauté, c'est la multiplication de ces réseaux et l'instantanéité des échanges. »

## LES POLITIQUES SE TAISENT

Mais l'émergence de ces réseaux risque de renforcer les clivages socioculturels ou d'en créer de nouveaux. « Aux Etats-Unis, un tiers des ménages possède un micro, et 10 % le modem qui leur permet de se connecter à un réseau de ce type », calcule Patrice Flichy. « En France, un quart des ménages ont un minitel, et 10 %, un micro. Il reste donc, dans un cas comme dans l'autre, deux tiers des personnes non connectées. »

Un autre clivage viendra de l'âge : les jeunes générations sont plus à l'aise face à l'ordinateur et au minitel. De plus, « l'acculturation se fera à travers les micro-ordinateurs de l'entreprise, et elle concerne donc les actifs. Ou par les jeux vidéos, ce qui intéressera surtout les jeunes ». Les exclus risquent alors de se compter parmi les femmes, les chômeurs, les personnes âgées. « Il n'y a tout de même pas urgence, puisque les deux tiers de la population ne sont pas concernés. On peut espérer que l'apparition des interfaces vocales et donc la suppression de la barrière que consti-



Brazza/reporters/Rea

## En VISITE au LOUVRE

**Les réseaux et les CD-Rom donneront accès à tous les musées, comme à toutes les bibliothèques du monde. On peut déjà visiter le Louvre sans sortir de chez soi. Certains logiciels permettront même d'observer les objets sous divers angles et de les « manipuler ».**

tue encore le clavier permettra d'éviter la constitution de trop grands fossés ».

En revanche, le fossé économique existant entre pays riches et pays en voie de développement risque de se creuser encore davantage. Bien sûr, un réseau comme Internet peut permettre aux chercheurs de ces pays d'entrer encore plus facilement en contact avec leurs collègues, et de se désenclaver. C'est d'ailleurs ce que proposent l'Office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer et le Centre français de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, avec l'extension du réseau vers un ensemble d'ordinateurs

dans des pays tropicaux (RIO). Mais il ne s'agit que d'exceptions. Le montant colossal des investissements à réaliser dans les prochaines années exclut d'emblée les pays pauvres de la future société de communication. Qu'en juge : Microsoft va dépenser 52 milliards de francs pour lancer les 840 satellites de son projet Teledesic. Et France Télécom s'apprête à engager 200 milliards de francs sur dix ans pour faire passer son réseau de distribution en fibre optique. Ces entreprises attendent évidemment un bénéfice rapide de leurs investissements. Elles font donc pression sur les gouvernements pour accélérer la déréglementation dans le commerce international et réduire les monopoles encore attachés, dans de nombreux pays, à l'industrie des télécommunications. Ce n'est sans doute pas un hasard si, à l'issue du G7 de Bruxelles, Georges Nahon, qui y représentait les intérêts industriels français, auprès de Pierre Lescure (Canal+), Marcel Roulé (France Télécom) et José Rossi (alors ministre de l'Industrie), estimait que le problème à résoudre en premier était celui de « la valeur légale des contrats établis électroni-

quement », la protection de l'individu ne venant qu'en second. D'autres motifs d'inquiétude surgissent encore : l'apparition d'une nouvelle criminalité (blanchiment de l'argent de la drogue, pornographie, piratage informatique), le triomphe d'une langue anglaise appauvrie, la difficulté à exprimer des particularismes culturels, religieux, politiques... Et les élites politiques se taisent, paralysées par l'ampleur des changements qu'elles pressentent sans les contrôler. Les réponses devront être éducatives. « De même que l'analyse de texte aide à forger un esprit critique vis-à-vis de l'écrit, il faut éduquer le sens critique du public à l'égard de l'image et, maintenant, à l'égard des nouveaux médias et de l'avalanche d'informations qu'ils proposent », expose Michel Feneyrol. Il faudrait se donner les moyens de se retirer du « cyberspace », de s'isoler de ce monde de réseaux – à l'instar des ermites du Moyen Age. A condition de « prendre le temps de profiter du progrès », comme le suggère Roland Moreno, il n'est pas impossible que l'« homme communicant » arrive enfin à parler à ses semblables. ■

