

# SCIENCE & VIE

## COSMOLOGIE

L'Univers sans  
le big-bang

## DÉCOUVERTE

Enfin du nucléaire  
sans risque

## AUTOROUTE A-10

Comment éviter  
un autre Mirambeau

# Horoscopes Les vrais dangers



**Vitamines**  
La nouvelle  
médecine



# Aberlour: Edition Spéciale.



PERIOD 9-05 PNE TEL B 202 243 301 • 4110031600

Pour respecter la tradition de fin d'année et célébrer ce Single Malt vieilli pendant 10 ans en fût de chêne, Aberlour édite

**ABERLOUR**  
SINGLE MALT **10** ANS D'ÂGE

une présentation spéciale en série limitée: coffret métal et étiquette décorée. En vente chez une sélection de cavistes.

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

# L'émotion à propos du clonage d'humains

**Le fait scientifique marquant des dernières semaines a été, à notre avis, le déferlement de commentaires sur le clonage d'embryons humains**, annoncé seulement en octobre 1993 par les Drs Jerry Hall et Robert Stillman et leur équipe, à l'université George-Washington de la capitale fédérale américaine.

Scientifiquement, la technique n'a rien de révolutionnaire, puisqu'elle est exploitée depuis les années quatre-vingts pour la production à plusieurs exemplaires d'animaux d'élevage. L'effet de surprise, sinon de scandale, est dû au fait qu'elle a été appliquée pour la première fois à des embryons humains. Les chercheurs ont choisi pour leurs travaux des embryons anormaux, qui ne pouvaient pas se développer. Si Hall et Stillman avaient effectué leurs expériences sur des embryons viables, la tentative eût théoriquement abouti à la naissance de quadruplés, quintuplés ou plus, rigoureusement identiques.

Surprises, certaines autorités morales ont condamné l'expérience en termes vigoureux. Remarquons seulement qu'aucune interdiction juridique ni religieuse fondamentales ne prohibe la stricte reproduction de la vie à

plusieurs exemplaires, fussent-ils identiques. Hall et Stillman n'ont pas entrepris de manipuler des cellules germinales pour produire un sous- ou surhomme, pour réprimer ou stimuler le développement normal de tel ou tel trait génétique normal, bref, pour fabriquer un monstre.

Toutefois, la perplexité demeure dans l'opinion ; ce genre de manipulation est-il bien éthique ? Jusqu'où iront donc les biologistes ? Et l'image du savant fou et amoral, hybride de Faust et de Nimbus, resurgit dans les angoisses populaires. Force est donc de rappeler à cette occasion que la science n'est en soi ni bonne ni mauvaise. Une simple bande magnétique peut véhiculer des sottises meurtrières autant que des informations utiles,

et nul n'a jamais songé à se demander si l'enregistrement magnétique est moral ou non. La thérapie génique est un don formidable si elle permet de guérir un enfant atteint de mucoviscidose, mais une malfaisance si elle sert à un génocide. La science ne vaut que par ce qu'on en fait.

Pour le moment, d'ailleurs, nul n'envisage de faire cloner ses enfants. Cette technique a simplement démontré sa faisabilité et la sérénité semble donc conseillée à son égard.

**S & V**

**La technique du clonage n'est pas nouvelle. Ce qui est nouveau est qu'elle ait été essayée sur l'homme.**



E. Malemanche

Publié par Excelsior Publications S.A.  
 Capital social : 2 254 000 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 : Siemvie Paris  
 Principaux associés :  
 Jacques Dupuy, 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. Directrice commerciale publicitaire : Patricia Brault. Directrice marketing et commercial : Marie-Hélène Arbus. Directeur marketing et commercial-adjoint et directeur des ventes : Jean-Charles Guéroult. Directeur des études : Roger Goldberg. Directeur de la fabrication : Pascal Rémy.

## REDACTION

Rédacteur en chef : Jean-René Germain, assisté de Marie-Anne Guffroy. Rédacteur en chef-adjoint : Gérard Messadié. Rédacteur en chef-adjoint : Gérard Morice, assisté de Monique Vogt. Rédacteur en chef-adjoint : Jean-François Robredo. Rédacteur en chef édition : Elias Awad. Secrétaires de rédaction : Françoise Sergent, Nadine Raguet, Agnès Marillier, Marielle Véteau. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Alexandre Dorozynski, Pierre Rossion, Jacqueline Denis-Lempereur, Marie-Laure Moinet, Roger Bellone, Jean-Michel Badier, Didier Dubrana, Henri-Pierre Penel, Marc Mennessier, Isabelle Bourdial, Thierry Pilorge. Secrétaire : Paule Darconnat. Maquette : Lionel Crooson, Elisabeth de Garrigues, Michel Souday. Service photo : Anne Levy. Correspondante à New York : Sheila Kraft, PO Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA, 18428-Etats-Unis.

## RELATIONS EXTÉRIEURES.

Michèle Hilling, assistée de Guylaine Brehin.

## SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Sarradell. Vente au numéro : Pierre Bleuron. Chef de produit : Marie Cribier. Chef marketing : Antoinette Coubray, tél. : 1 46 48 47 31. Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 10 70 Bruxelles.

## PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 27 rue de Berni, 75008 Paris, tél. : 1 44 35 11 98. Directeur de la publicité : Richard Tzipine-Berger. Directrice de la clientèle : Karine Parent.

## À NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : Monique Vogt, tél. : 1 46 48 48 66. Commande d'anciens numéros et de reliures : Chantal Poirier, tél. : 1 46 48 47 18.

## ABONNEMENTS

Relations abonnés : Service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h). Au Canada : Periodica Inc. - C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale 1211, Genève 1, Suisse.

## 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 280 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus. La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous.  
 Copyright 1989 Science & Vie.

La vitesse est à l'index, et pourtant... isoler les réservoirs, équiper les véhicules de frein anti-blocage sont plus efficaces que les radars. **p.104**



P. Meale/Gamma



Darque/jenican

L'ABC des vitamines :  
 A pour voir, B et C pour la forme,  
 D pour remplacer le soleil,  
 E pour rester jeune... **p. 82**

n° 916  
 janvier  
 1994

# SOMMAIRE

## COSMOLOGIE

**L'Univers sans le big-bang.....32**

Henri Andriolat

## PHYSIQUE

**Quark : le jeu est complet.....42**

Daniel Tarnowski

## SISMOLOGIE

**Ils font trembler la Terre sur écran .....48**

Hélène Guillemot

## PHYSIQUE

**La carte mondiale de la pesanteur .....54**

Serge Brosselin

## PSYCHOPATHOLOGIE

**Horoscopes : les vrais dangers.....59**

Gerald Messadié et Henri Broch

## ENERGIE

**Enfin du nucléaire sans risque .....66**

Daniel Tarnowski

## NUCLÉAIRE

**Tchernobyl... le pire est à venir .....70**

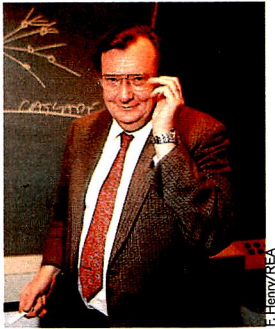
Alexandre Dorozynski

Dessin de couverture : Patrice Larue

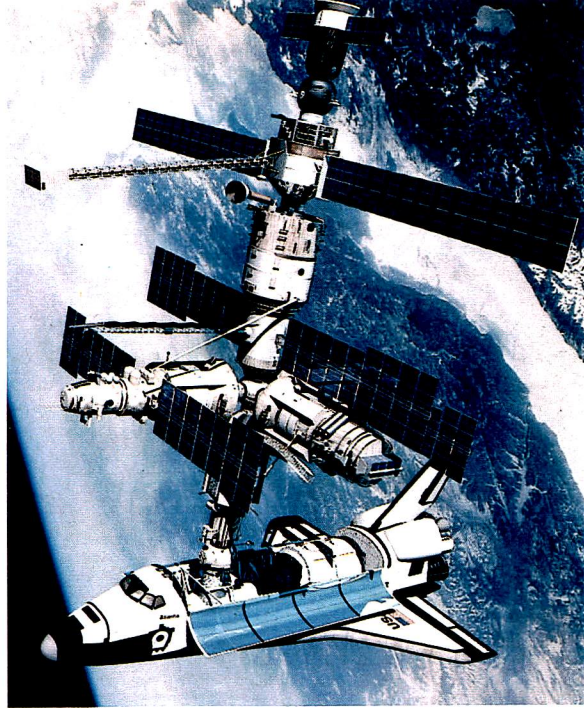
Encart Club français du livre/Encyclopaedia universalis, 4 pages, broché entre les pages 84 et 85. Diffusion : France métropolitaine avec abonnés

Bulletin d'abonnement, commande de reliures et hors série de Science & Vie en page 31. Vous pouvez aussi vous abonner par Minitel en tapant 3615 ABON.

Le modèle de réacteur nucléaire conçu par Carlo Rubbia, prix Nobel, serait plus propre et plus sûr. Après la théorie, on attend l'expérimentation. **p. 66**



F. Henry/REA



NASA

Premiers pas vers la station orbitale internationale : Américains et Russes vont cohabiter sur la station *Mir*. Un mariage à l'essai ! **p. 74**

**ESPACE**

**Une tour de Babel en orbite.....74**  
*Germain Chambost*

**CHRONOBIOLOGIE**

**Horloge biologique : on a trouvé le ressort .....78**  
*Thierry Pilorge*

**SANTÉ**

**Vitamines : la nouvelle médecine ...82**  
*Marie-Laure Moinet*

**ARCHÉOLOGIE**

**Bateaux momifiés .....92**  
*Marc Mennessier*

**TRANSPORT**

**La Suisse en métro à 500 km/h.....98**  
*Philippe Richard*

**SÉCURITÉ ROUTIÈRE**

**Camions contre autos.....104**  
*Renaud de La Taille*

**BUREAUTIQUE**

**Newton reconnaît l'écriture de son maître.....110**  
*Olivier Cadou*

**OPTIQUE**

**Un ordinateur dans les jumelles .....113**  
*Paule Sully*

*L'événement du mois.....1*

**FORUM.....6**

*échos de LA RECHERCHE.....16*  
*dirigés par Gerald Messadié*

*échos de L'ENVIRONNEMENT.....24*  
*dirigés par Jacqueline Denis-Lempereur et Didier Dubrana*

*carrefour de L'INNOVATION.....116*  
*dirigé par Gérard Morice*

*comment ÇA MARCHE.....126*  
*Renaud de La Taille*

**ELECTRONIQUE amusante.....130**  
*Henri-Pierre Penel*

**INFORMATIQUE amusante.....132**  
*Henri-Pierre Penel*

**BIOLOGIE amusante.....134**  
*Didier Pol*

*journal de L'ASTRONOME.....136*  
*Yves Delaye*

**ECHECS & maths.....140**  
*Alain Ledoux et Louis Thépault*

**SCIENCE & VIE PRATIQUE.....142**  
*Roger Bellone*

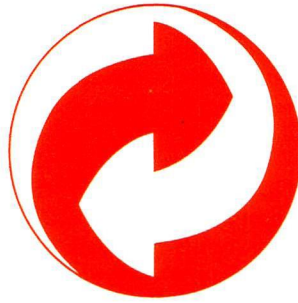
**LIVRES.....149**

*Science & Vie IL Y A.....156*  
*Marielle Vétéau*



1884.

Les ordures ménagères  
partent s'entasser  
à la campagne.



2002.

75% des emballages  
usagés sont transformés  
en matière première  
ou en énergie.

## Suaire de Turin : le carbone sur la sellette

D'une très longue lettre de M. Y.F. du Mesnil-Esnard, sur le suaire de Turin, nous extrayons un passage qui critique notre phrase : «On accepte sans rechigner la datation au  $^{14}\text{C}$  dans toute l'archéologie...»

«Voilà une affirmation bien péremptoire, écrit notre correspondant. J'en veux pour preuve l'Homme de Lindow : détérré en 1984 sur un site de l'Age de fer, il fut soumis pour analyse à deux laboratoires (candidats à la datation du suaire !). Oxford, technique du tandétron, et Harwell, mini-compteur. Oxford le data à 50 de notre ère, Harwell à 400. Ecart confirmé après un échange d'échantillons entre les deux laboratoires, pour permettre une analyse croisée. Que firent les archéologues ? Ils écartèrent ces résultats contradictoires et l'Homme de Lindow, visible en salle 35 du British Museum, a été daté entre 600 et 350 avant notre ère, ce qui est le bon sens même (source : "Daily Telegraph", 21 novembre 1988). Et la revue "Radiocarbon" est pleine de résultats présentés comme "aberrants", telle cette fourrure de mammoth vieille de 26 000 ans et datée de 5 600 ans. Et que penser de ce Viking daté par Tucson de 2006 après J.-C. ("The Sunday Times", 7 août 1988) ?»

C'est bien ce que nous disions : selon certains, la technique de datation au  $^{14}\text{C}$  ne vaut absolument rien et toutes ses conclusions sont à rejeter, la chronologie archéo-

logique n'est qu'une vaste suite de fumisteries, etc. Mais reprenons l'affaire de l'homme de Lindow. Il a été, ce que ne dit pas ce correspondant, retrouvé dans une tourbière, et la datation des objets retrouvés dans ce milieu est notoirement difficile, comme le relève H. Tauber (*The Scandinavian Varve Chronology and  $^{14}\text{C}$  Dating*, in *Nobel Symposium 12 : Radiocarbon Variations and Absolute Chronology*, p. 173-196). La datation au  $^{14}\text{C}$  des couches argileuses (varve) et des tourbières présente des problèmes particuliers insolubles par la datation classique, comme le relève également Alasdair Whittle dans *Neolithic Europe - A Survey*, 1985, p. 314-315.

Ce correspondant a donc choisi, à son insu ou non, le seul cas où la datation par le

$^{14}\text{C}$  est effectivement aléatoire. Toutefois, le laboratoire de radiodatation du musée national du Danemark a pu préparer chimiquement des objets de telle sorte que la datation fût efficace, notamment en extrayant l'acide humique. C'est ainsi que d'anciens cadavres retirés de tourbières, l'homme de Grauballe, l'homme de Borremose, l'homme de Huldremose, l'homme de Krogens Mollemose, l'homme de Haraldskjaermose et, enfin, le célèbre homme de Tollund ont été correctement datés (du I<sup>er</sup> au VII<sup>e</sup> siècle avant notre ère). Les différences de datation entre le même objet avec et sans acide humique étaient parfois considérables. C'est ainsi qu'avec l'acide humique l'homme de Grauballe avait été daté de l'an  $310 \pm 100$  ans, alors que, débarrassé de

cet acide, il remontait à 55 avant notre ère.

Aidan et Cockburn, qui ont traité ce point (*Mummies, Diseases and Ancient Cultures*, 1980) sont formels : «La technique du carbone 14 peut être appliquée même aux corps les plus délabrés tant qu'il est possible d'en extraire chimiquement l'acide humique.»

Ecrire que la revue *Radiocarbon* est pleine de résultats présentés comme "aberrants" donnerait à croire que cette publication, qui est justement destinée aux spécialistes de la datation au  $^{14}\text{C}$ , serait hostile à cette technique ; ce serait un non-sens. Elle présente les cas, pas si nombreux que le dit notre correspondant, qui indiquent une nécessité de réétalonnage de certains artefacts, notamment en matières organiques. En effet, les taux de  $^{14}\text{C}$  ont légèrement varié de millé-

## Eve, Hélène, Aphrodite et les autres

«Je vous présente une question qui nous intrigue, moi et mon professeur de latin», écrit Mlle I.B., de Mont-Saint-Aignan. «Vous connaissez sûrement la pomme d'Adam et la pomme d'or offerte par Pâris à Aphrodite en échange d'Hélène. Pourquoi la pomme ? Pourquoi dans ces deux cas est-ce la pomme qui symbolise la discorde ?»

"Pomme" est un mot dérivé du latin populaire *poma*, qui désignait effectivement la pomme, mais qui est, lui, dérivé de *pomum*, mot générique qui ne signifie rien d'autre que "fruit". Telle est d'ailleurs la raison pour laquelle le fruit du pin (ou cône) s'appelle pomme, de même que celui du spondias s'appelle pomme de Cythère, celui du datura pomme épineuse, que la tomate s'appelle aussi pomme d'amour et le fruit de l'anacardier, pomme de cajou. Rien ne dit donc que le fruit symbolique tendu par Eve à Adam ait été une golden ou une calville, pas plus que celui qui décerna Pâris. Les fameuses pommes d'or du jardin des Hespérides, que déroba Hercule, semblent d'ailleurs avoir été des... oranges !





# DYNAMIC II SKIS



**PRÉCISION VIVACITÉ**  
**SOUPLESSE FACILITÉ**

Le ski POWERCAP est l'accomplissement de l'expérience de DYNAMIC au plus haut niveau. La maîtrise totale de l'utilisation de la fibre de verre dans la technologie de la boîte de torsion, inventée par DYNAMIC, a permis la création d'une nouvelle structure en fibre de verre diagonale : la coque active POWERCAP.

## GÉNÉRATION PLAISIR



suite de la page 6

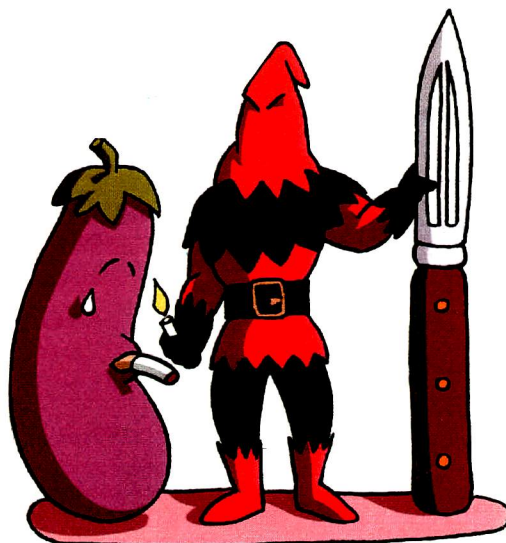
naire en millénaire dans les périodes préhistoriques. Dans les périodes historiques, les marges d'erreur, comme nous l'avons écrit, sont minimales, surtout pour des objets secs.

Notre correspondant le sait bien, puisqu'il écrit que «la fourchette de dates retenues (1260-1390) provient de l'amalgame des résultats de Zurich et de Tucson (1353-1384) et de ceux d'Oxford (1262-1312). Ce qui entraîne (...) un test de Pearson avec valeur de 6,4 pour X2 (K2) pour une limite maximale de tolérance de 5,99, donc 957 chances sur 1 000 pour que les échantillons soient hétérogènes ou pollués.»

L'hétérogénéité des échantillons est normale, puisque c'étaient trois morceaux différents. Les calculs savants de ce correspondant ne changent rien au fait que pas un seul laboratoire n'a daté ce tissu du I<sup>er</sup> siècle.

«La vérité», écrit un autre correspondant, M. J.B., de Montpellier, «c'est que peut-être cette affaire gêne beaucoup de scientifiques, car c'est toute la science elle-même qui est mise à l'épreuve du linceul.»

Ayant eu à en débattre avec maints spécialistes de la radiodatation, nous n'avons jamais ressenti la moindre impression de gêne. Il semble que ce soient d'autres, au contraire, qui soient gênés. Et l'on se demande bien pourquoi, étant donné que la plus haute autorité de la religion selon laquelle ce linceul revêtirait quelque signification, le pape donc, déclara à l'époque que c'était un faux. Ou bien ce pape mentait, ou bien il avait de bonnes raisons de dire la vérité. Nous laisserons à chacun le soin de conclure.



### Aubergines : pas de danger

Revenant sur l'information selon laquelle de nombreux légumes contiennent de la nicotine, et pour calmer les alarmes d'un lecteur qui se demande si la tomate et la pomme de terre ne seraient pas toxiques, le Dr C.M., de Givros, précise ceci : «La nicotine est responsable, chez le fumeur, de la dépendance physique. Cette dépendance est réelle et intense, conduisant le fumeur à fumer de nouveau lorsque la nicotine chute au-dessous d'un certain seuil. Elle n'a cependant pas de toxicité au sens carcinologique ou cardiovasculaire, directement établie.

»Par ailleurs, la nicotine ingérée par voie digestive haute n'est que très faiblement absorbée, rendant improbables d'éventuels effets pathologiques. Pour exemple, on notera que les formes «thérapeutiques» de la nicotine sont uniquement sublinguale et transdermique, les dossiers d'autorisation de mise sur le marché insistant sur la très faible activité de la nicotine absorbée par voie digestive haute.»

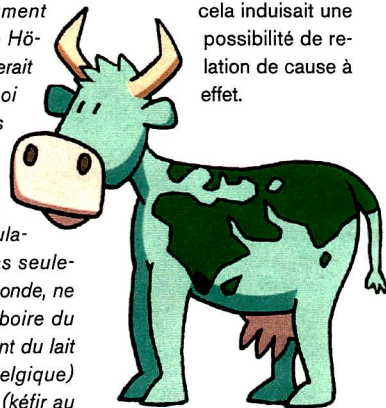
La faible toxicité de la nicotine ne semble pas contestée. Ce qui laisse en revanche perplexité est sa faible activité quand elle est prise par voie transdermique ou sublinguale : étant donné qu'elle entraîne l'accoutumance parce qu'elle agit sur des récepteurs du système nerveux, il faut bien qu'elle ait quand même une activité appréciable, sans quoi les formes thérapeutiques ne seraient que des formes homéopathiques.