# LES VERTIGES DU

■ **Attention, symptômes d'un nouveau type !**  
**Une visière, un écran relié à un ordinateur, et vous voilà plongé dans la "réalité virtuelle". Fantastique et vertigineuse. Des vertiges parfois bien réels, qui donnent le mal de mer aux amateurs d'émotions fortes. Et qui préoccupent les fabricants.**

PAR PHILIPPE CHAMBON

**L**es simulateurs de "réalité virtuelle" sont-ils dangereux pour la santé ? Ces petits écrans reliés à un ordinateur, qu'on fixe sur une visière devant les yeux, permettent d'évoluer dans des paysages aussi fantastiques que virtuels. Mais ils peuvent aussi provoquer des troubles que les fans ont baptisés la "cybersickness" : le mal de la réalité virtuelle.

Il y a peu, Séga, le fameux constructeur de consoles de jeux vidéo, a abandonné un projet de visière inspirée de sa machine Genesis. Les utilisateurs du prototype se plaignaient de nausées et d'irritation des yeux.

On connaissait la crampe du joystick (le "manche à balai" des jeux vidéo), et on s'est effrayé des crises d'épilepsie (voir *Science & Vie* n° 906, p. 13) déclenchées, chez certains épileptiques, par la fixation d'images se succédant rapidement. Voici maintenant toute une série de troubles nouveaux. Aux États-Unis, ils se traduisent immédiatement par des procès, intentés par les consommateurs aux constructeurs. Du coup, le petit monde des



M. Schumann/Saba/Réa

## L'ivresse du joueur

**Alors qu'ils s'apprêtent à développer le marché des visières de jeu, fabricants et distributeurs craignent une réaction négative du public.**

fabricants de casques vidéo et de gants de commande s'inquiète. Le secteur s'apprête en effet à lancer des jeux domestiques basés sur les principes de la réalité virtuelle.

Pour l'instant, aucune étude clinique n'est disponible, mais les descriptions des symptômes sont assez précises. Ces jeux provoquent des irritations oculaires, des nausées, parfois des vomissements, une sorte de mal de mer. Troubles bien connus des militaires, sous le nom

de "mal des simulateurs". « Ils sont assez répandus pour qu'il soit interdit de voler dans les six heures qui suivent un exercice en simulateur », explique le général Guy Santucci, du Centre d'études et de recherches en médecine aéronautique de l'Armée de l'air. Plus les simulateurs sont réalistes, plus ils provoquent ce type de malaise. Parfois, le mal se déclare plusieurs jours après la séance, comme en "flash-back".

Avec les visières de réalité virtuelle, ce sont d'abord les yeux qui sont soumis à des efforts inhabituels. Fixant un écran proche où apparaissent des objets qui se déplacent sur plusieurs plans, ils sont souvent contraints de diverger. Le papillottement dû au déroulement des images vidéo fatigue également la vue.

Les malaises, eux, sont dus à des causes plus complexes. Ils résultent de perturbations du système cérébral chargé de la coordination entre les informations apportées par les yeux et celles en provenance de l'oreille interne. Normalement, ces deux catégories d'informations sont simultanées. Quand on tourne la

# VIRTUEL

tête, l'oreille interne émet un signal parfaitement synchronisé avec le défilement du paysage devant les yeux. Dans une visière de réalité virtuelle, le temps de traitement des images entraîne parfois un léger décalage qui perturbe le sens de l'équilibre et suscite une sensation de malaise. La solution consiste bien sûr à mettre au point des systèmes de réalité virtuelle qui traitent l'image à grande vitesse, ce qui n'est pas toujours le cas des visières de jeux. Plus l'image est définie, c'est-à-dire plus elle contient d'informations, plus elle est longue à gérer. C'est donc une affaire de puissance de la puce chargée de la synthèse des images. Or, plus la puissance est grande, plus l'appareil coûte cher. On pourraît, semble-t-il, obtenir des temps de réaction plus courts avec des images moins bien définies. Mais c'est la qualité du spectacle qui en pâtit, et d'autres problèmes de fatigue visuelle surgiraient.

En fait, il y a un conflit entre les différents capteurs du corps. Les yeux perçoivent un mouvement, les muscles du cou s'activent, mais le res-

te du corps ne bouge pas. C'est probablement là que les "flash-back" trouvent leur origine.

Un chercheur de l'US Navy a remarqué que plus les pilotes sont expérimentés, plus ils sont victimes de

flash-back après des séances de simulateur. Il attribue cela au fait que ces pilotes, dont les réflexes de pilotage réel sont bien établis, doivent solliciter des réseaux de neurones différents lorsqu'ils sont en simulation. Des conflits entre ces chemins cérébraux provoqueraient les flash-back dans les jours qui suivent. « Ces situations non naturelles entraînent une difficulté à se resituer dans la réalité, dit Guy Santucci. Au bout de deux heures de simulation, le système perceptif est désorganisé, ce qui peut être dangereux si l'on prend le volant. »

Les constructeurs de visières de réalité virtuelle cherchent les solutions. Affaire délicate, étant donné la diversité des symptômes et leur variation d'un sujet à l'autre. L'un d'entre eux, Virtual i-O, propose cependant un système réputé sans effets secondaires : autour de

l'écran, l'utilisateur voit le monde réel. Un autre constructeur met en vente un appareil qui s'adapte à un seul œil.

Mais les amateurs d'immersion totale dans le monde virtuel sont réticents.

Si le mal de la réalité virtuelle est probablement sans conséquences pour la santé de l'utilisateur, il n'en va pas de même pour l'industrie qui s'inquiète de la réaction du public. ■

## Le malaise du pilote

**Le programme de recherche militaire "Super Cockpit" met au point un système d'informations sur le vol et le tir projetées devant les yeux du pilote. Il prend en compte le mal des simulateurs.**





## AUTOMOBILE

### LES ESPIONS DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE

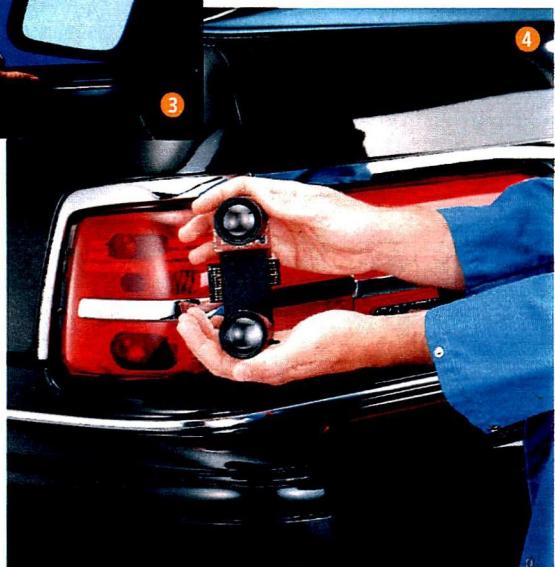
**P**uisque les conducteurs ne savent pas s'autodiscipliner, c'est la voiture qui se chargera à l'avenir de les surveiller. Vous prenez le volant un jour de grosse fatigue ? Le système inventé par le Japonais Nissan Motor déclenche une alarme dès que vos yeux se ferment (photo 1). Le principe : une caméra vidéo installée sur le tableau de bord envoie l'image du conducteur à une puce, qui analyse la durée et la fréquence de ses clignements d'yeux, annonciateurs de l'assoupissement. Pour vous rappeler à l'ordre, une voix féminine désincarnée vous propose de faire une halte. Si vous poursuivez, un spray propulse un parfum mentholé, censé vous requinquer... ou vous faire quitter la voiture aussi vite que possible. Ce dispositif sera sur