### «Tiers monde» et lactose

M. S.A., correspondant érudit et fréquent, de Rouen, écrit : «Votre argument contre la théorie de Höjer, «On se demanderait bien, alors, pourquoi tant de populations du tiers monde élèvent des bovins», ne tient pas. En effet, beaucoup de populations adultes, et pas seulement dans le tiers monde, ne supportent pas de boire du lait frais, mais boivent du lait sur (lait battu en Belgique) ou du lait fermenté (kéfir au

Caucase, koumis au Turkestan) et mangent des laitages, beurre, yaourts, caillés et fromages. C'est pourquoi elles élèvent des vaches, des brebis, des juments, des ânesses et des chamelles. Homère distinguait entre galactopotes et galactophages.» Telle est à peu près l'argumentation que reprennent Mlle I.E., de Lille, et M. J.L., de Chartres, professionnel de l'industrie laitière. Rappelons que ce que nous critiquions est l'idée de Höjer selon laquelle c'étaient «les populations du tiers monde» qui étaient incapables de digérer le lait, assertion dont nous répetons ici qu'elle est fautive, parce qu'il faudrait inclure dans ce «tiers monde» des pays tels que le Japon et pas mal de populations slaves. De plus, les populations hamitiques d'Afrique, elles, Mésopotamiens ou Ethiopiens par exemple, sont tout à fait capables de digérer le lait. Nous déplorons que Höjer appliquât à une particularité biologique un schéma économique ; cela donnait indirectement à penser que les gens incapables de digérer le lait étaient les mêmes que ceux qui étaient économiquement défavorisés et

cela induisait une possibilité de relation de cause à effet.



Dessins et modèles :

En développant plus de 200 modèles,  
Caddie a pérennisé le succès  
de ses gammes dont son Super Caddie.

Marques :

Aujourd'hui, qui ne  
connait pas la marque Caddie  
déposée en 1956 ?



Brevets :

En déposant plus de 150 brevets  
dans le monde, Caddie  
s'est assuré la place de leader  
européen sur son marché.

LA PROPRIETE INDUSTRIELLE  
TRANSFORME  
VOS IDEES EN SUCCES.

3615 INPI



INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

# Vous préférez maîtriser les machines qui transmettent l'information



Vous l'avez sans doute remarqué, l'homme a une tendance naturelle à créer des machines qui finissent par lui empoisonner l'existence. Face à cela, nous, chez Apple, nous avons toujours une seule solution : la révolution.

Aujourd'hui cette révolution porte le nom de *av*, ce qui signifie tout simplement Audio et Vidéo. Ainsi nous permettons à chacun de maîtriser les technologies de l'image et du son qui étaient réservées jusque-là aux professionnels alors qu'elles font partie de la vie quotidienne de tous.

Tout cela grâce à la nouvelle

gamme des Macintosh Quadra *av*\* qui se décline en deux modèles, Macintosh Quadra 840 *av* et Macintosh Quadra 660 *av*.

Elle présente des fonctionnalités inédites de communication, de son, de traitement d'images et de reconnaissance de la parole. Celles-ci sont rendues possibles grâce à une nouvelle architecture bi-processeur composée du 68040 et du processeur de traitement de signal (DSP) AT&T 3210.

En clair, cela veut dire qu'avec un



Macintosh Quadra *av* et les logiciels adaptés, vous pouvez notamment afficher ou numériser des images fixes ou des images animées en provenance de cassettes VHS, de disques vidéo, etc.

De plus, il vous est possible de créer des présentations et de les enregistrer directement sur votre magnétoscope ou votre caméscope pour une large diffusion (standards PAL et NTSC). De la même façon, vous intégrez à vos documents des sons que vous enregistrez et mixez.



# ou maîtriser l'information ?



En anglais aujourd'hui et prochainement en français, Macintosh Quadra AV reconnaît votre voix, obéit à un certain nombre d'instructions et peut lire à haute voix n'importe quel document écrit.



Avec un modem approprié, Macintosh Quadra AV peut envoyer et recevoir des télécopies aussi simplement que l'on imprime un document.



Connecté à un magnétoscope ou à une caméra vidéo, Macintosh Quadra AV peut récupérer, copier et coller des images vidéo.



Macintosh Quadra AV lit des disques compacts (CD) audio, photo et des disques optiques compacts.



Grâce à QuickTime, Macintosh Quadra AV peut récupérer et rejouer des sons avec la qualité d'une chaîne Hi-Fi et les insérer dans la plupart de vos documents.

Mais si nous anticipons sur le futur, nous n'oublions pas pour autant le présent.

Aussi, la plupart des nouvelles technologies peuvent évidemment se retrouver sur la gamme Macintosh existante.

Quelques exemples : sur Macintosh Quadra 650, vous pouvez utiliser un lecteur de Disque Optique Compact interne, connecter AppleDjinn qui permet de faire assistant téléphonique, télécopieur,



Minitel, répondre téléphonique et assure vos transferts de fichiers.

Sur Macintosh PowerBook 270c, avec Apple Remote Access, vous pouvez communiquer avec votre bureau, lire vos documents, regarder vos graphiques, consulter votre messagerie, et cela où que vous soyez en France en utilisant une prise téléphonique. Vous pouvez aussi envoyer et recevoir des télécopies grâce à Express Modem.

Avec QuickTime, vous disposez en plus des capacités multimédia qui vous permettent d'exécuter des séquences vidéo en milliers de couleurs.

Enfin, notre kit Multimédia

vous permet d'équiper Macintosh LC 475 d'un haut-parleur et d'un lecteur de Disque Optique Compact.

Ainsi, vous pourrez affronter et maîtriser le grand nombre d'informations qui s'abat quotidiennement sur vous.

Toutefois si vous souhaitez toujours plus d'informations, vous pouvez consulter le revendeur agréé Apple le plus proche de chez vous ou bien taper 3615 Apple.



Apple

suite de la page 8

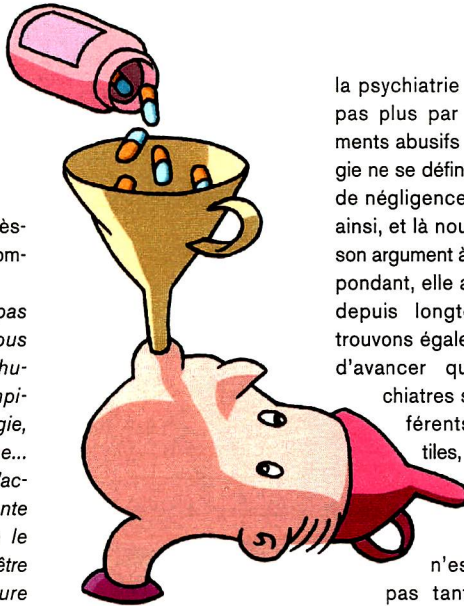
## Psychiatrie n'est pas psychanalyse

M. M.J., de Buxières-lès-Mines, écrit, après des compliments flatteurs :

«... Là où je ne suis pas content, c'est lorsque vous traitez des sciences humaines, non exactes, empiriques, comme psychologie, psychiatrie, psychanalyse... En psychologie, je suis d'accord avec cette enseignante d'université qui dit que le quotient intellectuel peut être comparé à une mesure d'électrons à l'aide d'un double-décimètre. Je vois tout à fait ce qu'elle veut dire. Les psychologues s'intéressent bien à des choses réelles, mais qui ne sont pas mesurables ou calculables de façon rigoureusement exacte, et pourtant on les écoute comme s'ils détenaient la vérité ; c'est donc faire preuve de naïveté et ce n'est pas très sérieux. Alors, pourquoi devraient-ils décider de l'avenir de l'individu ? Souvent l'on découvre soi-même sa voie, comme pour moi l'informatique, la musique, les sports, l'astronomie amateur.»

Nous ne saisissons pas bien le reproche de notre correspondant : il y a déjà bien longtemps que nous avons exposé les limites du QI, qui n'est qu'un critère relatif d'appréciation de l'intelligence, et bien moins longtemps que nous avons, comme le souhaite ce lecteur, dénoncé l'utilisation abusive de la psychologie, par exemple, dans le recrutement.

«Si la psychiatrie est contestée, poursuit ce correspondant, et au ban de



*l'opinion publique, ce n'est pas un hasard. Les internements excessifs pour régler discrètement des intrigues familiales, type placement libre, parlent d'eux-mêmes. Certes, il y a des psychiatres plus ouverts que d'autres, mais souvent ils sont les dépositaires d'un ordre social, défendent toujours l'intérêt familial en premier lieu et très peu l'individu malheureux, frustré, handicapé, dont l'intérêt passe en dernier... Si l'anti-psychiatrie n'avait rien à dire, elle aurait disparu depuis longtemps... Vous me paraissez bien dociles, pas très frondeurs vis-à-vis du problème psychiatrie abusive, vous n'avez pas l'air d'attirer l'attention sur le scandale des neuroleptiques calmant soi-disant l'anxiété. En résumé, vous reconnaissez une valeur à la psychologie et à la psychiatrie, mais vous n'en trouvez aucune à la psychanalyse.»*

Nous n'avons pas conscience du fait que la psychiatrie serait «au ban de l'opinion publique». En outre,

la psychiatrie ne se définit pas plus par des internements abusifs que la chirurgie ne se définit par des cas de négligence. S'il en était ainsi, et là nous retournons son argument à notre correspondant, elle aurait disparu depuis longtemps. Nous trouvons également inexact d'avancer que les psychiatres seraient indifférents, voire hostiles, aux détresses de l'individu. Leur attitude n'est d'ailleurs pas tant d'être des

conseillers, ce qui est le rôle des psychologues, que de soulager la souffrance. Quant à dire que nous ne sommes pas actifs sur le front de la prescription abusive des tranquillisants, il nous faut conclure que ce correspondant ne nous lit qu'occasionnellement : nous avons là aussi dénoncé si précisément ces abus que cela nous a valu procès. Nous avons, à maintes reprises, relevé la singularité qui fait que les Français sont les plus grands consommateurs de neuroleptiques au monde.

Quant à la psychanalyse, nous avons très souvent exposé les raisons de conclure que ses postulats sont invérifiables et son efficacité plus que discutable.

Dans le reste de sa longue lettre ce lecteur expose les raisons de croire que la psychanalyse n'est pas morte, contrairement à ce que nous avons écrit. Mesurer la valeur d'une théorie à sa popularité nous paraît dangereux : l'astrologie aussi a beaucoup d'adeptes...

## Encore plus d'informations sur les thèses

Nous avons indiqué dans notre numéro 914, p. 130, que la banque de données Thésa, accessible par minitel, répertoriait toutes les thèses en cours dans la quarantaine d'écoles réunies au sein de la Conférence des grandes écoles.

M. G.F. Euvrard, responsable de Téléthèses, nous indique que cette dernière base est «la seule application française susceptible de fournir, depuis 1972, toutes les thèses soutenues, alors que Thésa ne retient que des thèses en cours, et ce, hélas ! uniquement dans les Grandes Ecoles.» Dont acte. Richesse d'information ne saurait nuire. Coordonnées de Téléthèses : Centre national du catalogue, collectif national, 5 rue Auguste-Vacquerie, 75116 Paris. Tél. : 1 47 20 82 33.

## Sida : quel est donc le comportement du virus ?

«J'ai lu dans un de vos numéros un article sur le comportement du virus du sida d'après le biologiste Peter Duesberg», écrit M. T.C., étudiant, de Mouradia (Algérie). «Pour Duesberg, il entre dans l'organisme grâce au macrophage. Mais dans un article ultérieur, vous dites qu'il entre dans l'organisme en s'accrochant à des récepteurs des lymphocytes T. Je ▶

# Si vous avez réussi à nous convaincre vous avez déjà presque réussi.

Depuis 11 ans,  
l'Association Jacques Douce organise un  
concours ouvert aux jeunes de moins de 30 ans  
qui ont un projet d'entreprise  
concernant la diffusion de services et  
de produits de communication.  
Tout au long des étapes du concours,  
un conseil de personnalités du  
monde des affaires juge à la fois de la rigueur  
et de l'originalité du projet.



S'ils réussissent à convaincre les membres  
du conseil, les lauréats bénéficient non  
seulement d'une aide financière mais aussi  
d'un réseau relationnel composé de grands  
décideurs économiques.

Si vous êtes sûr de vous et de votre projet,  
contactez l'ASSOCIATION JACQUES DOUCE  
au 45 03 10 77

Date limite dépôt des candidatures 6 Janvier 94.

Avec le soutien de la BNP

69, Rue de la Tour - 75116 Paris Tél. : (1) 45 03 10 77 - Fax (1) 45 03 40 04 - N° du répondeur (1) 40 72 80 09

ASSOCIATION JACQUES DOUCE.

suite de la page 12

vois une contradiction entre ces deux articles.»

Citer l'opinion de Duesberg n'engageait nullement notre adhésion : ce biologiste estime, en effet, au défi de toutes les évidences (contamination sanguine, par exemple) que le virus VIH n'est pas responsable du sida ! Qu'il ne soit pas le seul responsable est une hypothèse admissible encore qu'incomplète, mais qu'il n'y soit pour rien en est une tout autre. Les travaux réalisés depuis confirment qu'il s'attache bien à des récepteurs à la surface des lymphocytes.

## Kennedy, les faits et les idées :

### 1. Un chirurgien écrit

Notre article sur les conclusions des enquêtes médicales sur l'assassinat du président Kennedy nous ont valu un courrier étonnamment abondant. Apparemment, ce sujet touche beaucoup de lecteurs, surtout ceux qui sont enclins à penser qu'il y a eu complot.

Après avoir jugé notre article "très sensé", le Dr V.R., chirurgien, de Bruno, relève à juste titre des impropriétés dans la traduction qui a servi de base à notre collaborateur : "nerf axillaire" est un terme américain qui correspond, en fait, au plexus brachial. «Le nerf vague et les "nerfs phréniques" semblent des structures assez confuses dans votre article. En réalité, il y a deux nerfs vagues ou pneumogastriques qui donnent l'innervation parasymp-

athique du cœur et d'autres viscères. Leur section n'entraîne que peu de troubles. En revanche, du fait de leur trajet à proximité des gros vaisseaux, carotide et jugulaire, il me paraît difficile de les léser sans endommager ces vaisseaux.

»Il y a également deux nerfs phréniques qui donnent la motricité du diaphragme, muscle respiratoire important. L'atteinte d'un seul pneumogastrique diminue la ventilation d'un poumon, mais cela n'entraîne pas de troubles graves chez un sujet sain.

»Ces quatre nerfs ont un trajet précis et constant et une autopsie peut déterminer avec fiabilité s'ils sont atteints ou non par une blessure. Une quadriplégie ne saurait être causée par une atteinte des nerfs précédents, ni par une atteinte du plexus brachial. Pour survenir, elle nécessiterait l'atteinte de la moelle épinière à la base du cou, donc la pénétration du projectile dans le canal rachidien, ce qui ne peut se produire sans dégât osseux aux vertèbres, hypothèse qui n'est pas retenue par votre collaborateur.»

Nous remercions ce lecteur de ses précisions justifiées et, il faut le dire, offertes avec une modestie fort agréable. Il semble bien, d'après l'article, toutefois, que Kennedy ait été atteint à la base du cou.

### 2. Un médecin émet des réserves

Mme C.B., médecin à Watignies, qui a également lu le rapport sur lequel nous nous sommes fondés, nous adresse une lettre très judicieuse, hélas ! trop longue pour être reprise ici dans son intégralité.

## Magnétite et sourciers



«Vous signalez, dans votre n° 914, p. 17, sous le titre "Les bactéries qui fabriquent des aimants", que de nombreux vertébrés, comme les oiseaux et même l'homme, synthétisent de la magnétite. Les premiers s'en servent pour s'orienter, quant aux humains, on n'en sait rien. Or, il semble que les travaux du physicien Yves Rocard apportent une réponse», écrit Mme L.D., de Bellocq. «Dans son livre "la Science et les Sourciers", il relate les expériences qu'il a faites auprès des sourciers et des magnétiseurs.» La magnétite se trouve dans le cerveau. Il nous semble que c'est la baguette que tiennent les sourciers qui leur indiquerait les points d'eau, pas leur cerveau.

«Il est vrai qu'on peut effectivement expliquer de façon relativement cohérente et rationnelle les blessures et les mouvements des deux hommes [Kennedy et Connally] lors de la fusillade. Un ou plusieurs tireurs, les deux thèses sont plausibles si l'on se base sur un plan purement anatomo-pathologique, et c'est ce qui a été dit lors d'un congrès de médecine légale à Los Angeles en 1993.»

De manière tout à fait pertinente, cette correspondante relève ensuite toutes les bizarreries du dossier, à commencer par celles du film, qu'on a même accusé d'avoir été trafiqué. Or, il est vrai qu'on a révélé tout récemment que le film a été enclenché quelques minutes plus tôt. Si cela ne change rien aux images cruciales, qui sont bien, elles, indiscutables, cela en modifie l'étalement temporel. Cela indique, en effet, que le tireur a disposé de plus de temps pour tirer et recharger son fusil, au moins entre la première et la deuxième balle.

«En tout cas Oswald n'aurait pas pu, techniquement, tirer quatre balles, tout le monde est bien d'accord

là-dessus. On ne peut expliquer l'intégralité de différentes blessures que si la même balle a traversé le cou de Kennedy, puis provoqué toutes les blessures de Connally...», poursuit ce médecin. «Par ailleurs, John Connally a toujours affirmé que la balle qui avait touché Kennedy n'était pas la même que celle qui l'avait frappé.»

La majorité des témoignages concordent quant aux trois coups de feu. Sur le témoignage de Connally, qui implique l'existence d'une quatrième balle, il y a lieu de faire des réserves, car le gouverneur du Texas avait à ce moment-là le dos tourné.

«Sans s'enliser dans cette controverse sans fin, je crois qu'on ne peut, en toute honnêteté intellectuelle, affirmer dans un journal sérieux comme "Science & Vie" qu'il n'y a plus de mystère en ce qui concerne l'assassinat de John Kennedy et que Lee Oswald était le seul tireur», écrit encore cette correspondante.

Science & Vie a pour principe de ne s'intéresser qu'aux faits qui sont de son ressort ; en l'occurrence, les circonstances matérielles de l'atten-



tat. Nous ne croyons donc pas avoir failli à ce principe. En revanche, il est bien vrai que demeurent beaucoup de mystères dans l'affaire, dont notre confrère américain *Newsweek* (22 novembre 1993), entre autres, a longuement fait état. En résumé, l'attentat a pris de court les autorités américaines, qui ont bien cru, dès les premières heures qui ont suivi, que Kennedy avait été la victime d'un complot comportant plusieurs personnes et qui avait été organisé par des gouvernements étrangers. La panique et l'inquiétude ont alors dicté des comportements aberrants, dont le plus marquant a été la précipitation et la dissimulation avec lesquelles ont opéré les médecins chargés de l'autopsie. Loin de respecter l'intégrité physique du président, tel qu'il était, et comme le commandaient des règles déontologiques aussi bien que juridiques, ils ont, par exemple, reconstitué sa boîte crânienne comme si de rien n'avait été.

Quand il vit leur travail sur le cadavre de son frère, le ministre de la Justice, Robert Kennedy, le désapprouva à tel point qu'il interdit de montrer la dépouille présidentielle à qui que ce fût.

Mais cela, c'est de l'histoire.

### 3. Les incroyables

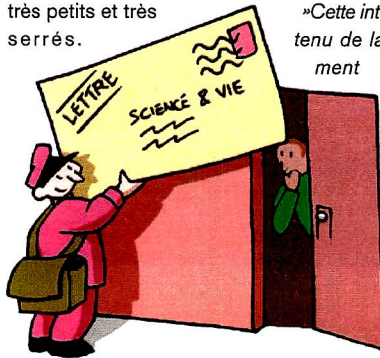
M. J.C.L., de Bordeaux, M. R.C., de Bordeaux, M. D.B., de Versailles, M. F.D., de New Delhi, M. et Mme A.P., de L'Isle-sur-la-Sorgue, nous ont également adressé des lettres, dont deux sont trop longues pour être reprises ici, et qui toutes quatre désapprouvent la conclusion de notre article. Leurs observa-

tions sont cependant plausibles, et nous rendons ici hommage à leur connaissance du dossier de l'attentat.

Une objection est commune à ces lettres : la médiocrité des talents de tireur d'Oswald. «*Lors de son recrutement dans les Marines, je crois, Oswald obtint la plus médiocre notation*», écrivent M. et Mme P., ce qui est exact. C'était avant son départ pour l'URSS. Là-bas, Oswald obtint et l'autorisation d'acheter un fusil, pour participer aux chasses de ses collègues d'usine, et le privilège de recevoir des leçons de tir d'un instructeur qui, incidemment, appartenait au KGB, comme cela vient d'être révélé. Il faut croire que ce fut un bon instructeur. Mais pourquoi donc Oswald tenait-il tant à être bon tireur ?