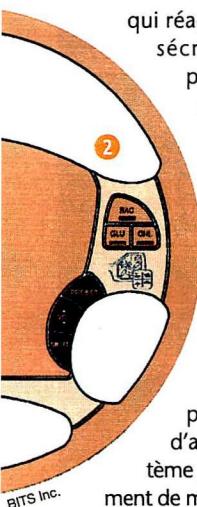


le marché d'ici à cinq ans.

Vous rentrez chez vous après un repas bien arrosé ? Posez les mains sur le volant, et la voiture refuse de démarrer. Si vous avez l'inconscience de boire une bière en conduisant, une alarme se déclenche et les feux de détresse s'allument. L'astuce, imaginée par Biological Interaction Transportation System (BITS), est dissimulée dans le volant 2. C'est un capteur

Du système anti-assoupissement 1 au rétroviseur "intelligent" (3 et 4), en passant par le volant-alcootest 2, la voiture de demain joue la carte de la sécurité.





qui réagit à la sueur sécrétée par la paume de la main et dont l'acidité varie avec le taux d'alcoolémie : une puce analyse le résultat et déclenche ou non le processus d'alarme. Ce système permet également de mesurer le taux de cholestérol et la glycémie. Le résultat s'affiche sur un voyant au centre du volant. Pas question d'y échapper en portant des gants, le moteur ne démarre que si la paume est en contact avec le volant... BITS affirme que son système sera aussi répandu que l'airbag d'ici à dix ans.

Autre gadget automobile d'avenir (sur le marché d'ici à deux ans, pour un prix modique) : le rétroviseur intelligent. Lorsque vous actionnez le clignotant, un détecteur logé dans le feu arrière ④ repère tout obstacle présent dans l'angle mort. Un voyant rouge s'allume alors au bord du rétroviseur ③.

## Porcs contre Parkinson

■ Une équipe de médecins américains vient de greffer des neurones de porc dans le cerveau d'un patient atteint de la maladie de Parkinson. Résultats de l'expérience au début de l'année prochaine.

## INDUSTRIE

### Technologies : les faiblesses françaises

Un énorme décalage entre la science et l'industrie : c'est la principale conclusion qui ressort d'un rapport du ministère de l'Industrie sur "Les cent technologies clés pour l'industrie française". Un comité d'experts, dirigé par Jean-Jacques Duby, directeur scientifique de l'Union des assurances de Paris (UAP), a déterminé l'état d'avancement des Français dans 136 domaines technologiques décisifs pour l'avenir de l'industrie française.

Il apparaît que la France

occupe une position forte dans 66 technologies de pointe, tandis que sa position industrielle n'est forte que dans 24 domaines. Et elle est faible, voire inexistante, dans 49 spécialités.

Cette disparité entre l'état des connaissances scientifiques et le savoir-faire industriel est préoccupante ; notamment dans les domaines de l'imagerie médicale, des systèmes de suppléance cardiaque et du diagnostic automatisé de l'ADN. Des décalages semblables apparaissent en informatique.

## La cabine d'essayage électronique

■ Tapez vos mensurations sur le clavier, puis choisissez les vêtements qui vous vont le mieux dans le catalogue électronique. C'est pour demain. En effet, grâce à un logiciel en cours de développement à l'université Cornell, aux Etats-Unis, il sera bientôt possible d'apprécier sur l'écran le drapé exact de n'importe quel tissu.

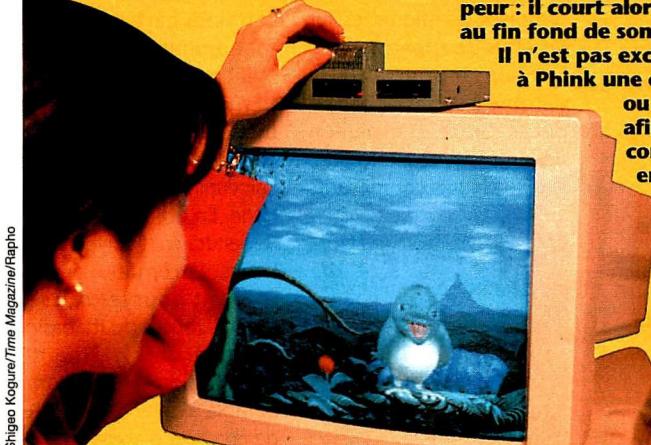
## MULTIMÉDIA

### TOUTOU VIRTUEL

■ Nul besoin de "sortir" Phink ni de penser à le nourrir. Phink est un animal domestique qui sillonne l'univers virtuel d'un CD-Rom conçu par Fujitsu. Mi-oiseau, mi-dauphin (s'il n'était pas virtuel, B.B. l'aurait sûrement défendu), Phink reproduit le comportement d'un animal de compagnie. Pour lui "donner vie", des capteurs

connectables sur un ordinateur sont livrés avec le CD-Rom. Ainsi, Phink est capable de reconnaître la voix de son maître et même son visage. Bien que l'écran du moniteur interdise tout contact physique, Phink peut manifester son affection par ses gazouillis et ses attitudes. Cris, bruits violents et lumières vives lui font peur : il court alors se réfugier au fin fond de son univers.

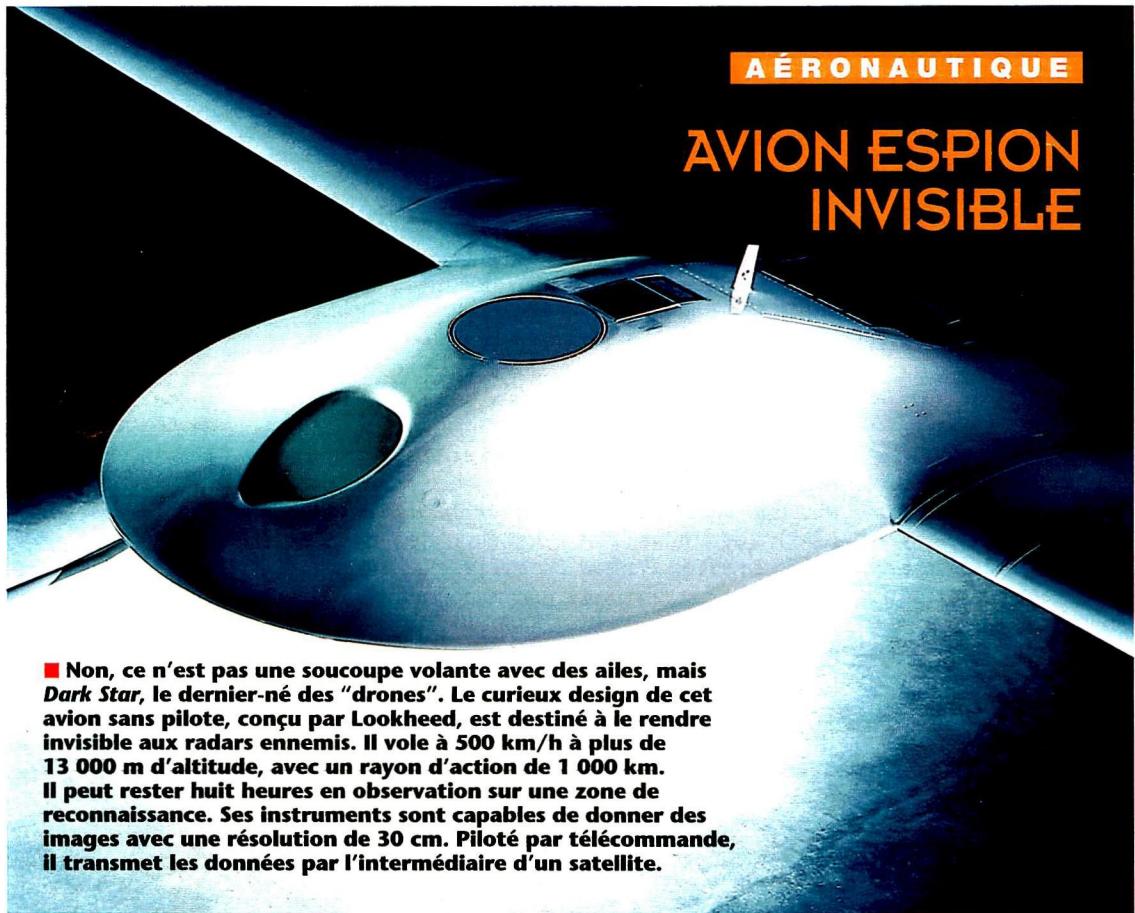
Il n'est pas exclu d'ajouter à Phink une compagne, ou un compagnon, afin qu'il puisse convoler en justes noces et se reproduire. Se lancerait-on dans l'élevage virtuel de cette espèce en voie d'apparition ? H.-P. P.