### Nos pauvres petites compétences...

Il advient parfois que certains lecteurs nous prêtent une érudition et une compétence égales aux leurs. Ils nous adressent alors des mémoires sur des sujets hautement spécialisés. Qui plus est, ces mémoires sont parfois volumineux. Nous en avons reçu qui dépassaient cent pages en caractères très petits et très serrés.



Pour y répondre de manière acceptable, il nous faudrait consacrer de nombreuses heures à les lire, puis d'autres heures à nous informer et à consulter des autorités, qui ne sont pas toujours disponibles, et à y réfléchir, avant de rédiger une réponse acceptable.

Ces envois, comparables à des bouteilles à la mer, demeurent donc le plus souvent sans réponse, hélas ! Exception fut faite pour M. D.W. Un je-ne-sais-quoi dans la modestie de son texte, associé à une frappante originalité dans le propos, dans le soin mis à le rédiger, dans l'angoisse que ce correspondant exprime à propos de sa durée de vie, enfin le fait qu'il demeure fort loin, aux Philippines, tout cela nous a quand même fait parcourir un texte difficile, titré : «*Les formules de Lorentz découlent de causes premières faciles à mettre en évidence.*»

Nous n'en reproduisons, et pour cause, que le début. On y mesurera l'originalité et la logique de l'auteur.

«*L'expansion de l'Univers ne peut s'expliquer qu'à la condition de le comparer à une immense bulle à peu près sphérique, comportant quatre dimensions géométriques réelles, dont le rayon (appartenant à une quatrième dimension et perpendiculaire à notre espace tri-dimensionnel familier) s'accroît actuellement à raison de 300 000 km/s.*

»*Cette interprétation, compte tenu de la valeur généralement accordée à la constante de Hubble, permet de faire remonter l'âge du cosmos à environ quinze milliards d'an-*

*nées, à condition toutefois que la vitesse des ondes électromagnétiques soit demeurée constante, ce qui est loin d'être évident. Par ailleurs, quelle que puisse être la vitesse d'un quelconque mobile par rapport à l'espace tri-dimensionnel environnant (nulle, moyenne ou équivalente à celle de la lumière), ce mobile franchit toujours, invariablement, 300 000 km au cours de son périple à l'intérieur de l'espace quadri-dimensionnel propre à notre univers, lors de chaque seconde écoulée sur Terre. De ce qui précède, les formules de Lorentz vont découler automatiquement.*»

Suit la démonstration, dont l'importance exclut que nous la reproduisions ici. Nous n'y avons pas relevé de contradiction mathématique et c'est un ensemble qui se tient. Mais nous ne pouvons nous prononcer sur sa validité par rapport à l'Univers physique. Les transformations de Lorentz et les modèles d'Univers qui en découlent, en effet, sont toujours l'objet de débats passionnés entre les plus grands physiciens actuels... et nous ne nous comptons pas dans le nombre.

Si le texte de M. W. retenait l'attention de l'un d'eux, nous nous ferions toutefois un devoir de lui en communiquer copie intégrale.

Mais nous rappellerons à nos lecteurs nous adressant des mémoires comparables que nous ne faisons nullement profession d'arbitres dans des territoires aussi périlleux. ■

### ERRATUM

Dans notre article «*Dompter la foudre*» du n° 913, p. 47, le nom du photographe est erroné : il faut lire John Autery. Toutes nos excuses à l'auteur pour cette erreur.

### Quand l'Armée Rouge prenait son pays pour cobaye

La plus lourde stèle sur l'Armée Rouge s'est abattue, il y a quelques semaines, avec la révélation de l'une des plus révoltantes infamies de ce siècle : en 1954, ont révélé les archives soviétiques, cette armée a testé la bombe A sur 45 000 de ses propres soldats et sur les villageois de l'Oural.

On serait tenté de douter de la véracité des faits ; ils sont pourtant confirmés par un film que les autorités militaires soviétiques elles-mêmes avaient réalisé. Le 14 septembre 1954, à 9 h 33, l'Ar-

mée Rouge faisait exploser à 350 m d'altitude au-dessus du village de Totskoye, dans l'Oural, une bombe A de 20 kilotonnes. Les soldats soviétiques ne se trouvaient pas là par hasard, et ce n'est pas par inadvertance que les généraux galonnés avaient choisi ce site : ils y avaient fait venir exprès les militaires, parqués dans des cahutes. Pis : alors que le territoire était encore brûlant de poussières radioactives, ils y firent exécuter des manœuvres. La majorité des troupes présentes ne fut pas autorisée à quitter le site, de sorte qu'elle fut irradiée pendant vingt-quatre heures.

Totskoye même avait été partiel-

lement évacué. Partiellement, parce que plusieurs villageois avaient refusé de quitter leur maison.

Il s'agissait donc, bel et bien, d'une expérimentation humaine à très grande échelle. D'ailleurs, comme l'a rapporté un ancien officier qui était là, « tous les dignitaires des pays socialistes, tout l'état-major, tous les ministres de la Défense [du pacte de Varsovie] étaient présents, au sommet d'une colline, [mais] à quinze kilomètres du site. » La radioactivité fut mesurée : 50 roentgens, ce qui était énorme. D'ailleurs, des animaux avaient été brûlés vifs dans un rayon de 4 000 m.

Peut-être apprendra-t-on, par d'autres documents des archives soviétiques, combien de soldats moururent des suites de cette exposition intempestive.

Dans un article sur cet épisode atroce, notre confrère Laurent Silbert, du *Quotidien du médecin* (10 novembre 1993), rappelle que « le Pentagone estime à 200 000 le nombre de militaires exposés aux 235 tests atmosphériques effectués entre 1944 et 1962 ». Toujours selon le Pentagone, les doses de radiations n'auraient été que le dixième de ce qu'elles étaient chez les Soviétiques, un maximum de 5 roentgens seulement étant autorisé. Mais Silbert rappelle encore, à juste titre, que « la population de Bikini, à qui on avait promis qu'elle pourrait retourner chez elle, a été décimée par les radiations ».

Comme quoi la guerre froide a quand même fait des victimes atomisées. Fut-ce par ignorance ? Pourtant, il semble bien que l'on connaissait les effets des explosions atomiques sur les humains depuis les explosions d'Hiroshima et de Nagasaki.

Un "champignon" soviétique de 1954 : dessous, des soldats de l'Armée Rouge.



Studio Daugs/Emission Polygon

## Botanique

# Des fleurs inconnues de Dieu

Les fleurs qui poussent dans le laboratoire du Pr Elliott Meyerowitz, au California Institute of Technology de Pasadena, ne se trouvent pas dans la nature. Certaines ont des feuilles à la place des pétales, d'autres, des pétales, ou encore des pistils, à la place des étamines. Ces fleurs étranges résultent de manipulations génétiques.

Les horticulteurs savent depuis longtemps créer des fleurs nouvelles, par pollinisation croisée et sélection des hybrides. On a obtenu ainsi de nombreuses variétés de roses ou de tulipes qui n'existaient pas au siècle dernier. Et les agriculteurs ont ainsi obtenu des variétés hybrides de maïs, de riz et de blé. Ces méthodes "classiques" reposent sur le mixage de dizaines de milliers de gènes et le choix, parmi les descendants produits au hasard des croisements, d'individus qui semblent posséder des qualités intéressantes.

Le Pr Meyerowitz procède différemment, sans rien laisser au hasard. Il a identifié les gènes qui contrôlent diverses étapes de la formation des organes d'une fleur, et a appris à remplacer tel ou tel gène par un gène mutant, obtenu en laboratoire.

Pour ses expériences, il a choisi une petite plante de la famille de la moutarde, l'*Arabidopsis thaliana*, qui contient relativement peu de gènes. Il a montré que, comme chez d'autres organismes vivants, le développement d'un embryon est orchestré avec précision par un groupe de gènes, dits Homeobox, ou plus simplement Hox.

Des gènes Hox doivent être activés au bon moment, au bon endroit



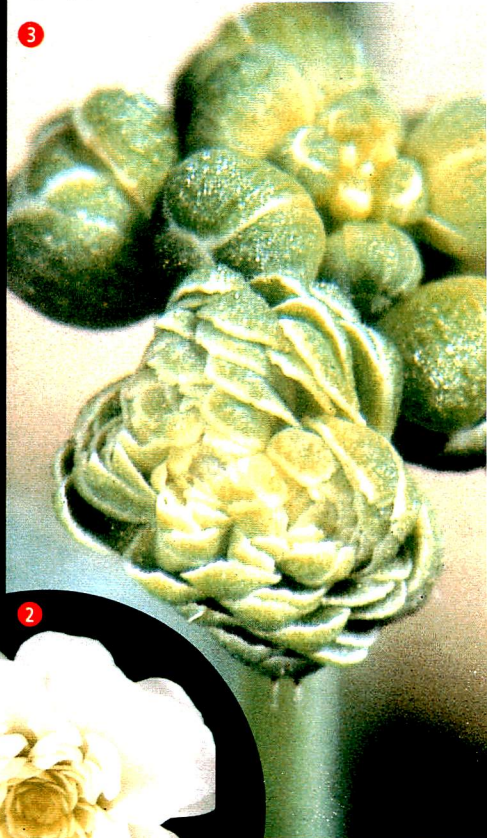
La petite fleur d'*Arabidopsis* 1, normalement dotée de quatre feuilles entourant les étamines, organe mâle producteur de pollen, se transforme au gré de manipulations génétiques. Ainsi, deux mutations différentes donnent une fleur dans laquelle les étamines sont transformées en pétales 2. Enfin, une triple mutation donne une fleur faite exclusivement de feuilles, que l'on ne devrait trouver que sur la tige 3.



et pendant une durée déterminée. Ils doivent ensuite être inactivés, sinon ils provoquent des malformations et des croissances cellulaires sauvages – des cancers. On peut comparer ces gènes aux instructions d'assemblage d'un appareil complexe. Le développement complet passe donc par la lecture dans un ordre précis de tous les gènes Hox, par leur activation et leur inactivation.

En provoquant des mutations des divers gènes Hox de l'*Arabidopsis*, Meyerowitz et ses collaborateurs ont identifié leur rôle et la séquence de leur activation. Ils ont ainsi trouvé des gènes responsables de la

Photos Meyerowitz/California Institute of Technology

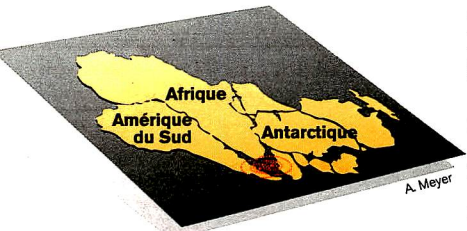


formation et de l'emplacement des feuilles, des pétales, des sépales et autres organes floraux. Ces gènes ne diffèrent que par quelques détails, ce qui laisse à penser qu'ils ont une origine commune et qu'ils ont évolué par spécialisation. C'est leur modification qui permet de "dessiner" des fleurs inconnues.

La plupart des plantes, d'ailleurs, ont des systèmes de contrôle similaires. De telles manipulations devraient donc permettre de modifier à volonté les plantes alimentaires cultivées, par exemple en multipliant le nombre de graines produites par une céréale.

## Des armes à feu aux Etats-Unis

● La moitié des morts accidentelles (209 au total) dans le comté de Los Angeles pendant les vingt mois écoulés ont été causées par des armes à feu. Et, sur 97 homicides enregistrés sur les lieux de travail, 95 ont été causés par des armes à feu. Chiffres éloquentes, il nous semble.



## Le pire bombardement jamais vu

● Il survint il y a 250 millions d'années, quand toutes les terres émergées ne formaient qu'un seul continent, Gondwana. On en a retrouvé les traces dans ce qui fut le point de jonction de l'Amérique du Sud, de l'Afrique et de l'Antarctique. Il aurait été causé par l'impact d'un astéroïde qui se fragmenta en cinq morceaux de 8 à 16 km de diamètre. Il est possible que ce choc, générateur de séismes 100 000 fois supérieurs aux plus violents de tous les tremblements de terre connus, ait enclenché la séparation de Gondwana, engendrant du même coup des éruptions volcaniques en chaîne. 96 % des espèces vivantes y disparurent.

## Ethologie

## Les poules aiment bien la télé...

**S**urtout si elle montre des poules ! Cette information paraîtrait relever du canular si elle n'émanait de l'université de Guelph, dans l'Ontario, et si les recherches qui y furent menées n'avaient pas été subventionnées à la fois par l'université suédoise des sciences agricoles, le ministère de l'Agriculture de l'Etat de l'Ontario et le Canadian Farm Animal Trust. Il faut donc s'y résoudre, c'est une information sérieuse.

La substantifique moelle de l'affaire se résume à ceci : les volatiles, poules, poulets et coqs, se comportent socialement de façon plus harmonieuse et, notamment, picorent sans problème en présence d'une vidéo qui montre des congénères en train d'en faire autant. Car cela peut paraître anodin aux profanes, mais il est très important pour les éleveurs que la volaille se nourrisse de façon convenable, puisqu'elle est finalement là pour engraisser et faire de la viande.

Or, il faut savoir que les poules qui s'em...bêtent sont agressives et mangent mal. Pis, elles deviennent

assassines, se battant avec leurs compagnes et compagnons d'infortune jusqu'à ce que le sang coule.

Faudra-t-il installer des vidéo dans les batteries d'élevage ? Nos experts trouvent pour le moment que ce ne serait pas très pratique, mais avec le progrès et les tomates transgéniques, on peut imaginer qu'ils se trompent et qu'on verra bientôt dans les supermarchés des boîtes d'œufs portant la mention "Pondus par des poules en élevage vidéo" et des quartiers de volaille avec le label "Poules vidéo".

L'affaire a commencé sur le mode grave, car nos chercheurs voulaient établir s'il existait ou pas un effet d'imitation parmi les animaux et si un chien qui mange incite un autre chien à manger aussi. Ce qui est intéressant, en l'occurrence, c'est que les poules se reconnaîtraient donc dans l'image animée et, il faut le préciser, sonore, d'autres poules. Il est, en effet, possible que ce soient les caquets de la volaille filmée exprimant son contentement qui influent sur le comportement alimentaire des vraies poules...

A titre d'indication, ces écrans vidéo, nous communique-t-on, mesurent 30 cm x 40 cm.

**Les poules préfèrent la télé qui montre... des poules !**



E. Malemancie

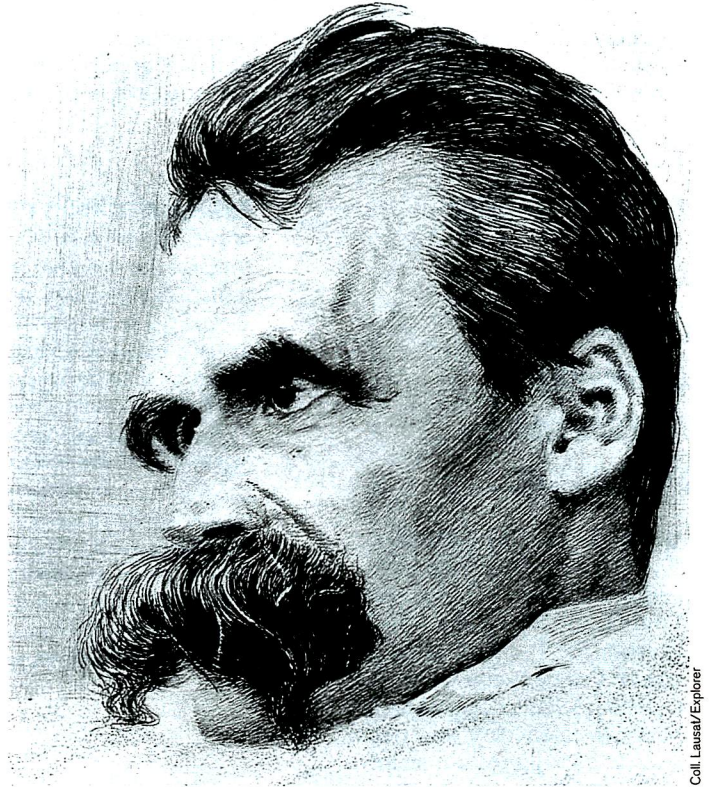
## Gènes, génie et manies

Voilà de longs mois que la recherche psychiatrique creuse la vieille idée d'un rapport entre les maladies mentales et le génie. L'idée est vieille, disons-nous, parce qu'on en retrouve l'écho chez Aristote : «Pourquoi les hommes éminents en philosophie, en poésie ou dans les arts sont-ils mélancoliques ?» demandait notre philosophe au IV<sup>e</sup> siècle avant notre ère, déjà.

Et l'on trouve des chiffres qui semblent probants : selon Arnold M. Ludwig, professeur de psychiatrie à la faculté de médecine de l'université du Kentucky, 60 % des acteurs, 41 % des romanciers, 10 % des officiers supérieurs et 3 % des physiciens sont alcooliques. Si l'on se penche sur le passé, le nombre de grands neurasthéniques, mélancoliques, maniaco-dépressifs et autres est évidemment impressionnant : de Schumann à Nietzsche, de Shelley à Van Gogh, la liste est longue. Les psychiatres, rapporte le Dr Kay Redfield Jamison, ont relevé de dix à trente fois plus de dépressions parmi les artistes que parmi la population moyenne.

On a donc cherché, comme c'est rituel, un "gène de la manie dépressive", on a cru l'avoir trouvé, mais c'était une fausse piste.

Ce genre de recherches connaît un grand retentissement et deux livres récemment parus aux Etats-Unis en témoignent, *Touched With Fire : Manic Depressive Illness and Artistic Temperament*, du Dr Jamison, déjà citée, et *The Price of Greatness*, du Dr Ludwig, déjà cité également. Mais ils laissent sceptiques. Si l'on reprend les taux cités par Ludwig, on se demandera pourquoi l'on trouve si peu d'alcooliques, 3 %, donc, parmi les



Coll. Lausai/Explorer

**Frédéric Nietzsche : parce qu'il fut célèbre, sa folie (syphilitique) le fut aussi ! Mais que de fous anonymes...**

physiciens. Manqueraient-ils donc de génie ? Il s'en faut. Ne serait-ce pas plutôt parce qu'ils sont mariés et sont donc bien moins exposés aux intermittences du cœur et à l'intempérance que les artistes ?

Et ces derniers ? Existe-t-il donc un gène du comédien, du poète et du peintre ? Ou n'est-ce pas plutôt que leur sensibilité aiguë, fibre essentielle de leur métier, les rend plus vulnérables que les fonctionnaires aux cahots de l'humeur ? Si l'on trouve tant de dépressions chez eux, ne serait-ce pas parce que leur gagne-pain dépend de

leur talent, qui est chose variable, et de leur succès ? Un peintre qui ne vend rien, comme Van Gogh, n'est guère disposé à prendre la vie du bon côté.

Puis il faut se demander si, après tout, les génies se recrutent comme le reste dans le civil, ils ne seraient pas exposés aux mêmes maladies. Car enfin, les quelque 100 000 malades mentaux dénombrés chaque année en hospitalisation complète et les quelque 25 millions de journées d'hospitalisation annuelles pour maladie mentale ne sont peut-être pas le fait exclusif des génies ou des sensibilités exacerbées. Et les quelque 10 000 suicides annuels (environ un par heure, sans compter les tentatives) ne sont pas non plus, qu'on sache, le ►

suite de la page 19

fait exclusif d'artistes ni de génies.

D'un point de vue historique, enfin, il convient de se méfier des exemples anciens, car bien des artistes du passé souffrirent de maladies qu'à l'époque on ne pouvait soigner et qui affectèrent leurs humeurs : Schubert, comme Géricault,

mourut de syphilis, Beethoven était sourd, Chopin était tuberculeux, etc. Il est bien difficile d'être souriant et égal d'humeur quand on se sait condamné à une fin précoce ou à une infirmité grave à vie.

C'est là l'intérêt de l'épistémologie, car on s'avise qu'en ne considé-

rant que les artistes et génies, on s'expose à des travers d'interprétation déjà bien connus des statisticiens prudents. Les généralités sur la mélancolie des artistes et la recherche du gène virtuel responsable méritent donc d'être abordés avec un peu plus de réserve.

## Paléontologie

# Quand les chameaux broutaient en Espagne...

Des fragments de camélidés récemment retrouvés en Espagne, à la Venta del Moro et à Librilla, ont remis sur le tapis la question de l'origine des chameaux. Ces fragments, de l'espèce *Paracamelus*, qui remontent au Miocène supérieur et sont vieux de 7 à 7,5 millions d'années, devraient donc écarter des visions de caravanes montées par des Néanderthaliens. Reste que ce sont les premiers vestiges de chameaux fossiles jamais retrouvés en Europe (1).

L'origine de tous les camélidés est l'Amérique, et l'on a même pu reconstituer (plus ou moins) leur itinéraire. Franchissant le détroit de Behring dans le sens inverse de celui que suivirent les premiers hommes, ils auraient parcouru l'Asie puis l'Europe du Sud pour arriver en Espagne.