Shigeo Kogure/Time Magazine/Rapho

## AÉRONAUTIQUE

## AVION ESPION INVISIBLE



E. Seubring et D. Lombard

■ Non, ce n'est pas une soucoupe volante avec des ailes, mais *Dark Star*, le dernier-né des "drones". Le curieux design de cet avion sans pilote, conçu par Lockheed, est destiné à le rendre invisible aux radars ennemis. Il vole à 500 km/h à plus de 13 000 m d'altitude, avec un rayon d'action de 1 000 km. Il peut rester huit heures en observation sur une zone de reconnaissance. Ses instruments sont capables de donner des images avec une résolution de 30 cm. Piloté par télécommande, il transmet les données par l'intermédiaire d'un satellite.

## Des vaccins dans les légumes

■ Des souris ont été immunisées contre une bactérie en recevant à manger des pommes de terre génétiquement modifiées. Les chercheurs avaient introduit dans le légume le gène d'un anticorps dirigé contre cette bactérie. Ce succès fait espérer une nouvelle méthode de vaccination à bon marché par la manipulation de plantes comestibles.

## CONSOMMATION

## PUCES PARLANTES AU SUPERMARCHÉ

Depuis des années, le célèbre code barres a remplacé les étiquettes sur les étals de supermarché. Demain, il pourrait être détrôné à son tour par les puces. Grâce à l'évolution des procédés de fabrication, le coût de tels composants

est en chute libre. Déjà, les "puces parlantes" équipant certaines cartes de vœux sont produites pour seulement quelques francs.

En ce qui concerne les biens de consommation courante, elles pourraient se voir confier une mission plus large. En premier lieu, elles deviendraient "polyglottes". Leurs premiers mots seraient pour les caisses enregistreuses du magasin. Grâce à un système de transmission sans fil (comparable à celui des badges de contrôle d'accès "mains

libres"), l'envoi d'un code contenu dans leur mémoire permettrait la facturation des articles.

Une fonction "antivol" pourrait également leur être confiée, grâce à des détecteurs placés à la sortie du magasin. Enfin, elles signaleront au consommateur, en parlant, cette fois, la date limite de consommation ou toute autre information sur le produit.

H.-P. P.

A collaboré à cette rubrique :  
Henri-Pierre Penel.

**36 15**  
**SCV**

Découvrez les jeux interactifs à plusieurs joueurs : Rogue, Killer, Starbusters, etc.

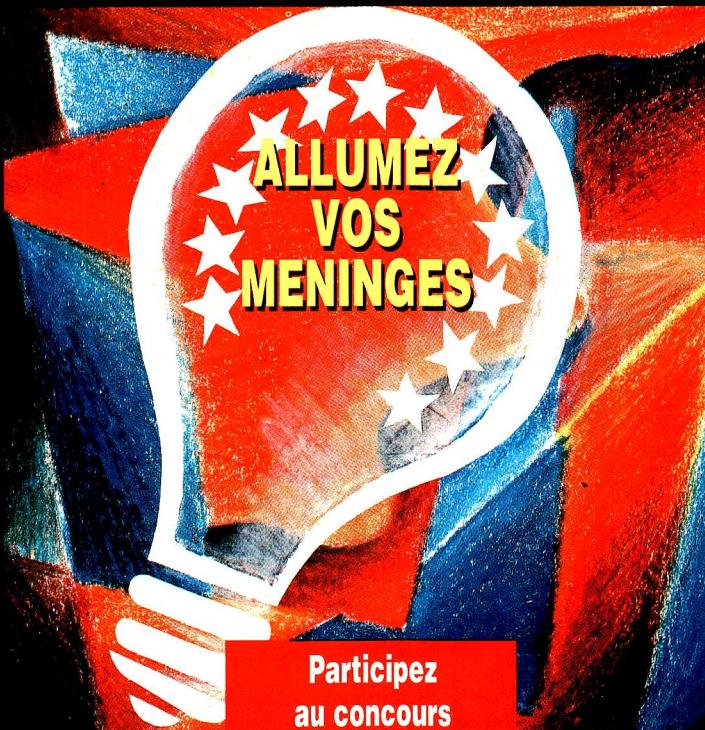
Vous avez la bosse des sciences ?  
Vous avez des idées ?  
Alors allumez vos méninges, et préparez vous à participer au Concours Européen des Jeunes Scientifiques organisé par l'Union Européenne. Son objet ? Présenter une recherche scientifique théorique ou appliquée. Dans quel domaine ? A vous de choisir.

Vous pouvez concourir seul ou par équipe (3 personnes maximum)

Pour en savoir plus et recevoir un dossier de candidature, retournez-nous dès maintenant le bulletin ci-dessous.

Participez au concours européen des jeunes scientifiques et mesurez-vous aux meilleurs d'entre-eux.

RÉSERVÉ AUX 15-21 ANS  
et en 1ère année d'enseignement supérieur maximum



SCIENCE & VIE et SCIENCE & VIE JUNIOR organisent la sélection française de ce grand concours démarrant début 96. Date limite de remise des projets : 30 mars 1996 Concours Européen : septembre 96 à Helsinki (Finlande)

Parmi les prix, des chèques de 5.000, 3.000 et 1.500 ECU, des stages en laboratoire et aussi la possibilité de faire avancer vos idées et faire progresser votre esprit créatif avec des savants de renommée internationale.

Avec la participation de l'ANSTJ, du CNES, du CNRS, de l'IFREMER, de l'INRA, et de l'INSERM. Sous le patronage des Ministères de l'Education Nationale et de la Recherche.

## DEMANDE DE DOSSIER DE CANDIDATURE

à retourner sous enveloppe affranchie avant le 31 décembre 1995 à  
CONCOURS EUROPÉEN DES JEUNES SCIÉNTIFIQUES 1,rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15

Nom ..... Prénom .....  
Adresse .....  
Code Postal ..... Ville .....  
Date de naissance ..... Niveau d'études .....

Conformément à la loi informatique et Libertés du 06/01/78, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amenés à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant votre nom, prénom, adresse, et si possible, votre référence client.

RCS Paris B 572 134 773 SV 936

# *-La Blonde- par Heineken*

(école Hollandaise 1864)



*Bière brassée en France*

# HEINEKEN. AU NOM DE LA BIERE.

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