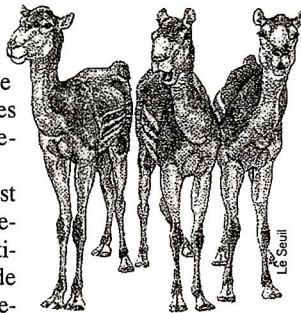
L'Amérique était alors peuplée de quatre espèces de camélidés, le *Procamelus*, le *Titanotylopus*, le *Gigantocamelus* et le *Megacamelus*. Pas trace de *Paracamelus* américain. Quel était donc son ancêtre ? Le *Titanotylopus* et le *Gigantocamelus* sont exclus, car ils sont ap-

parus bien après le camélidé espagnol. Restent le *Procamelus* et le *Megacamelus*. Et reste aussi la question : pourquoi le chameau a-t-il disparu des Amériques ?

(1) Martin Pickford, Jorge Morales et Dolores Soria, "First Fossil Camels From Europe", *Nature*, 21 octobre 1993.

## Ecorce d'orange contre cancer

● On a souvent suggéré que l'écorce d'orange combattait les cancers et même les ferait régresser. Une récente étude (voir *Cancer Research*, septembre 1993) indique qu'une substance appelée limonène, présente dans l'écorce d'orange, est efficace contre les tumeurs de l'animal : chez 70 % de rats porteurs de tumeurs expérimentales, celles-ci ont disparu et, chez 20 % des 30 % restant, la tumeur a diminué de moitié, après adjonction au régime alimentaire d'une quantité appréciable de limonène. Celui-ci agirait de manière spécifique, en multipliant des récepteurs d'un certain type (M66P/IGF-II) qui captent une protéine du limonène (TGF bêta), qui accélère la mort des cellules cancéreuses. Les chercheurs appellent néanmoins le public à ne pas s'exposer à des régimes "sauvages" de limonène, ce qui peut entraîner des effets secondaires importants. Le limonène est un monoterpène, composé hydrocarboné, de même que l'huile de lavande.



Des chameaux de l'Oligocène (tiré du *Livre de la vie*, dont nous rendons compte p. 155).

## Une drogue anticancéreuse déçoit

● Annoncé à grands sons de trompe par les chercheurs américains comme la drogue anticancéreuse par excellence, le taxol, substance extraite de l'if, déçoit considérablement les médecins américains qui l'ont mis à l'essai. Ses effets sont infiniment moindres que ceux prédits, et sa toxicité pour la moelle osseuse est considérable. Nous regrettons de nous être, nous aussi, laissé abuser par les déclarations mirifiques de chercheurs qui ont sauté un peu vite sur les conclusions de travaux *in vitro*.

Hygiène alimentaire

## De la hanche à la casserole, le lien inattendu

Théorie d'un épidémiologiste, Robert Cummings, de l'université de Sydney : les ménagères et les célibataires qui ont utilisé des casseroles en aluminium entre 20 et 50 ans se sont exposés à des risques accrus de fractures de la hanche et du col du fémur.

L'idée de Cummings est bizarre ; elle semble cependant vérifiée par les résultats d'une étude faite sur un groupe de 416 personnes de plus de 65 ans : la moitié (35 hommes et 174 femmes) avaient souffert de telles fractures osseuses (1). «Cuisinez-vous dans des casseroles en aluminium ?» demanda-t-il. Le décompte des réponses montra que ceux qui le faisaient couraient deux fois plus de risques de fractures osseuses que les autres. Hypothèse proposée : les traces d'aluminium ingérées tous les jours auraient modifié la formation du squelette et fragilisé les os. Entre 1930 et 1960, la vogue des fruits cuits à la vapeur fit que l'on cuisina très fréquemment des nourritures acides, qui dissolvaient l'aluminium. Et c'est ainsi qu'on en aurait consommé des quantités anormales.

Néanmoins, lorsqu'on fait la cuisine, c'est pour la famille entière et donc le nombre de gens qui devraient avoir souffert de troubles osseux devrait être considérablement plus grand que les 50 % relevés par Cummings.

Rappelons que les ustensiles de cuisine en aluminium supplantent, dans la majorité des foyers, les anciens ustensiles en fonte, lourds et souvent difficiles à nettoyer, et en cuivre, sujets à des oxydations bien plus dangereuses. En outre,



Boyer-Vollet

**On se mitonnait des petits plats et des fractures de la hanche...**

dès les années soixante, les récipients de cuisine émaillés et en inox supplantèrent à leur tour les batteries en aluminium, pour deux excellentes raisons : ils n'altéraient pas le goût des aliments et étaient encore plus faciles à récupérer.

Cela fait plus de trente ans, donc, qu'on se sert de moins en moins d'ustensiles en aluminium. Et il n'existe pas pour le moment de statistiques qui indiquent une quelconque incidence des instruments

émaillés ou en inox sur les fractures de la hanche !

Enfin, il reste à démontrer que les récipients en aluminium cèdent assez de particules métalliques pour modifier la croissance osseuse.

Cummings est conscient de ces objections, et a lui-même déclaré qu'il est trop tôt pour jeter au rebut les batteries en aluminium. Comme quoi les idées les plus séduisantes peuvent être fausses parce que... à moitié cuites !

(1) "Brittle Bones - The Legacy of Aluminum Pots ?", *New Scientist*, 6 novembre 1993.

### Maladie navajo : c'était un virus nouveau

● L'épidémie de pneumonie qui, ces derniers mois, a causé dix-huit morts aux Etats-Unis, presque tous parmi des Indiens navajos, est due à un virus nouveau. C'est un hantavirus, c'est-à-dire un virus du groupe Hantaan (identifié en Asie pour la première fois), groupe responsable de fièvres hémorragiques avec syndrome rénal. Mortel à 75 %, il est véhiculé par les rats et les souris.

### Graisses alimentaires et prostate

● Ce n'est qu'une corrélation, mais on relève que les hommes qui souffrent de cancer de la prostate ont suivi des régimes alimentaires riches en graisses.

**Physique**

## Trois soleils sur la Terre

Le point le plus brûlant du système solaire, jeudi 9 décembre dernier à 11 h 15, se situait dans l'Etat du New Jersey. La température est montée jusqu'à 100 millions de degrés – trois fois plus chaud que le cœur du Soleil – à l'intérieur du réacteur de fusion Tokamak, du laboratoire de physique des plasmas de Princeton. Cela permit à 30 g de tritium de

fusionner avec du deutérium gazeux pour former des noyaux d'hélium. Durant quatre secondes, les réactions de fusion nucléaire ont dégagé 3 millions de watts, battant largement le précédent record (1,7 million) obtenu l'an dernier par le réacteur européen homologue, le JET, à Culham (Grande-Bretagne).

Un grand pas en avant, capable

de redonner espoir aux scientifiques qui s'acharnent depuis plus de vingt ans à domestiquer la fusion thermonucléaire. Cette source d'énergie aurait l'avantage de produire moins de déchets radioactifs que la fusion traditionnelle et surtout de consommer un carburant à peu près gratuit : l'eau, plus exactement l'hydrogène ou, en l'occurrence, ses isotopes, deutérium ou tritium. Mais la route est encore bien longue : pour provoquer ces réactions, il a fallu injecter huit fois plus d'énergie dans la machine que celle-ci n'en a dégagé par la fusion !

Il y a deux façons d'obtenir de l'énergie nucléaire : soit on casse un noyau atomique lourd (de l'uranium, en général) en deux noyaux plus légers – c'est la fission –, soit on réunit deux noyaux très légers pour en former un plus lourd – c'est la fusion, qui fournit l'énergie du Soleil et des étoiles. Mais autant la fission est (assez bien) maîtrisée dans les centrales nucléaires classiques, autant la fusion pose des problèmes techniques redoutables. Toute la difficulté consiste à rapprocher les noyaux légers, car ceux-ci, portant des charges électriques positives, se repoussent. Depuis des décennies donc, et à coup de milliards de dollars, des centaines de physiciens tentent de surmonter cette répulsion électrique, la technique retenue dans les réacteurs de type Tokamak pour rapprocher les noyaux consistant à les confiner par un champ magnétique ultra-puissant.

Après ce record, l'équipe de Princeton espère parvenir à une puissance dégagée de 10 millions de watts dans les prochains mois. Mais, aux dires des plus optimistes, on ne peut pas compter sur un réacteur industriel avant quarante ans !

H.G. ■

Ont collaboré à cette rubrique :  
Hélène Guillemot  
et Daniel Tarnowski.

**Physique**

## Neutrino lourd : 1985-1993

L'année s'achevait à peine que les physiciens ont dû saluer le décès de M. Neutrino Lourd, âgé de 8 ans. Et, ô scandale, ce décès a été salué par des manifestations de joie.

Pour le comprendre, il faut lire la biographie du disparu, par Douglas Morrison, chercheur, historien des sciences et physicien au CERN, laboratoire européen de physique des particules (1). Particules élémentaires dépourvues de charge électrique et (pratiquement) sans masse, les neutrinos manifestent une splendide indifférence à l'égard de tout ce qui les entoure. Leurs interactions avec d'autres particules sont rarissimes. Les neutrinos font pourtant partie du club très fermé des constituants de base de l'Univers et sont à ce titre étudiés de près par les physiciens.

En 1985, le Canadien John Simp-

son lançait une bombe dans le milieu scientifique en annonçant la découverte d'un neutrino de masse considérablement plus élevée que prévu : un éléphant, là où l'on attendait une souris. Les premières vérifications expérimentales furent négatives. Mais l'histoire rebondit en 1989-1990 avec de nouveaux résultats et la résurrection du neutrino lourd (voir *Science & Vie* n° 888, p. 40).

Le verdict est quand même tombé : il n'y a pas de neutrino lourd. Mais le plus important pour Morrison est que cette histoire marque le « triomphe de la méthode scientifique ». Il est, en effet, remarquable de voir comment, dans cette controverse entre chercheurs, les arguments dans un sens ou dans l'autre ont été pris en compte et discutés par chacun des deux « camps ». Morrison oppose ce véritable cas d'école à ce qu'il observe dans le cas de la fusion froide où « une petite centaine de chercheurs, affirme-t-il, continue d'enregistrer des résultats positifs, qu'ils soient compatibles ou non, et d'ignorer ou de critiquer les résultats négatifs d'expériences plus nombreuses et souvent menées avec un appareillage supérieur ».

D.T.

(1) *Nature*, 4 novembre 1993.



# CONTRE LE CANCER, LE PREMIER GESTE DE PRÉVENTION C'EST L'INFORMATION



Comme tout ce qui fait peur, le cancer devient beaucoup moins inquiétant lorsqu'on le regarde en face. Aujourd'hui, l'Institut Curie prend l'initiative d'éditer un numéro spécial de sa lettre d'information qui fait le point, avec des mots simples, sur l'état de la Recherche, de la Prévention et du Traitement de différents cancers. Cette brochure s'adresse à tous et permet de prendre conscience de réalités souvent très encourageantes. Dans le domaine du cancer, le plus important, c'est souvent la prévention ; la lecture de ces 28 pages en constitue un acte.

Les sujets abordés ? Les cancers du col de l'utérus, de la prostate, du testicule, de la corde vocale, mais aussi le mélanome malin, la maladie de Hodgkin et la relation entre gènes et cancer. **Le prix de ce numéro spécial est de 50 Francs, entièrement reversés à l'Institut Curie. Pour le commander, appelez le (1) 40 51 74 49, ou renvoyez le bon à découper ci-dessous.**



Bon de commande à retourner au service Communication de l'Institut Curie, 26 rue d'Ulm - 75005 Paris.

**Oui,** je désire recevoir le numéro spécial de "La Lettre de l'Institut Curie"  
au prix de 50 F par exemplaire, port compris.

Exemplaire(s), soit  X 50 Francs = .....Francs.

NOM.....Prénom.....

Adresse.....

Ville.....Code postal.....

Je joins un chèque postal ou bancaire à l'ordre de l'Institut Curie.

Invention

## Brouillard à boire !



Ces "barrages à brouillard" pourraient fournir de l'eau aux zones arides du globe.

P. Schemenauer

Après sept ans de recherches, les Chiliens viennent de découvrir une méthode de production d'eau potable presque gratuite, qui pourrait concurrencer les usines de dessalage du monde entier dans le Tiers monde. A la lisière du désert d'Atacama, au nord du Chili, un village de pêcheurs dans la crique de Chungungo reprend vie. L'eau y coule à flots en effet, depuis que des ingénieurs chiliens et canadiens ont installé sur une colline voisine des filets

en polystyrène. 75 larges feuilles de 12 m sur 4 m sont dressées face au vent du Pacifique proche. Leurs mailles de plastique piègent les gouttelettes de brouillard qui envahissent la colline. Il faut capter dix millions de gouttelettes pour obtenir une seule goutte d'eau, qui glisse naturellement dans une gouttière à la base des feuilles en plastique. Le liquide, véhiculé par un collecteur de 7 km, se déverse 800 m plus bas dans une citerne de 100 m<sup>3</sup>.

Chaque mètre carré de plastique capte en moyenne de 3 à 4 litres d'eau par jour. L'installation produit quotidiennement près de 11 000 l d'eau potable. Du coup, la consommation des villageois a presque doublé (de 14 à 25 l), d'autant plus que ce procédé réduit de moitié le coût de l'eau potable à Chungungo (environ 23 F/mois par foyer au lieu de 48 F). En effet, ce système ne consomme pas d'énergie puisque l'eau coule par gravité. De plus, l'entretien des filets est as-

suré par des villageois, et il revient à environ 1 200 F par unité et par an. Enfin, la brume n'étant par chance pas polluée, cette technique ne nécessite pas d'installation de traitement. Des projets similaires ont été mis au point dans les montagnes arides du Pérou et de l'Equateur. Le centre de recherche international du Canada s'intéresse maintenant aux brumes du Kenya, de l'Inde, du Yémen et des Philippines. Une récente expérience tentée dans le sultanat d'Oman a permis de produire 50 l d'eau par mètre carré de plastique. Cette performance pourrait remettre en cause la rentabilité des usines de dessalement qui sont beaucoup plus coûteuses.

Comme toute découverte géniale, ce procédé est tellement simple qu'il suffisait d'y penser. A l'avenir, le projet Camanchaca (nom donné au brouillard en Amérique latine) devrait s'affirmer comme un véritable espoir pour les pays en voie de développement.

### L'arbre "mangeur" de plutonium

● L'Agence internationale de l'énergie atomique se penche sur les propriétés physiologiques du *Strychnos potatorum*, un arbre poussant au Sri Lanka, en Inde et en Birmanie. En effet, ce végétal est capable de fixer l'uranium et ses dérivés radioactifs.

## Génie génétique

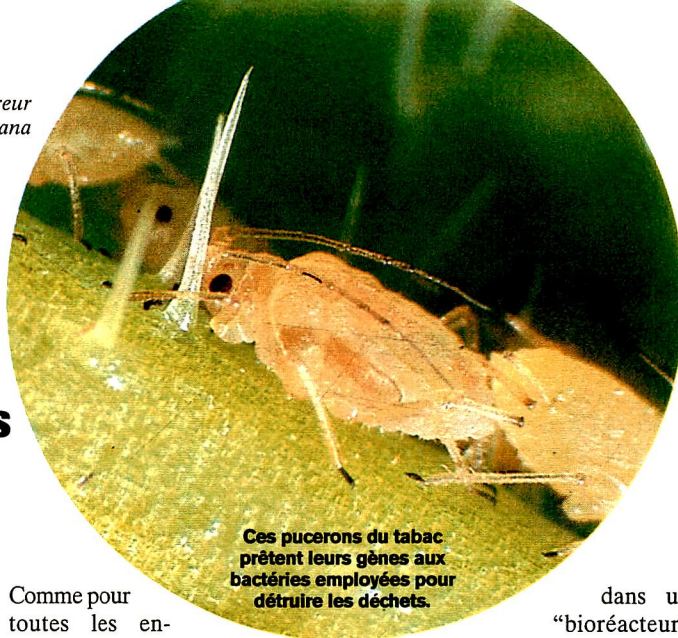
# Gènes d'insectes pour neutraliser les déchets toxiques

L'agriculture utilise de plus en plus de pesticides, mais bon nombre d'insectes continuent à proliférer dans nos campagnes. Ils développent des résistances naturelles à ces poisons. Ce phénomène, appelé "ampliation génique", fut découvert en 1985 sur des moustiques résistants au DDT. A l'époque les chercheurs prouvèrent qu'un certain gène du patrimoine génétique du moustique, présent à un exemplaire unique dans les souches d'insectes non résistantes, apparaissait à quelque deux cents exemplaires dans les souches résistantes. En effet, un seul gène ne permettant pas à l'insecte de triompher de l'insecticide, il l'a répété jusqu'à ce que l'organisme puisse sécréter suffisamment d'enzyme pour détruire l'insecticide.

Michel Roe, de l'université de Caroline du Nord (NCSU), éprouve depuis deux ans l'ampliation génique sur une espèce de puceron du tabac (*Myzus nicotianae*), particulièrement prolifique dans cet Etat, afin de comprendre la "chimie intime" de l'insecte. Il a constaté qu'un gros morceau de matériel génétique s'est déplacé d'un chromosome à l'autre, rendant l'insecte invulnérable. Il sécrète alors une quantité anormale d'une enzyme, l'estérase, qui détoxifie le poison.

## Ça souffle dans les palmiers

● Avec une puissance de 144 kW, les installations éoliennes sur l'île de la Désirade (Caraïbes) assurent 70 % des besoins en électricité de l'île.



Ces pucerons du tabac prêtent leurs gènes aux bactéries employées pour détruire les déchets.

N. Catlin/Sunset

Comme pour toutes les enzymes, c'est un gène qui commande la fabrication de cette molécule. Dans un deuxième temps, M. Roe a localisé ce gène puis l'a cloné. On a alors introduit les clones obtenus dans des bactéries, créant ainsi une "arme biologique" pour détruire les substances toxiques de déchets. En effet, certains déchets liquides ou solides soumis à l'appétit vorace de ces bactéries regroupées

dans un "bioréacteur" peuvent être détoxifiés. Cette filière s'avère prometteuse car d'autres insectes résistent aux produits chimiques de la famille des organochlorés (PCB), présents dans de nombreux déchets industriels, en produisant l'enzyme déhydrochlorinase. M. Roe affirme : «Je suis sûr que les insectes produisent des enzymes capables de lutter contre des milliers de produits chimiques.»

## Biodiversité

# La chouette qu'on croyait morte

Madagascar s'affirme comme le refuge d'espèces animales et végétales uniques au monde. Dominique Halleux, conseiller technique au World Wildlife Fund (WWF), vient de découvrir dans la région d'Andapa (nord-est de Madagascar) une chouette effraie (*Tyto soumagnei*) qu'on croyait à jamais disparue (photo ci-contre). En effet, la dernière observation date de 1930.

L'oiseau, qui était en fait tenu captif dans une minuscule cage depuis près d'un an, sera rendu à la liberté dans la forêt d'Anjanaharibe-Sud. Cette découverte, faite à quelques centaines de kilomètres de la région des captures effectuées entre 1876 et 1930, augmente consi-

dérablement l'aire de répartition de cette espèce et permet d'espérer qu'il y ait d'autres individus non repérés. Toutefois, aucun Malgache interrogé ne connaît l'oiseau.



D. Halleux/Bios

**Pédologie**

## Le sel de la terre n'est pas toujours bénéfique !

**A**u cours des dernières décennies, l'irrigation a permis d'accroître la production alimentaire mondiale de 50 %. Aujourd'hui, alors que les terres irriguées ne représentent qu'un septième des terres cultivées de la planète, elles fournissent plus du tiers des denrées alimentaires mondiales. Mais, selon un rapport de la Banque mondiale, «si, au début, l'irrigation a permis d'augmenter la production mondiale, elle produit désor-

mais l'effet contraire». En effet, le sel contenu dans l'eau d'irrigation nuit aux cultures et fait nettement baisser la production agricole dans de nombreux pays industrialisés ou en voie de développement.

### Caramba !

● La Banque mondiale accorde un prêt de 1,8 milliard de dollars sur trois ans au Mexique pour la protection de l'environnement.

## Les animaux gagnants au palmarès écolo

● Un récent sondage effectué auprès de 20 000 jeunes (de 11 ans à 15 ans) par la Confédération syndicale du cadre de vie les a interrogés sur la défense de l'environnement. 95 % se disent énormément intéressés ou un peu intéressés par l'environnement ; seuls 5 % avouent ne pas l'être. Les thèmes qui les intéressent le plus sont : les animaux (74,2 %), la nature (60,2 %), les déchets (23,4 %), l'eau (22 %) et le bruit (6 % des filles et 10 % des garçons). 23 % d'entre eux choisissent toujours des "produits verts" dans les supermarchés, 54 % souvent et 20 % jamais.

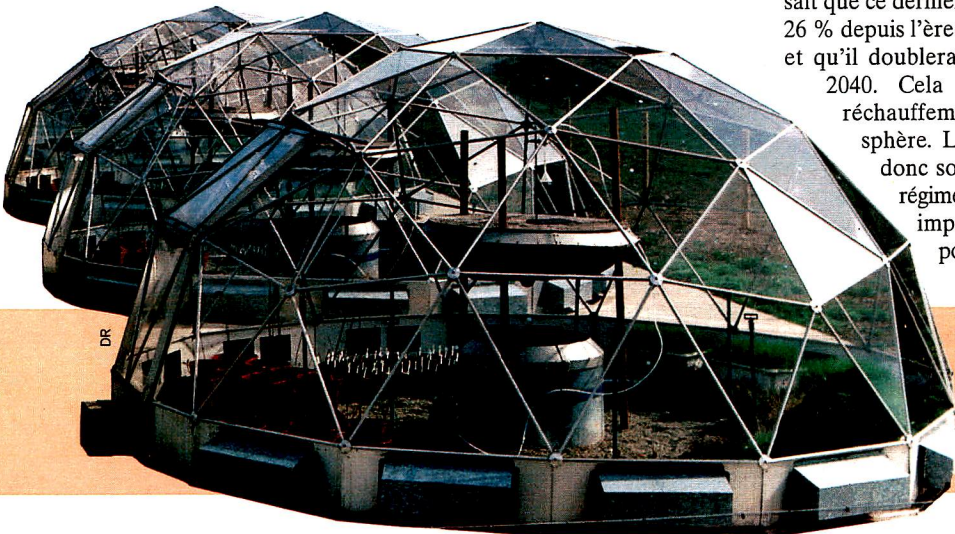
**Climatologie**

## Les dômes savants de Bangor

**Q**uelle tête aura notre planète en 2040 ? Si l'on en croit les prophètes de l'apocalypse, l'augmentation de la pollution atmosphérique devrait modifier le climat et du coup la couverture végétale du monde. Pour en avoir le cœur net, des scientifiques britanniques ont construit des dômes solaires à

Bangor (pays de Galles) dans lesquels ils cultivent des plantes en "milieu contrôlé". Ces serres sont d'un verre spécial qui laisse passer le rayonnement ultraviolet, ce qui permet de se rapprocher au mieux des conditions naturelles (le verre ordinaire filtrant, lui, les UV). Chaque dôme est un laboratoire à

part entière. Des ordinateurs y règlent la concentration en gaz carbonique, la température, l'aération, tandis que l'on mesure les teneurs en vapeur d'eau, en ozone ou bien en oxydes d'azote. On évalue ainsi les changements dus aux variations des paramètres environnementaux. Dans le cas du gaz carbonique, on sait que ce dernier a augmenté de 26 % depuis l'ère pré-industrielle et qu'il doublera peut-être d'ici 2040. Cela entraînera un réchauffement de l'atmosphère. Les plantes sont donc soumises à un tel régime. On attend avec impatience leur réponse. G.Mo.



L'influence de la modification du climat sur la végétation est testée dans ces dômes de verre.

DR

## Algues contre effet de serre ?

Certains gaz comme le méthane, le gaz carbonique ou les chlorofluorocarbones agissent comme les vitres d'une serre : ils laissent entrer les rayons lumineux (ondes courtes) du Soleil, mais empêchent les rayons infrarouges (ondes longues) émis par la Terre de ressortir. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre. Compte tenu de l'accroissement de ces gaz dans l'atmosphère, les climatologues avaient prévu un réchauffement global de 2 à 3 °C au début du prochain siècle. Une ombre sur ce modèle : les nuages, qui peuvent répondre au réchauffement global par un mécanisme de "feed-back" qui diminue le taux de réchauffement de la planète. Aucun modèle climatique ne permet aujourd'hui de comprendre en détail l'influence des nuages sur le climat. Les connaissances vont au pas, et c'est dans les océans que réside un des éléments de réponse à ce mystère atmosphérique. Certaines algues produisent de grandes quantités de composés soufrés, tel le diméthylesulfure (DMS), qui favorisent la formation des nuages et, par conséquent, la diminution de la température terrestre (1).

Tout d'abord, les algues marines telles que les *Phaeocystis poucheti* produisent du diméthylsulphoniopropionate (DMSP) pour ménager leur équilibre osmotique avec l'eau de mer, sans quoi l'eau salée envahirait les cellules du végétal. A la mort des algues, le DMSP est relâché dans la mer où il est transformé en DMS dont une partie part dans l'atmosphère. Dans l'atmosphère, le DMS réagit avec de nombreux radicaux libres (hydroxyle OH, oxydes d'azote NOx...) pour former trois types de composants : le dioxyde de

soufre, les sulfates et l'acide sulphonique de méthane. Enfin, la vapeur d'eau se condense autour de ces molécules gonflant les nuages.

Au début des années soixante-dix, James Lovelock fut le premier à émettre l'idée que les océans pouvaient jouer par l'entremise du plancton ce rôle de régulateur climatique. Pour Lovelock, «la biosphère joue elle-même un rôle actif essentiel, non seulement en s'adaptant mais en émettant des composés chimiques comme le DMS qui permettent à leur tour de maintenir les conditions propices à la vie, notamment la température». Cette théorie contestée fut à l'origine de recherches qui soulignèrent l'importance des algues dans le cycle du soufre sur la planète. On sait que les algues produisent entre 20 et 50 millions de tonnes de soufre par an, soit plus de la moitié de la quantité dégagée par les industries (80.10<sup>6</sup>).

Une telle source de soufre doit sans contexte influencer le climat ! C'est également l'hypothèse de Robert Charlson, de l'université de Washington : «Les océans réchauffés par l'effet de serre peuvent encourager la production d'algues, augmentant du coup la quantité de DMS et de ce fait les nuages». L'algue agit donc comme un "thermostat global" compensant tout changement climatique.

(1) "Can Algae Cool the Planet?", *New Scientist*, 21 août 1993, p. 34 à 38.

### Une réserve qui ne manque pas de hauteur

● Une nouvelle réserve naturelle de 42 000 km<sup>2</sup> vient d'être créée au pied de l'Everest. Le parc Makalu-Barun englobe cinq des plus hauts sommets du monde.



La prolifération des algues sur les côtes à l'est de l'Angleterre et aux Pays-Bas pourrait modifier le climat.

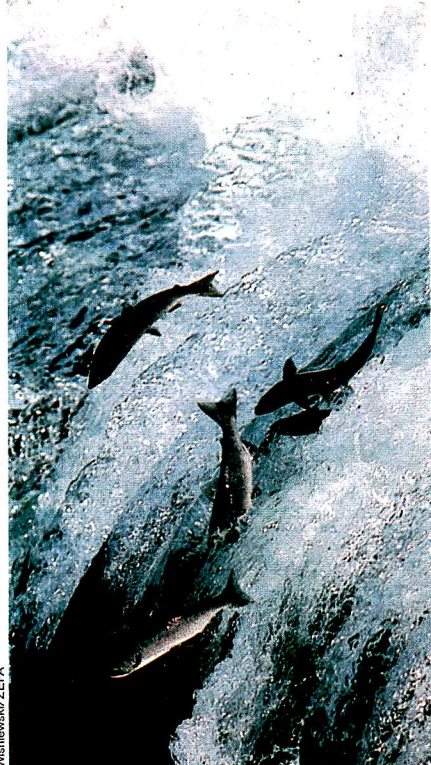
M. Edwards/Still Pictures

**Pisciculture**

## Le saumon suédois vous dit au revoir

« Une maladie mystérieuse tue 90 % des jeunes saumons nés dans les incubateurs suédois et pourrait faire disparaître les saumons de la Baltique en quelques générations », s'alarment les chercheurs de l'institut de recherche sur le saumon de Suède. Il y a bien longtemps que les saumons de la Baltique ne remontent plus frayer naturellement dans les rivières suédoises, en raison de la présence de nombreux barrages hydroélectriques. Les Suédois ont donc mis au point un plan de pêche

des femelles permettant de récolter les œufs, incubés dans des centres d'élevage afin de relâcher les jeunes saumons (2 ans) dans la mer. Mais la mystérieuse maladie, identifiée sous le nom de code M74, s'attaque aux femelles et aux alevins et met en péril ce programme de conservation. On ne sait pas grand-chose sur ses origines. L'origine bactérienne ou virale écartée, les chercheurs penchent pour une intoxication aux organochlorés (PCB ou DDT) qui polluent la Baltique. A suivre...



Waniewski/ZEFA

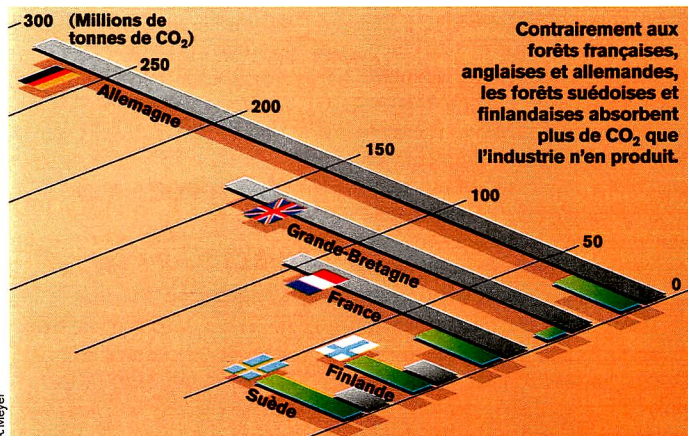
M74 est le nom de code de la maladie qui décime les saumons de la Baltique.

**Sylviculture**

## Les Scandinaves, mangeurs de carbone

Une étude de l'institut finlandais pour la recherche forestière montre que la Suède et la Finlande sont parmi les rares pays d'Europe à absorber plus de gaz carbonique qu'ils n'en produisent. La forêt suédoise absorbe chaque année près de 40 millions de tonnes de carbone, alors que les émissions provenant de

la combustion des énergies fossiles sont plus de deux fois moins importantes (15.10<sup>6</sup> t). Le doublement de la surface forestière en Suède au cours du dernier siècle explique ce bilan. Mais les auteurs du rapport oublient de signaler qu'entre-temps la prolifération des papeteries a empoisonné de nombreux fleuves.



A. Meyer

## Culture de gènes dans les stations d'épuration

● Deux chercheurs de l'institut de biochimie et de biologie de l'Université libre de Berlin, Johannes Arens et Christoph Zschocke, s'inquiètent de savoir si les bactéries au patrimoine génétique manipulé qui polluent les eaux usées des laboratoires de biotechnologie ne présentent pas un danger pour notre santé. Ces micro-organismes aboutissent, en effet, dans les bassins des stations d'épuration où elles pourraient échanger leur matériel génétique avec la population bactérienne "classique" de ces installations. Ce qui pourrait donner naissance à de nouvelles maladies.

**Plastiques**

## Le recyclage en panne d'argent

**L**a multinationale hollandaise chimique DSM (Dutch State Mines) est prête à investir en France sur une ligne industrielle de recyclage de plastique pourvu qu'elle soit assurée au départ d'un marché de 4 000 tonnes minimum par an. Elle estime alors l'investissement nécessaire à environ 4,50 F par kilo de matière recyclée. DSM, dont 80 % du chiffre d'affaires se réalise en Europe (le grand public connaît ses produits plastiques Curver-Rubbermaid), possède depuis douze ans sa propre filiale de recyclage du plastique, Reko. Les principales matières premières recyclées y sont 10 000 t de polyéthylène basse densité (films agricoles, sacs poubelles), 8 000 t de polypropylène (bouchons de bouteilles, pare-chocs auto, pots de fleurs...) et 7 500 t de PET (polyéthylène téréphtalate : bouteilles transparentes de boissons non alcoolisées, Coca-Cola, Fanta, Spa, etc.) ; auxquelles

s'ajoutent quelque 1 500 t de polyéthylène haute densité (emballages de produits vaisselle, White Spirit, etc.), 500 t de polystyrène (assiettes, gobelets) et même 500 t de polycarbonate (disques lasers). Le grand absent chez Reko est le PVC car, s'il constitue la majorité des bouteilles d'eau minérale en France, il occupe moins de 1 % du plastique collecté aux Pays-Bas.

Il n'y a pas de problème technique pour le recyclage ; la seule ombre au tableau est d'ordre économique. Malgré la modernité du matériel, l'activité de Reko n'est pas rentable. La société perd en moyenne 25 centimes par kilo recyclé. Il faut laver les films agricoles

souillés par la terre. Il faut trier avec soin les différentes catégories de plastiques car le PVC, le PEHD et le PET sont tout aussi différents entre eux que l'acier, le cuivre et le zinc. De plus, le prix des matières plastiques a baissé depuis cinq ans, et seule une taxe des déchets à l'entrée de l'usine de recyclage peut permettre de produire un granulat moins cher que la matière vierge. Le public est-il prêt à payer cette taxe ? Et les professionnels (industrie automobile, électronique, etc.) sont-ils prêts à acheter ce matériau ? Valorplast, la branche plastiques de la société française Eco-emballage, collabore déjà avec Reko, qui a par ailleurs enclenché la création de l'ARPE (Association du recyclage du plastique en Europe) le 19 octobre dernier.

M.-L.M.

**5 000 tonnes de bouchons sont recyclées chaque année chez Reko à Geleen (Pays-Bas).**



**Radioactivité**

## Des lunettes pour voir le radon

Les verres de lunettes pourraient constituer le meilleur des dosimètres selon un chercheur américain, Robert Fleisher, du Rensselaer Polytechnic Institute à Troy, dans l'Etat de New York. Il s'agit plus précisément des verres en carbonate d'allyle-diglycol (CAD), matériau dont sont faits 95 % des verres plastiques. Lorsque le radon se désintègre, il émet des particules alpha qui laissent une trace microscopique caractéristique sur ces verres. Il suffit alors de "lire" ces derniers pour déchiffrer le taux de radon. Pour cela, il faut couper un petit rectangle dans le verre, lui faire subir un traitement chimique pour le

décaper et compter ensuite au microscope électronique le nombre de traces par millimètre carré pour déterminer l'intensité du bombardement auquel les verres ont été soumis. Il suffit ensuite de connaître la durée d'utilisation des lunettes pour en déduire l'exposition au radon de leur propriétaire.

Les détecteurs utilisés habituellement pour mesurer cette dose enregistrent le taux de radon à un endroit donné d'une habitation. Or, les gens qui portent des lunettes ne s'en séparent pas. Soit ils les portent, soit ils les gardent à portée de la main. Cet objet usuel représente donc un bien meilleur indicateur du taux de radon reçu par un individu.

## Dix siècles d'avance au Sichuan

● Les 5 millions de Chinois vivant dans la province du Sichuan utilisent depuis plusieurs siècles le méthane issu de la fermentation du fumier, de la paille et des matières végétales pour s'éclairer et faire la cuisine. De plus, ces paysans fertilisent leurs semences en les plongeant dans ces fosses à méthane qui regorgent d'éléments nutritifs comme l'azote, le phosphore, la potasse, le cuivre et le zinc.

## Voici le rat de garde

● Le *Rattus norvegicus* a l'habitude de peupler les décharges où il trouve sa nourriture. Une prise de sang sur le rongeur peut donc aider à déterminer la nature des polluants présents dans le milieu. L'INRA envisage d'utiliser ce surmulot comme "sentinelle de la pollution" des sols.

Manifestation contre la chasse aux otaries en Namibie.

**Protection animale**

## Les débiles sexuels, meurtriers d'otaries



Sigma

Le Fond international pour la protection des animaux (IFAW) révèle que 50 000 otaries par an sont tuées à coups de bâton ou au fusil sur les plages de Cape Cross, en Namibie, où se concentre la plus importante colonie mondiale d'otaries. Abattues à l'origine pour leur fourrure, les otaries intéressent aujourd'hui les chasseurs pour leur pénis, qu'ils revendent pour la fabrication de potions aphrodisiaques en Extrême-Orient. Cette folie semble gagner

le Canada qui apparaît lui aussi sur ce marché lucratif en vendant les pénis de phoques : le gouvernement canadien vient d'en autoriser la chasse à Terre-Neuve. ■

## Le prix du sauvetage des forêts tropicales

● La Commission européenne a investi 285 millions de francs en 1993 pour la protection des forêts tropicales. Soit en gros 18 % du budget du ministère de l'Environnement français.

Ont collaboré à cette rubrique : Daniel Yanez, Marie-Laure Moinet et Gérard Morice.

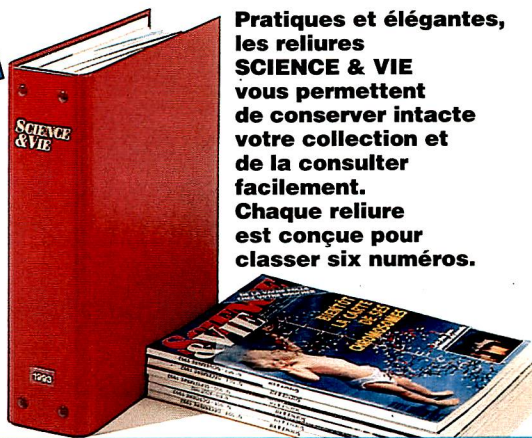


# Abonnez-vous à Science & Vie



Chaque mois  
**SCIENCE & VIE** vous informe  
Environnement, technologie  
recherche fondamentale  
médecine, conquête spatiale..  
Tous les domaines scientifiques  
sont traités en profondeur  
**SCIENCE & VIE**  
le magazine d'information  
scientifique de référence

## COLLECTIONNEZ LE SAVOIR AVEC LES RELIURES SCIENCE & VIE



Pratiques et élégantes,  
les reliures  
**SCIENCE & VIE**  
vous permettent  
de conserver intacte  
votre collection et  
de la consulter  
facilement.  
Chaque reliure  
est conçue pour  
classer six numéros.

### BULLETIN D'ABONNEMENT ET BON DE COMMANDE

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

**OUI**, je m'abonne à **SCIENCE & VIE** et  
je choisis la formule suivante

CAEE **1 AN + 4 hors série (16 N°) : 295 F**  
au lieu de 364 F\*

CAEB **1 AN / 12 N° : 220 F**  
au lieu de 264 F\*

CAEC **2 ANS / 24 N° : 440 F**  
au lieu de 528 F\*

Cochez SVP

**OUI**, je souhaite recevoir \_\_\_\_\_ lots de 2 reliures  
**Science & Vie** au prix de 80F franco (étranger : 100F)

• Ci-joint mon règlement total à l'ordre de  
**Science & Vie-Bred**

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

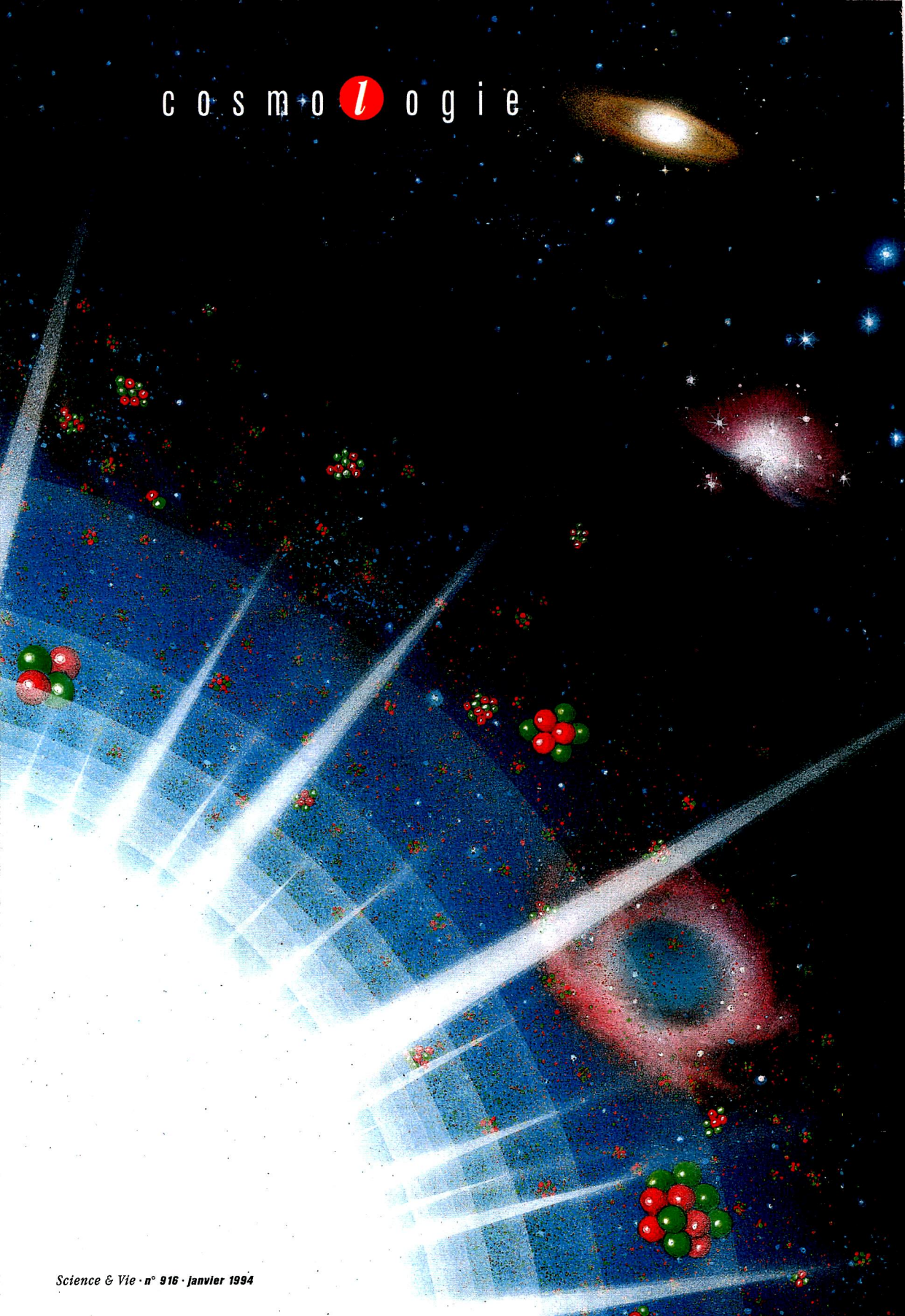
Adresse \_\_\_\_\_

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

Conformément à la législation en vigueur, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial de notre société.  
OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1994 .ET RESERVEES A LA FRANCE METROPOLITAINE.ETRANGER: NOUS CONSULTER Tel 46 48 48 48

\*Prix de vente chez votre marchand de journaux  
Vous pouvez aussi vous abonner sur Minitel en tapant 3615 ABON S&V 916

c o s m o **l** o g i e



# L'Univers sans le big-bang

**La théorie du big-bang est un tabou scientifique. Le voici transgressé par des astronomes qui affirment qu'il n'y a pas eu une seule explosion mais une infinité...**

**Et l'Univers redevient éternel.**

PAR HENRI ANDRILLAT

L'événement est exceptionnel : dans un article récent de la revue *Astrophysical Journal* (1), une équipe d'astronomes dirigée par l'Anglais Fred Hoyle a affirmé qu'il est possible de concevoir une cosmologie sans faire appel à la théorie classique du big-bang. Celle-ci fait remonter l'origine de l'Univers à une explosion primordiale qui a déclenché l'expansion de l'espace et permis la formation de tous les objets que l'on voit dans le ciel (galaxies, étoiles, planètes...).

Incroyable remise en cause, alors que ce modèle, qui domine la scène cosmologique depuis près d'un demi-siècle, est unanime-

ment accepté, même si des variantes ou encore certaines différences d'interprétation subsistent. Inimaginable aussi d'avoir pu réinterpréter les observations astronomiques qui s'accumulent de manière exponentielle ces dernières années et qui semblent toutes donner raison aux tenants du big-bang.

En fait Fred Hoyle est un récidiviste. Déjà, dans les années cinquante, il avait soutenu une théorie opposée à celle du big-bang, connue sous le nom de théorie de "l'état stationnaire" ou de la "création continue". Il revient donc, plus de trente ans après, avec un modèle en partie identique à celui qu'il a dû abandonner. Avec une dif-

*suite de la page 33*

férence de taille cependant : si l'idée de création continue est sauvegardée, elle ne se produit plus partout dans l'espace mais en des endroits privilégiés. Et il n'y aurait pas eu une explosion initiale mais une infinité de mini-big-bang.

Ce modèle est-il celui qui va s'imposer à l'avenir ou un phœnix théorique sans lendemain ? Pour répondre à toutes ces questions il faut revenir à l'avènement de la théorie du big-bang. La première tentative d'élaboration d'une cosmologie moderne, c'est-à-dire basée sur les équations de la relativité, fut faite par Einstein lui-même, en 1917. Mais, à cette époque, il était impensable que l'Univers ne fût pas immuable et, pour édifier un modèle d'univers statique, Einstein avait dû compléter ses équations d'un terme "cosmologique" non justifié (mais non interdit) dans sa théorie de la gravitation.

**En 1922, le mathématicien russe Alexander Friedman élabore trois modèles d'Univers sans le terme cosmologique,** donc en

cohérence totale avec les équations de la relativité générale mais non statiques. Une énigme se présentait néanmoins au bout des équations, connue sous le nom de singularité initiale : l'état initial de l'Univers concentrerait en un "point" tout l'espace avec des valeurs physiques infinies : température, pression, densité, énergie, courbure... L'explosion primordiale s'imposant alors comme une origine temporelle fulgurante de l'expansion de l'espace et de l'apparition de la matière-énergie.

Avec la découverte observationnelle, en 1929, de la récession générale des galaxies par l'astronome américain Edwin Hubble, une autre difficulté allait se présenter. En effet, la fuite des galaxies se traduit par l'existence d'un décalage systématique de leur spectre de lumière vers le rouge. Edwin Hubble l'estima proportionnel à leur distance. Or, l'inverse de la constante de proportionnalité représente une durée qui est un bon ordre de grandeur de l'âge de l'Univers.

Les premières estimations de cette constante, très incertaines à cause de la difficile mesure des distances des galaxies, étaient largement erronées, trop grandes d'un facteur 10, entraînant donc un âge de l'Univers ridiculement court. En effet, on le trouvait environ égal à deux milliards d'années alors que l'estimation de l'âge de certaines étoiles, par d'autres méthodes, donnait plus de cinq milliards d'années...

Ce fut ainsi que, pendant plus de deux décennies, on vit les plus grands noms de la physique quelque peu perdus entre la variété des modèles relativistes et les difficultés des modèles à big-bang. Mais, emportés cependant par

la mode cosmologique en ce début de siècle, nombre d'entre eux présentèrent isolément des cosmologies alternatives, souvent sans lendemain mais toujours originales.

Tel fut le cas de la théorie du "modèle stationnaire" de l'Univers, présentée d'abord par Bondi et Gold, puis par Hoyle, en 1948. A cette époque, il n'est déjà plus question de revenir sur la notion d'espace courbe, ni sur l'idée de l'expansion de l'Univers (ni bien sûr sur les équations de la relativité générale !).

L'originalité de la cosmologie de Bondi et Gold fut de déduire l'ensemble de leur théorie seulement de l'extension du principe qui gouvernait la cosmologie relativiste. Celui-ci énonce que les lois de la physique doivent être les mêmes dans tout l'Univers. Par extension à la notion de temps, les auteurs établirent ce qu'ils ont appelé le principe cosmologique "parfait", ajoutant une nouvelle clause aux lois de la physique : elles devaient aussi être les mêmes en tous les instants.

Courbure de l'espace et constantes physiques doivent donc être de vraies constantes (pas seulement constantes à l'échelle humaine). Cela impose trois implications : d'abord, une géométrie parabolique, à l'espace ouvert et infini, mais toujours en expansion. Par ailleurs, le taux d'expansion entre les instants  $t_1$  et  $t_2$  ne dépend que de la durée de l'intervalle de temps,  $t_2 - t_1$ , quelle que soit sa place dans l'échelle infinie du temps. C'est cette propriété qui justifie le terme de modèle stationnaire.

Dans un tel modèle sans big-bang, la singularité est érudée et l'Univers n'y a pas d'âge ou plus exactement a un âge toujours infini. La constante de Hubble ne permet plus de connaître l'âge de l'Univers. Elle permet seulement de définir la distance limite de visibilité des objets cosmiques. En effet, puisque la vitesse de la lumière est finie (300 000 km/s), dans un univers éternel on ne peut voir que les objets dont la lumière a eu le temps de nous parvenir. Cette limite est appelée "horizon des particules".

La troisième implication concerne la densité de matière. Elle doit être dans l'Univers non seulement la même partout, mais ne doit pas varier au cours du temps. Or, une densité représente la masse moyenne dans le volume unitaire, et celle-ci ne peut être constante dans un volume en expansion que si la masse qu'il contient augmente. Les auteurs ne pouvaient éviter l'hypothèse d'une création continue de matière...

Le débat astrophysique eut, à cette époque d'élaboration des modèles cosmologiques, des répercussions philosophiques. Intermédiaire entre le thème religieux d'une genèse de toute la matière de l'Univers, créée à l'origine du temps, ►

# L'UNIVERS A-T-IL EU UN COMMENCEMENT ?

**BIG-BANG :** Oui, l'Univers a eu une origine dans le temps. Celle-ci s'est imposée lorsqu'on a déroulé en arrière (par le jeu des calculs mathématiques) le film de l'expansion de l'espace. Puisque tout s'éloigne de tout actuellement, il a fallu qu'en un temps particulier tout soit concentré. L'explosion primordiale a donc donné naissance à l'espace (et impulsé sa dilatation) et au temps (déclenché

son déroulement). S'il y a bien eu une origine de l'Univers, il n'y a donc pas eu, au sens strict, d'avant, puisque le temps lui-même n'existait pas. De la même manière, le big-bang a eu lieu partout puisque c'est tout l'Univers qui a explosé. Une singularité, comme disent les spécialistes, où la densité et la température atteignaient des valeurs infinies et qui est de ce fait hors de portée de la méthode scientifique. L'explosion primordiale a, suivant le scénario communément accepté, découlé peu à peu la lumière de la matière (voir encadré p. 36, en haut) jusqu'à les rendre indépendantes quelque 300 000 ans après le big-bang : ce qui permit la formation des galaxies, des étoiles et des planètes.

**CRÉATION CONTINUE :** Non, pour la théorie de l'état stationnaire, encore appelée théorie de la création continue. L'expansion de l'espace que l'on constate n'est pas le signe qu'il ait existé un état singulier originel mais constitue une expansion éternelle. Mais si l'Univers se dilate depuis un temps infini, il devrait ressembler à un désert où chaque particule serait infiniment séparée de toutes les autres, rendant impossible toute concentration de matière. Or, c'est loin d'être ce que nous constatons... Pour se défendre contre cet argument imparable, les tenants de l'état stationnaire ont choisi l'attaque : si les phénomènes physiques sont universels, pourquoi l'explosion originelle ne le serait-elle pas aussi. Autrement dit,

il n'y a aucune raison pour que le big-bang ne se soit produit qu'une fois. Dans cette hypothèse (une infinité de big-bang), chaque explosion est non seulement créatrice d'espace, ce qui explique sa dilatation constatée, mais aussi de matière, ce qui rend compte de la densité constante supposée. La grande explosion originelle est donc remplacée par une infinité de petites explosions créatrices.



DR

## Oui

George Gamov donne, en 1948, une explication physique de l'origine.



DITE

## Non

L'astronome Fred Hoyle, opposant de toujours au big-bang, a résisté trente ans en silence. Aujourd'hui, il contre-attaque.

## La collision finale

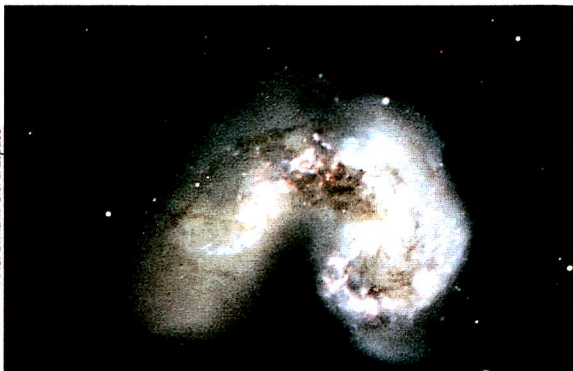
Les chocs de galaxies sont fréquents dans l'Univers. Si, dans le futur, l'espace venait à se contracter, la collision serait générale et toute forme organisée disparaîtrait en une fusion destructrice.

## QUELLE FIN DU MONDE ?

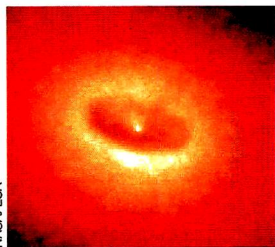
**BB :** La théorie du big-bang propose ici une alternative qui n'est pas tranchée. Elle dépend de la densité de matière de l'Univers. Si celle-ci est voisine, en moyenne bien sûr, de trois protons par mètre

cube, la masse de l'Univers sera suffisant pour freiner l'expansion de l'espace et, sous l'action de la force de gravitation, inverser le mouvement. Une sorte de big-bang à l'envers ou d'implosion finale. Si la densité est inférieure à cette valeur "critique", alors rien ne viendra freiner la dilatation de l'espace. Après avoir brûlé leur carburant, les étoiles s'éteindront progressivement. Certains groupes d'étoiles s'écrouleront pour former des trous noirs massifs sans avenir. Le silence, le noir et la solitude régneront dès lors pour l'éternité.

**CC :** La théorie de la création continue admet le principe cosmologique parfait, qui suppose que tous les phénomènes soient universels et donc puissent se répéter. Dès lors, il n'est pas pertinent de faire une différence entre le passé, le présent et l'avenir. A l'échelle des étoiles ou des planètes, l'évolution, même irréversible, est possible, mais l'histoire de l'Univers dans son ensemble n'est qu'un éternel recommencement. D'où la négation du big-bang unique et créateur au profit de mini-big-bang moins fondamentaux mais répétitifs.



AAO/D. Mainly/Ciel & Espace



NASA/ESA

## Naître dans la violence

Quelle que soit l'hypothèse cosmologique, la création de matière renvoie à un phénomène explosif. Les tenants du big-bang la situent à l'origine de l'Univers. Pour les autres, elle se répète lors d'explosions de trous noirs.

# LA CRÉATION DE LA MATIÈRE

**BB :** Dans la théorie du big-bang, un phénomène explosif est à l'origine de la matière. Au début l'Univers était des milliards de fois plus petit qu'un atome. Une soupe informe très chaude ( $10^{32}$  K), formée de quarks, d'électrons et de neutrinos ainsi que leurs antiparticules (de charge opposée). Avec la baisse de la température, les quarks se stabilisent pour donner naissance aux éléments des actuels noyaux atomiques, protons et neutrons. Après disparition des antiparticules, par annihilation, un faible excès de particules (qui a quand même donné naissance à toute la matière que contient l'Univers actuel) subsiste et commence à former des noyaux d'atomes, principalement hydrogène, hélium, deu-

térium et lithium. Cette phase qui commence  $10^{-35}$  s après le big-bang va durer trois minutes – cette phase a été minutieusement décrite au début des années soixante-dix par le prix Nobel Stephan Weinberg. Il faudra ensuite attendre environ 300 000 ans et la baisse de la température ambiante consécutive à l'expansion continue de l'espace qui contient l'Univers pour que les photons de lumière se découplent de la matière, se libèrent l'une de l'autre pour suivre des chemins dès lors indépendants. Les éléments lourds (par leur masse atomique) seront formés, eux, dans le cœur nucléaire des étoiles supermassives de première génération qui exploseront sous forme de supernovae.

**CC :** Ici aussi la matière est créée dans des phénomènes explosifs. De véritables fontaines de jouvence qui jaillissent de ce que les astronomes appellent un trou noir, fruit de l'effondrement d'une étoile massive. Dans certains cas, l'effondrement est stoppé par une pression négative qui fait littéralement exploser le trou noir. Le processus physique suppose qu'une particule de très petite taille et de très grande masse se désintègre alors en un nuage de particules qui interagissent entre elles par réactions nucléaires. La densité moyenne de l'Univers est préservée puisqu'avec la matière se crée aussi l'espace pour la contenir.

# LA COMPOSITION DE L'UNIVERS

**BB :** Après la première phase de création de matière, dite nucléosynthèse primordiale, les éléments légers sont les seuls composants de l'Univers. Les étoiles prennent le relais en synthétisant, grâce aux réactions nucléaires, les éléments complexes (du soufre au fer) qui sont projetés dans le milieu interstellaire lors d'explosions de supernovae. Néanmoins, cette matière normale dite "baryonique" ne suffit pas à la théorie. Il y a une masse manquante de l'Univers qui peut aller, selon les calculs, jusqu'à représenter 99 % de la masse totale. On a songé à remplir l'Univers de matière exotique, mal définie et qui n'a jamais été observée. Dans la théorie classique du big-bang, l'Univers visible est bien trop léger.

**CC :** Les éléments légers sont libérés par les explosions des mini-big-bang et les éléments lourds synthétisés dans les étoiles : l'"abondance" (la proportion) des éléments observés est aussi bien expliquée dans la théorie de la création continue que dans celle du big-bang. Reste le problème de la masse manquante. En fait, au niveau global rien ne manque. En effet, la théorie ne prévoit ni n'impose de valeur particulière de la densité de matière (qui déterminerait son évolution future). Il faut rendre compte des phénomènes physiques et dynamiques observés. Or, les galaxies et certains amas de galaxies devraient se désagréger si l'on ne tenait compte que de la matière visible (étoiles).

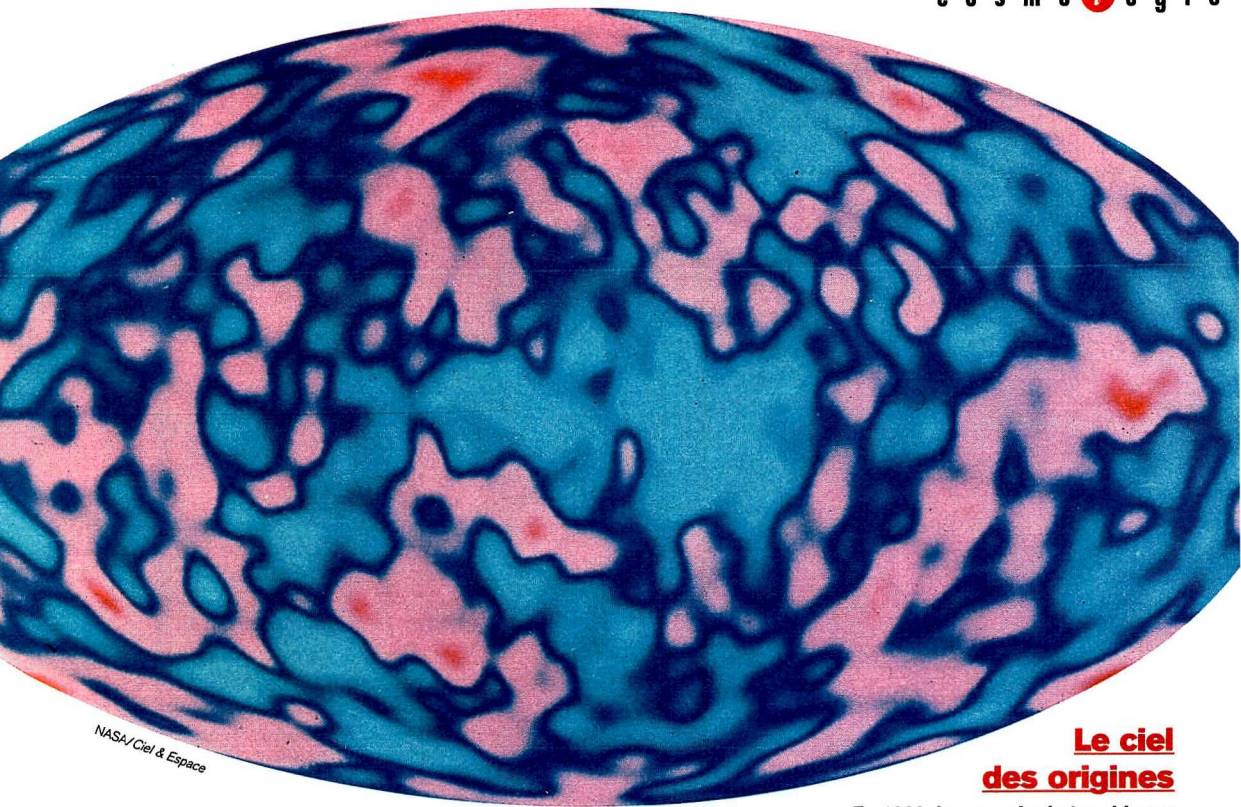
Mais la matière manquante n'a pas besoin d'être exotique, de la matière normale mais invisible (planètes, poussières) suffirait à expliquer la stabilité des structures.

## Le visible et l'invisible

Les éléments légers sont d'origine. Les éléments lourds sortent des étoiles. Mais la plus grande partie est invisible.



AAO/D. Meihu/Ciel & Espace



NASA/Ciel & Espace

## Le ciel des origines

**En 1989, la cosmologie tremble sur ses bases ; le satellite Kobe envoie une image du ciel tel qu'il était à l'origine de l'Univers : grande homogénéité avec quelques fluctuations. Une consolidation pour la théorie du big-bang et le talon d'Achille du modèle stationnaire.**

*suite de la page 34*

et l'idée du matérialisme marxiste posant la matière comme une donnée première, initiale et éternelle du monde, la thèse de la création continue eut l'heur de plaire aux philosophes, cependant que les auteurs du modèle stationnaire se perdaient en vaines conjectures pour expliquer physiquement ce processus de création, sans trop détruire la belle unité de leur théorie.

Mais dans les années cinquante, la mise en service du télescope de cinq mètres du Mont Palomar va permettre de trancher entre les différents modèles en concurrence. Une véritable mise à l'épreuve observationnelle. Ainsi, la rectification de la valeur de la constante de Hubble, consécutive à une large amélioration des mesures de distances des galaxies, allongeait considérablement l'âge de l'Univers. Il devenait, avec quelque 15 milliards d'années, tout à fait vraisemblable et justifiait l'emploi des modèles proposés par Friedman avec leur instant initial incontournable.

Dans le même temps, une série de tests observationnels, proposés par Sandage et devant aider à choisir entre le modèle classique (espace euclidien sans courbure), le modèle stationnaire (Univers éternel) et les modèles avec big-bang, éliminaient sans ambiguïté les deux premiers pour ne laisser subsister que les derniers. Fred Hoyle, lui-même, reconnut alors que le modèle

stationnaire, malgré toutes ses alléchantes propriétés, était gravement "infirmé".

Pour toujours ? On a longtemps cru que les développements postérieurs de la cosmologie théorique et les progrès de l'observation jetteraient aux oubliettes de l'Histoire le modèle stationnaire. Or, c'est en s'appuyant sur les plus récents développements cosmologiques que Fred Hoyle relance son modèle, notamment avec la théorie de l'inflation ou encore les propriétés du vide quantique.

En effet, la cosmologie actuelle découvre le rôle essentiel que joue dans l'expansion de l'espace une composante nouvelle, l'énergie du vide quantique. Les équations de la cosmologie montrent que la densité moyenne du vide est constante (éventuellement nulle). Dans les tout premiers instants de l'Univers, l'énergie dominante fut celle du vide. Avec sa propriété de densité constante, on se trouve alors dans le cas d'un modèle stationnaire à expansion exponentielle fulgurante et à création continue de matière, sans singularité. ▶

# LES GALAXIES SONT-ELLES EN MOUVEMENT ?



**CC :** On rend compte par exemple de la récession générale des galaxies par l'expansion de l'espace, mais, ici, celui-ci est parabolique, donc infini et sans origine. C'est le défi majeur qui se pose à la théorie de l'état stationnaire. Celui-ci est en partie résolu par l'hypothèse des mini-big-bang qui non seulement créent de la matière mais aussi de l'espace. Au niveau temporel, il n'y a pas de moment privilégié dans l'histoire de l'Univers et l'expansion entre deux instants (que l'on mesure par le décalage vers le rouge de la lumière) ne dépend que de la durée qui les sépare, le taux d'expansion a donc toujours été le même. Finalement, l'Univers (c'est-à-dire les galaxies visibles) est en évolution, mais il est dit stationnaire parce que le taux d'expansion est identique partout et toujours. L'étude du décalage spectral (sorte d'effet Doppler de la lumière) n'est donc qu'un indicateur de distance et non pas d'évolution. Autrement dit, plus la lumière est décalée vers le rouge plus la galaxie dont elle provient est éloignée de nous : sans que cela soit un indicateur d'âge.

## Les galaxies vivent en groupe

Deux mouvements s'opposent dans l'Univers : l'expansion de l'espace qui tend à éloigner tous les objets les uns des autres et l'attraction gravitationnelle qui tend à les regrouper. Les galaxies vivent en amas – comme ici le Quintet de Stéphane –, mais les amas sont séparés par de grands vides.

**BB :** La première découverte cosmologique du siècle fut sans aucun doute celle de la fuite éperdue et généralisée des galaxies. Il ne s'agit pas d'un simple éloignement des unes par rapport aux autres mais d'une dilatation de l'espace lui-même. Dans le modèle du big-bang cette expansion a commencé à un moment donné (l'origine) donc le taux

d'expansion était beaucoup plus fort au début que maintenant, quinze milliards d'années après. Les galaxies sont donc en mouvement général mais celui que nous observons aujourd'hui (galaxies proches) est beaucoup moins fort que celui des origines (galaxies lointaines). Autrement dit, plus nous observons loin plus les galaxies s'éloignent vite.

*suite de la page 37*

L'expansion de l'Univers, la récession générale des galaxies apparaissent ainsi comme la résultante d'un processus dynamique du vide quantique. L'Univers naît d'une fluctuation énergétique du vide, équivalente à une structure microscopique ( $10^{-33}$  cm) dotée d'une densité d'énergie fantastique ( $10^{94}$  g/cm<sup>3</sup>), et la phase inflationnaire qui en découlera sera une sorte de gigantesque déhiscence de cette graine d'Univers.

La théorie d'un big-bang unique regroupe bien les comportements différents de la composante quantique et de la composante matière-radiation (voir encadré p. 36, en haut) de l'Uni-

vers. A moins que... ce qui s'est déroulé une fois puisse se répéter indéfiniment. En effet, la critique principale des auteurs de la nouvelle cosmologie stationnaire (dite aujourd'hui quasi stationnaire) contre la théorie du big-bang porte non plus sur l'existence d'une singularité initiale désormais comprise, mais sur le fait qu'il n'y ait eu qu'une explosion créatrice.

L'idée consiste à accepter l'universalité du phénomène d'explosion créatrice du vide quantique dans tout l'espace-temps. Ce qui s'est passé une fois doit pouvoir se répéter partout et toujours. Et la théorie du big-bang unique ne

(2) Particules constituant la matière habituelle (protons, neutrons...)



respecte donc pas l'universalité "parfaite" des phénomènes physiques.

C'est là l'argument essentiel pour accepter la création de matière comme un processus physique nécessaire. Dans le nouveau modèle, à une échelle de temps cosmologique, la situation est celle de la théorie classique sans création continue homogène. Mais, au voisinage d'objets massifs se présentent les conditions nécessaires pour les transformer en centres de création sporadique de matière. Ainsi, quand un tel objet isolé (une étoile massive) est près de devenir un trou noir par écroulement gravitationnel, l'intensité du champ gravitationnel devient telle qu'elle déclenche le processus de création explosive. Il s'agit alors d'un véritable big-bang en miniature.

Comment se produit physiquement cette création de matière ? Le processus élémentaire est la création d'une particule dite de Planck, de dimension  $10^{-33}$  cm (longueur de Planck), de masse  $10^{-5}$  g (masse de Planck). Elle se désintègre alors en  $5.10^{18}$  baryons (?). Dans ce nuage de particules en expansion, les réactions nucléaires synthétisent les éléments légers : deutérium, hélium, béryllium, bore, lithium, etc.

**Le panorama général de cette nouvelle description de l'état et de l'histoire de l'Univers suggère donc un monde sans commencement** mais avec des mini-big-bang permanents, responsables de l'expansion de l'espace et de l'apparition de nouvelle matière. A chaque explosion créatrice, ce sont environ  $10^6$  masses solaires (l'équivalent d'un million de soleils) qui surgissent, flambées de création espacées sur des intervalles de temps de l'ordre de 15 milliards d'années (âge moyen de l'Univers dans la théorie actuelle du big-bang).

L'abondance des centres de création contribue, sur de longs intervalles de temps, à définir une valeur moyenne constante de la densité de matière de l'Univers : une condition nécessaire à l'état stationnaire de l'Univers dans son ensemble, car si la densité augmentait, il finirait par se contracter et disparaître dans une implosion finale. A l'inverse, si la densité venait à baisser, la matière se diluerait tellement que chaque particule se serait infiniment séparée des autres, et ce depuis un temps infini !

A plus petite échelle, l'éjection de matière-énergie par des objets cosmiques, galactiques ou extragalactiques, à noyaux actifs, devrait ressortir à ce même processus de création dans les champs gravitationnels intenses. Ce type de phénomène aurait fortement contribué à l'idée directrice de la théorie : une cosmologie-cosmogonie reposant sur la formation permanente des structures.



Oxford University/Ciel & Espace

Le ciel nous apparaît comme un gruyère.

## L'UNIVERS EST-IL ORGANISÉ ?

**BB :** Un des principes de la cosmologie s'appuyant sur les équations relativistes affirme qu'il n'y a pas de place privilégiée dans l'Univers. Quel que soit l'observateur et son lieu d'observation il doit voir la même chose : un ciel uniformément réparti en galaxies. Or, toutes les cartographies contredisent ce principe. L'effet est évident à petite distance où certaines régions sont riches en galaxies (amas), d'autres totalement désertes. A grande échelle, c'est-à-dire quelques milliards d'années en arrière (le temps que leur lumière nous parvienne), d'autres inhomogénéités apparaissent (grand mur, structure en bulles, etc.). Malgré cela le principe d'homogénéité est conservé par la théorie : à la plus grande échelle possible, l'Univers est supposé homogène, même s'il reste inobservable.

**CC :** Ici encore, la théorie part des mêmes observations : inhomogénéité constatée. Mais elle affirme avec plus de force encore le principe d'homogénéité, ou "cosmologique", puisque ce dernier doit être parfait. La manière de résoudre l'apparente contradiction est différente. En effet, le postulat de base est l'infinité de l'Univers couplée avec l'universalité stricte des lois physiques. Partout dans le cosmos les mêmes phénomènes apparaissent suivant le même déroulement. Donc, quelle que soit l'organisation de la nature, elle doit pouvoir se répéter indéfiniment puisque la nature a l'éternité devant elle. Les inhomogénéités observées renvoient aussi à la portée limitée des observations, et l'organisation du monde, quelle qu'elle soit, est uniforme et homogène dans son ensemble.

Face à ces deux théories de l'Univers en présence, un ou une infinité de big-bang, la véritable question reste celle de la confrontation avec les faits observationnels.

Sur le plan des preuves, les auteurs suggèrent, sans plus, la possibilité de "voir" les mini-big-bang à partir de l'observation des ondes gravitationnelles. En effet, les mini-big-bang sont évidemment des phénomènes d'une grande violence qui déforment (comme la théorie de la relativité le prédit) l'espace environnant.

Autre confrontation observationnelle de taille : rendre compte du fond de rayonnement de l'Uni- ▶

## PEUT-ON REMONTER DANS LE TEMPS ?

**BB :** Ce qui est impliqué ici est la vitesse de la lumière. Puisque cette dernière est finie (300 000 km/s), il y a toujours un décalage temporel entre

l'émission d'un rayonnement lumineux et sa réception. Dans l'environnement proche cela n'a aucune importance : nous voyons la Lune telle qu'elle

était il y a une seconde, le Soleil tel qu'il brillait huit minutes auparavant, ou encore notre plus proche galaxie, le Grand Nuage de Magellan, avec 170 000 ans de décalage. Dans la théorie du big-bang, cette particularité est exploitée comme machine à remonter le temps. En effet, plus on observe loin, plus on se rapproche de l'origine de l'Univers. La distance est donc un indicateur de l'évolution du monde.

**CC :** La vitesse de la lumière est ici encore une constante de la physique. Observer loin c'est donc aussi voir le passé. Mais, comme l'Univers est éternel, le passé ressemble au présent et n'est pas un indicateur d'évolution. Néanmoins, plus on élargit le champ de vision plus on connaît de phénomènes différents qui reviennent dans la vie de l'Univers et sont donc significatifs d'une certaine évolution.

### Rien que des illusions

Puisque la lumière a une vitesse finie, il n'y a pas d'image en direct. Regarder l'espace c'est remonter dans le temps. Mais jusqu'où ?



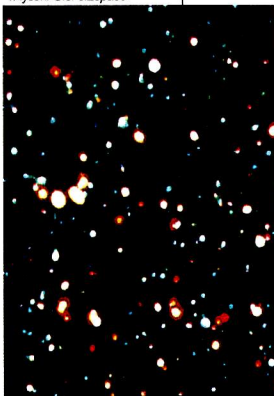
C. Fujita / Ciel & Espace

## L'ESPACE EST-IL INFINI ?

### Paradoxal

Aussi loin que le regard porte, les galaxies s'allument sur le fond du ciel, comme dans cette image des plus lointaines. Univers fini ou infini, la question n'est pas tranchée, mais dans tous les cas il est impossible d'en sortir. On peut au mieux en faire le tour.

T. Tyson / Ciel & Espace



**BB :** L'espace est fini ou infini suivant sa géométrie. Quand celle-ci est sphérique, il est fini et sans limites. Sortir de l'Univers, c'est aller en ligne droite pour franchir ses frontières. Or, la ligne droite en relativité peut être courbe, voire fermée, et donc former un cercle dont on ne peut sortir. Même contenu dans une tête d'épingle (comme à l'origine), l'espace est fini mais sans limites franchissables. Aujourd'hui il ne fait que se déplier.

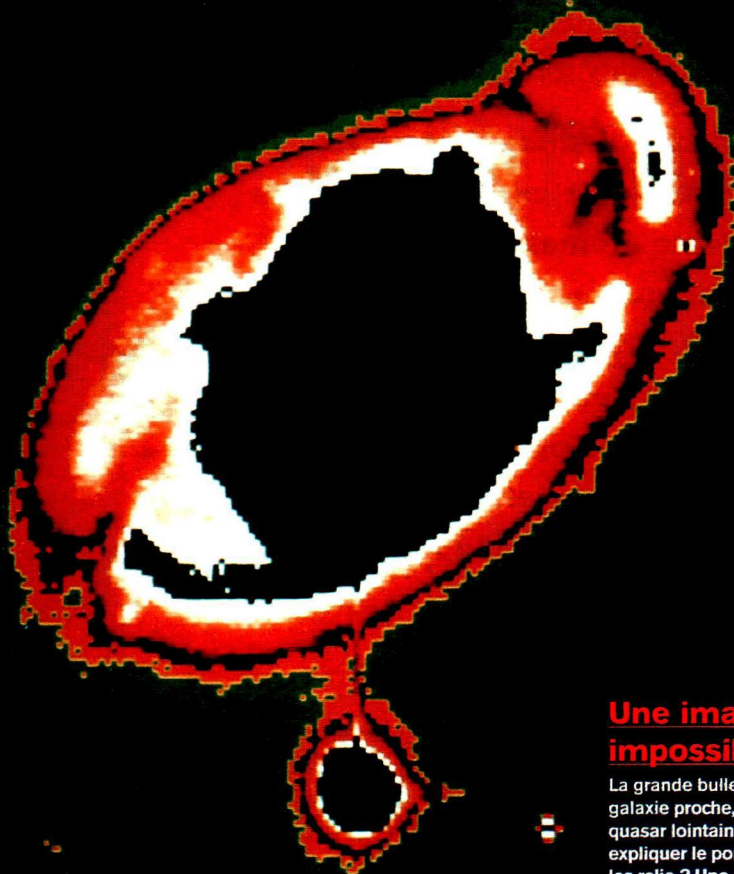
**CC :** Les tenants de la théorie de l'état stationnaire répondent tout naturellement par l'affirmative. La géométrie de l'espace qui contient l'Univers étant parabolique, il est forcément infini et illimité. Malgré cela, il continue toutefois à grandir du fait de l'expansion permanente : il est ouvert à jamais. Le paradoxe devient ici : l'infiniment grand continue à s'agrandir indéfiniment...

suite de la page 39

vers mesuré à 3 degrés Kelvin ( $-270^{\circ}\text{C}$ ) dans toutes les directions du ciel. L'homogénéité de ce rayonnement est très simplement expliquée dans la théorie du big-bang par l'interaction de la lumière avec les électrons libres de la matière primordiale. Dans la nouvelle théorie, il faut imaginer que cette homogénéité thermique de l'Univers s'est installée progressivement du fait d'une diffusion du rayonnement en provenance des mini-big-bang. En fait, cette homogénéité de température s'expliquerait, qualitativement et quantitative-

ment, si l'on admet l'existence d'une diffusion de ce rayonnement initial par l'intermédiaire de micro-aiguilles métalliques omniprésentes dans l'Univers. Cette explication reste très hasardeuse, très peu convaincante scientifiquement. C'est le point faible dans lequel s'engouffrent les adversaires de la nouvelle théorie.

Autre pilier de la cosmologie moderne : la théorie de la nucléosynthèse, c'est-à-dire de l'abondance relative mesurée des éléments légers dans l'Univers : hydrogène, hélium, deuté-



### Une image impossible

La grande bulle rouge est une galaxie proche, la petite est un quasar lointain : comment expliquer le pont de lumière qui les relie ? Une énigme inacceptable dans le modèle du big-bang. De sa résolution dépend toute l'histoire de l'Univers.

rium, lithium et béryllium. Les deux théories prédisent avec une même concordance la proportion de ces éléments aujourd'hui observés dans le ciel. Pas de différence donc, si ce n'est dans la manière de les produire. Pour les tenants du big-bang, simplicité et unité obligent, tout a été produit et déterminé lors de l'explosion primordiale. Pour les nouveaux cosmologistes, c'est à partir des mini-big-bang et dans les étoiles que l'équilibre constaté aujourd'hui à l'échelle globale a été produit.

Expansion, rayonnement fossile à 3K, nucléosynthèse des éléments : les trois "preuves" de la théorie du big-bang peuvent devenir aussi celles de la nouvelle théorie de la création continue. On peut penser que certaines sont un peu for-

cées et ne rentrent qu'*a posteriori* dans la théorie (on a cherché à rendre compte d'un résultat sans avoir eu à le prédire). Il ne faut cependant pas oublier que la théorie initiale du big-bang eut des difficultés à réunir toutes ces preuves sans développements complémentaires.

Néanmoins, tout foisonnement d'idées est enrichissant. L'idée directrice du modèle stationnaire, qui est presque aussi ancienne que celle du big-bang, a compté parmi les plus intéressantes. Est-ce à dire que la nouvelle formulation qu'en donnent ses auteurs doit révolutionner la science cosmologique ? Nul ne saurait l'affirmer aujourd'hui. Il n'en reste pas moins qu'il y a bien aujourd'hui deux manières de dérouler l'histoire de notre Univers. ■

# Quark: le jeu

**1994 sera l'année du top. La découverte de cette mystérieuse particule élémentaire n'est plus qu'une question de mois. Elle viendra compléter la famille des quarks, ces "briques" les plus lourdes, les plus fondamentales et les mieux cachées de la matière.**

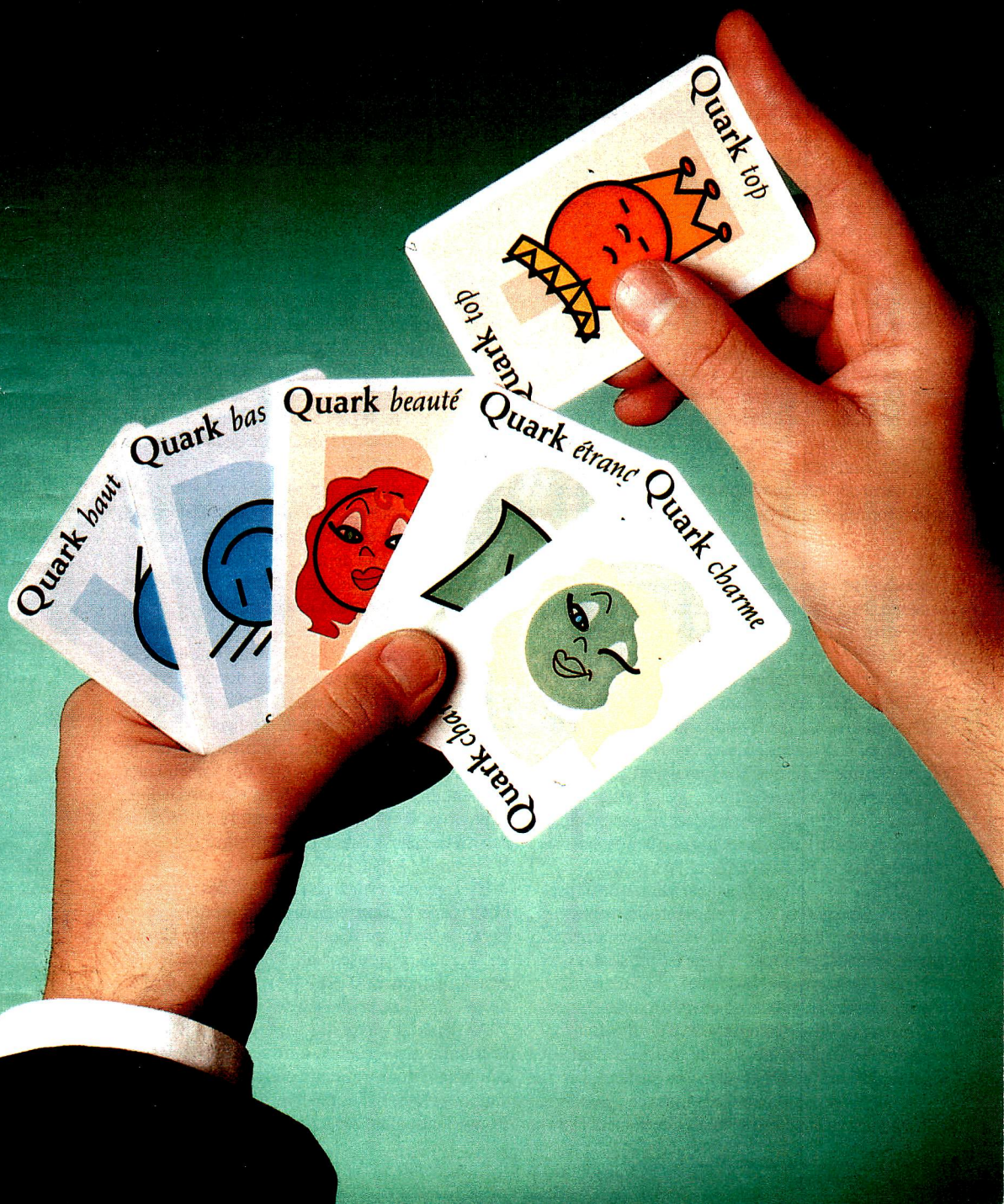
PAR DANIEL TARNOWSKI

Les physiciens ont donc rendez-vous avec l'histoire. Ils devraient, dans les douze mois qui viennent, réaliser "la" découverte des années quatre-vingt-dix en physique des particules. Celle de ce que l'on pense être le dernier des constituants élémentaires de la matière : le quark top.

Où sera-t-il découvert ? Près de Chicago, aux Etats-Unis, au Fermilab. C'est dans ce laboratoire que fonctionne le Tevatron, l'accélérateur de particules actuellement le plus puissant de la planète. Le seul capable de se hisser au "top-niveau", c'est-à-dire de produire des particules aussi lourdes que le quark top. Deux immenses détecteurs, baptisés CDF et D-Zéro, sont déjà à l'affût du moindre signe annonciateur de top. Chacun d'eux mobilise les compétences d'environ 400 physiciens, dans le cadre d'une collaboration internationale. Une équipe de chercheurs français, du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), a participé dès le départ à la conception et à la construction de D-Zéro et contribue aujourd'hui au déroulement des expériences menées avec ce détecteur.

Quand verra-t-on le quark top ? Tout dépend de sa masse que l'on ne connaît pas encore avec exactitude. La seule estimation dont disposent les physiciens est une fourchette qui, en chiffres ronds, la situe entre 120 et 200 fois celle du proton. Ce qui est énorme : à lui seul, le top "pèsera" environ autant qu'un atome d'étain (limite basse) ou de plomb (limite haute). «S'il est doté d'une masse inférieure à celle de 160 protons, on verra le top en 1994», affirme Armand Zylberstejn, porte-parole de l'équipe française travaillant sur D-Zéro. Mais au-delà de cette "barre", rien n'est joué. Et il se peut que l'attente se prolonge. ▶

# est complet



suite de la page 42

Ce qui est sûr, c'est que les chasseurs de quarks feront le maximum pour que 1994 soit l'année du top. Ils ont d'ailleurs déjà dans leurs cartons des enregistrements "d'événements" où la présence de ce qui ressemble à s'y méprendre à un quark top a été observée dans les collisions entre protons et antiprotons accélérés du Tevatron (voir dessin p. 45). Ce sont de premiers indices. Ils ne demandent qu'à être confirmés.

Avec la découverte du top, la famille des quarks sera alors au complet. Une famille composée de six éléments qui sont tous des constituants ultimes, des "briques" fondamentales de la matière. Ce n'est pas la seule famille de particules à mériter ce titre. Mais c'est elle qui joue le rôle dominant, celle qui "pèse" le plus lourd aussi bien dans notre vie quotidienne que dans l'Univers.

C'est aussi la famille des objets physiques les plus "excentriques" qui soient. Car le paradoxe veut que les quarks forment la plus évidente et la mieux cachée des familles de particules élémentaires. La plus évidente, car les deux premiers éléments de cette famille, les quarks dénommés "u" et "d" (de l'anglais *up* et *down*), sont présents en permanence et en abondance autour de nous. En effet, chaque élément chimique est formé d'atomes, chaque atome possède un noyau atomique, chaque noyau est constitué de protons et de neutrons, chaque proton et chaque neutron sont formés de quarks "u" et "d".

**Soyons précis : il y a toujours deux quarks "u" et un quark "d" dans un proton.** De même, il y a toujours un quark "u" et deux quarks "d" dans un neutron. C'est ainsi que, par exemple, un centimètre cube d'eau ne contient pas moins de 1,8 million de milliards de milliards de quarks.

Difficile de les voir car ce sont des particules élémentaires. Ce qui signifie sans structure interne. Donc sans extension, sans "taille", sans dimension. Au mieux, les quarks apparaissent comme des "points durs" à l'intérieur des protons et des neutrons. C'est ainsi qu'ils se manifestent, par exemple, dans des expériences menées actuellement en Allemagne (voir *Science & Vie*, n° 908, p. 60).

Mais à ce premier obstacle, de nature "pratique", pourrait-on dire, s'en ajoute un deuxième, autrement redoutable. Un obstacle fondamental qui, pendant longtemps, a laissé les physiciens perplexes : il est impossible d'isoler un quark comme, par exemple, un atome, un noyau atomique ou encore un proton. Ce comportement résulte de la force dite de "couleur" qui s'exerce entre les quarks et les maintient "confinés" dans les particules dont ils sont les constituants. Conséquence : personne n'a jamais vu et ne verra jamais directement la tra-

ce d'un quark, en tant que tel, dans un détecteur. Comment peut-on dans ces conditions étudier de tels objets ? Et comment a-t-on découvert les cinq et bientôt les six éléments de cette famille ?

La réponse tient en deux mots : par le raisonnement et l'intelligence. L'histoire mérite d'être racontée. D'autant qu'elle illustre, par anticipation, la recherche du quark top au Fermilab.

Tout est une question d'énergie, cette grandeur qui se manifeste sous de multiples formes : mécanique, électrique, thermique, par exemple. Lorsqu'elle est le résultat d'un mouvement, on l'appelle énergie cinétique. C'est cette dernière que nous accumulons en dévalant une pente de ski. C'est la même qu'emmagasine une particule "poussée" par le champ magnétique dans les aimants d'un accélérateur.

Pour le physicien, la matière est en elle-même une forme tout aussi respectable d'énergie. Ou plus exactement la masse. La formule  $E = mc^2$  ne traduit rien d'autre que l'équivalence de la masse et de l'énergie (1). Elle montre la "convertibilité" de l'une en l'autre. La conversion proprement dite se produit dans les collisions provoquées entre deux faisceaux de particules accélérées. Ou par l'impact d'un faisceau sur une cible fixe. Dans les deux cas, l'énergie cinétique des projectiles est "redistribuée". Une partie se transforme en masse, c'est-à-dire en particules de matière.

En analysant les "débris" de telles collisions, les physiciens ont découvert, dans les années soixante, toute une faune de nouvelles particules. Des centaines de nouvelles particules ! De la famille des "hadrons", c'est-à-dire apparentées aux classiques protons et neutrons. Toutes plus ou moins instables, c'est-à-dire à plus ou moins courte durée de vie. Certaines apparaissaient douées de propriétés si étonnantes qu'elles furent d'ailleurs simplement baptisées "particules étranges".

Mais, plus généralement, la prolifération de ces hadrons, supposés tous être des constituants élémentaires de la matière, faisait désordre dans le paysage scientifique et semait le doute dans l'esprit des physiciens. Comment sortir d'une telle "bouteille à l'encre" ?

En s'appuyant sur la classification des particules observées et la récurrence de leurs propriétés. Murray Gell-Mann, aux Etats-Unis, et George Zweig, en Europe, proposent en 1964 le modèle des quarks. L'idée est d'expliquer le monde des hadrons comme un savant jeu de construction.

Au départ, trois quarks baptisés "u", "d" et "s" (s comme *strange*, c'est-à-dire étrange). En les combinant deux par deux ou trois par trois, suivant des règles fixées une fois pour toutes, on retrouve l'ensemble des hadrons. En expliquant au

(1) Le facteur  $c^2$  est là pour "équilibrer" les dimensions physiques des deux grandeurs que sont la masse et l'énergie. Il nous rappelle aussi que leur équivalence est une conséquence de la relativité, théorie basée sur la vitesse constante (c) de la lumière.

passage, par la présence du quark "s", les propriétés spécifiques des particules dites étranges.

Principal inconvénient du modèle : les quarks ont des charges électriques non entières (respectivement  $+2/3$ ,  $-1/3$  et  $-1/3$ ). Ce qui est une hérésie monstrueuse aux yeux d'un physicien. Mais la force explicative et surtout prédictive du modèle s'est révélée telle que les quarks ont rapidement été adoptés. La question de leur charge a en outre été "gommée" par une autre bizarrerie de leur comportement que nous avons déjà évoquée : leur confinement à l'intérieur des hadrons.

Au-delà d'une simplicité retrouvée dans le tableau des particules élémentaires, cette histoire est emblématique de la démarche suivie en physique des particules. Aux spécialistes de ce domaine, on pose souvent la question : pourquoi créer des particules toujours plus instables, de masse toujours plus élevée, avec toujours plus d'énergie ? Quel lien cela a-t-il avec le monde ordinaire dans lequel nous évoluons ?

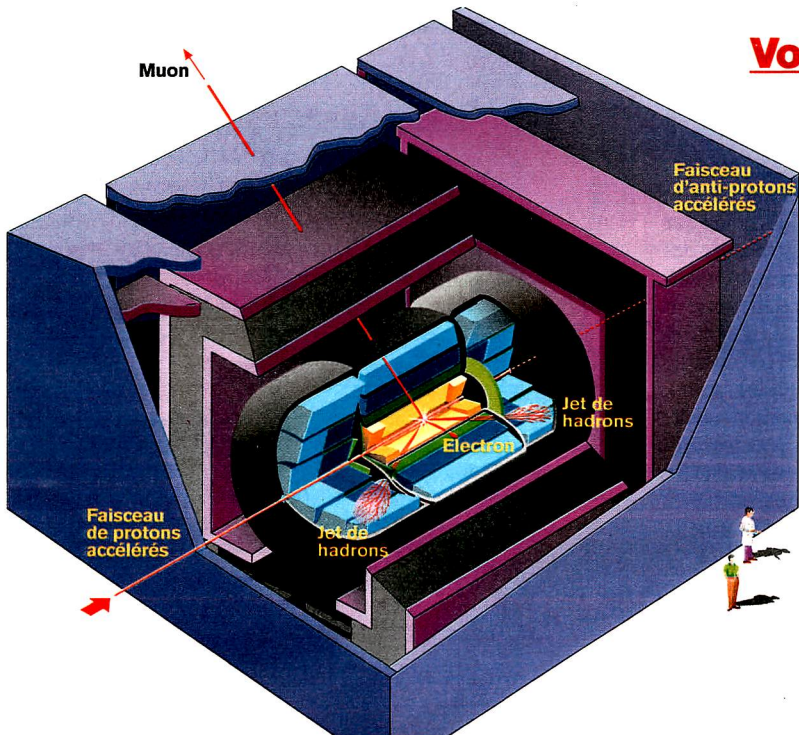
Réponse : ce sont précisément les particules les plus instables, massives, en un mot exotiques, qui nous expliquent le monde dans lequel nous vivons. L'histoire des quarks est exemplaire. Deux sont présents en abondance sous nos yeux, mais restent cachés. Leur découverte est venue d'une explication globale des formes "exotiques" de matière. Autrement dit, c'est en comprenant que trois quarks "u", "d" et "s" étaient nécessaires pour reconstruire l'ensemble des hadrons connus

dans les années soixante que les physiciens ont découvert la structure en quark d'un banal proton (uud) ou d'un neutron (udd).

Mais l'histoire des quarks ne s'arrête pas là. Deux autres sont découverts dans les années soixante-dix : le quark "c" (comme charme) et le "b" (comme beauté). L'existence du sixième est vite pressentie. Pourquoi ces trois quarks de plus ?

Pour des raisons d'architecture ! Autrement dit, par cohérence avec d'autres pans de la physique des particules. La famille des quarks est, en effet, l'une des pièces maîtresses d'un tout appelé "modèle standard", savante construction théorique qui a pour ambition de décrire le grand jeu des particules élémentaires et leurs interactions (voir encadré p. 46 et 47). Le jeu sur lequel repose le monde dans lequel nous vivons. C'est pour satisfaire à des exigences de symétrie et de cohérence de ce modèle que les physiciens ont progressivement agrandi la famille des quarks.

Mais ce que le modèle standard ne prédit pas, c'est la masse de ces quarks. Celles du "c" et du "b" sont déjà considérables : respectivement 1,5 et 5 GeV (1 gigaélectronvolt =  $10^9$  électronvolts), soit autant de fois la masse du proton. Le top, lui, mérite bien son nom car il est vraiment au sommet de l'échelle. L'insuccès des recherches menées jusqu'à présent permet d'affirmer que sa masse est supérieure à 91 GeV. Une estimation combinant toutes les données accumulées au CERN, laboratoire européen de physique des



## Voir le quark top

Le 10 janvier 1993, les chercheurs travaillant sur le détecteur D-Zéro du Fermilab ont observé un événement qui présente toutes les caractéristiques attendues d'une désintégration de quark top. Cette particule est, en effet, trop lourde pour exister plus d'une infime fraction de seconde. Aussitôt créée, grâce à l'énergie libérée dans une collision proton-antiproton, elle laisse une signature spécifique formée d'un muon, d'un électron et de deux "jets" de particules lourdes (des hadrons). Mais cet événement n'est-il pas fortuit ? D'autres devront être observés pour confirmer l'existence du top.

A. Meyer

suite de la page 45

particules, la situe entre 125 et 202 GeV.

Pourquoi le top est-il si lourd ? Cela reste un mystère. Un véritable mystère. Chaque particule élémentaire est dotée d'une masse dont les physiciens ne peuvent jusqu'à présent que constater la valeur. Dans le cas du quark top, on peut penser que la note est plutôt "salée". Mais cela ne change fondamentalement rien au problème.

Dans la pratique, en revanche, la conséquence est immédiate : seul le Fermilab, aux Etats-Unis, dispose avec le Tevatron d'un accélérateur capable de répondre à cette apparente surenchère en énergie de la nature. C'est donc là que la découverte est quasiment programmée. Avec quels moyens ?

**Le fonctionnement du Tevatron exploite l'une des perles les plus rares de la physique : l'antimatière.** Malgré son parfum de science-fiction, l'antimatière est quelque chose de bien réel et tangible. Elle est constituée d'antiparticules au même titre que la matière est formée de particules. La symétrie entre matière et antimatière est presque parfaite, ce qui facilite la conversion masse-énergie (voir *Science & Vie* n° 909, p. 48).

Au Fermilab, les chercheurs utilisent cette conversion pour produire des antiprotons qui sont ensuite accélérés. Leurs collisions avec des protons accélérés en sens inverse libère l'énergie cinétique accumulée par ces projectiles. Une partie de celle-ci est alors "redistribuée" en nouvelles paires de particules et antiparticules. Le but du jeu est d'arriver ainsi à créer une paire de quark et antiquark top. Ce qui reste un processus rarissime, compte tenu de trois paramètres : la masse du top, l'énergie des faisceaux de protons et d'antiprotons et enfin leur "luminosité".

Cette luminosité est aujourd'hui le paramètre crucial dont dépend la réussite de la chasse au top. Elle traduit simplement l'intensité des faisceaux par unité de surface. Dans l'année qui vient, celle du Tevatron va être multipliée par un facteur trois, ce qui devrait suffire à créer des paires de quarks et antiquarks top en nombre suffisant pour qu'une poignée d'entre elles soient vues par deux immenses détecteurs : CDF (*Collider Detector at Fermilab*) et D-Zéro (nom de l'intersection où le détecteur est installé).

Voir une paire de quark et antiquark top signifie voir leur descendance, c'est-à-dire les particules produites par leur désintégration. Celles-ci sont d'abord détectées et identifiées. Puis l'ensemble de "l'événement" est reconstitué. Il reste enfin à l'interpréter et à s'assurer qu'un top en est bien à l'origine.

Sur D-Zéro, un "événement" est décrit par l'ensemble des informations recueillies sur 120 000 canaux électroniques, c'est-à-dire 120 000 câbles sor-

# LE GRAND JEU

Neutrino  $\tau$



Neutrino  $\tau$

Tau



Tau

Neutrino  $\mu$



Neutrino  $\mu$

Muon



Muon

Neutrino  $e$



Neutrino  $e$

Electron

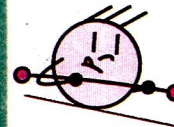


Electron

Boson  $W^+$

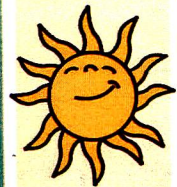
Boson  $W^-$

Boson  $Z^0$



Boson  $Z^0$

Photon



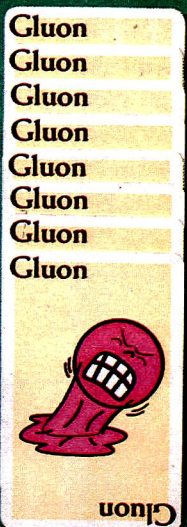
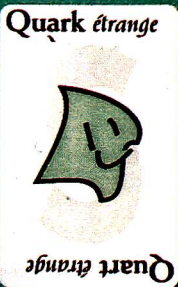
Photon

## Le seul absent du jeu

C'est le boson de Higgs, pas encore découvert mais à l'origine des masses des particules élémentaires.



# DES PARTICULES ÉLÉMENTAIRES



La famille des quarks (les six premiers à droite) est une pièce maîtresse du modèle standard qui décrit le grand jeu des particules et des interactions. Mais ce n'est pas la seule. Une deuxième grande famille est formée par l'ensemble des leptons (les six premiers à gauche) dont trois sont électriquement chargés (électron, muon et tau) et trois électriquement neutres (les neutrinos).

Au total, six quarks et six leptons : l'égalité n'est pas fortuite. Ces douze "briques" fondamentales de la matière sont en effet des partenaires dans le jeu des forces physiques fondamentales. Ces forces sont au nombre de quatre : interaction forte, électromagnétique, faible et gravitationnelle. Dans le monde des particules élémentaires, seules les trois premières ont des effets observables. Et seuls les quarks sont sensibles aux trois.

Ces forces sont "transportées" d'une brique à une autre par des particules élémentaires spécifiques : gluons pour l'interaction forte, photons pour la force électromagnétique et bosons W et Z pour l'interaction faible.

Pourquoi un nombre aussi grand de "briques" et de "colles" ? Actuellement cela reste un mystère. Le grand succès des physiciens - qui renforce leur modèle standard - a été de montrer comment deux des forces physiques fondamentales dérivent d'une seule et même force électrofaible, ouvrant ainsi la voie à une description totalement unifiée des particules et des forces.

La cohérence de ce modèle est telle qu'elle rend l'existence du top incontournable. Mieux, elle indique que ce sixième quark est vraisemblablement le dernier du nom. L'argument est assez étonnant : l'étude des modes de désintégration du boson Z<sup>0</sup> montre qu'il n'existe que trois familles de neutrinos, donc six leptons et six quarks.

Après la découverte du top, la prochaine grande étape en vue est celle du boson de Higgs. C'est sur lui que les physiciens font reposer l'origine des masses de toutes les particules élémentaires. Un joker que la nature garde encore dans son jeu, en attendant la prochaine génération d'accélérateurs de particules.

tant du détecteur. Chacun délivrant, sous forme de signal électrique, un message pouvant déjà combiner plusieurs informations.

Au total, environ 13 millions d'événements ont été enregistrés par D-Zéro depuis sa mise en service en 1992. Le plus intéressant a été observé le 10 janvier 1993. Il possède toutes les caractéristiques attendues dans la découverte du top. Il reste aux chercheurs à s'assurer que ce "candidat top" n'est pas un événement banal dont le caractère pathologique pourrait imiter parfaitement la signature du top. Il reste également à trouver d'autres candidats, présentant les bonnes caractéristiques. Une dizaine comblerait les physiciens. Les paris sont ouverts sur la date à laquelle le suspense prendra fin.

# Ils font **TREMBLER**

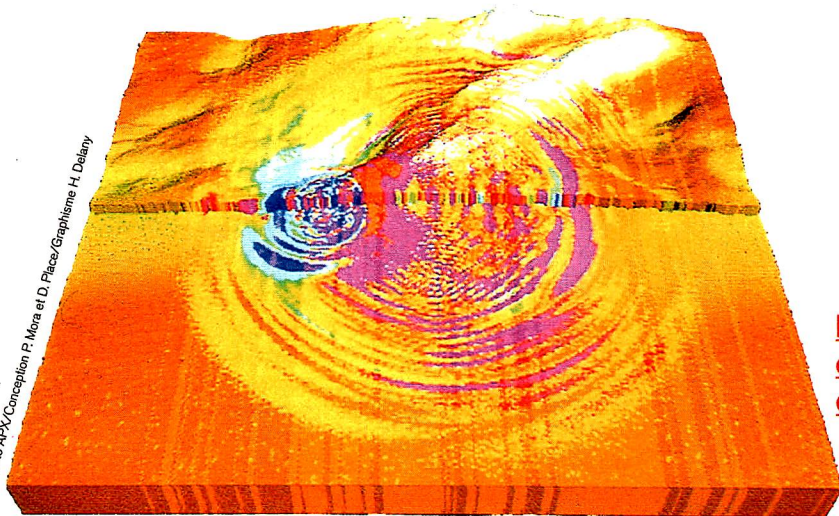


Photo APX/Conception P. Mora et D. Place/Graphisme H. Delany

**Déclenchés  
en  
direct ...**

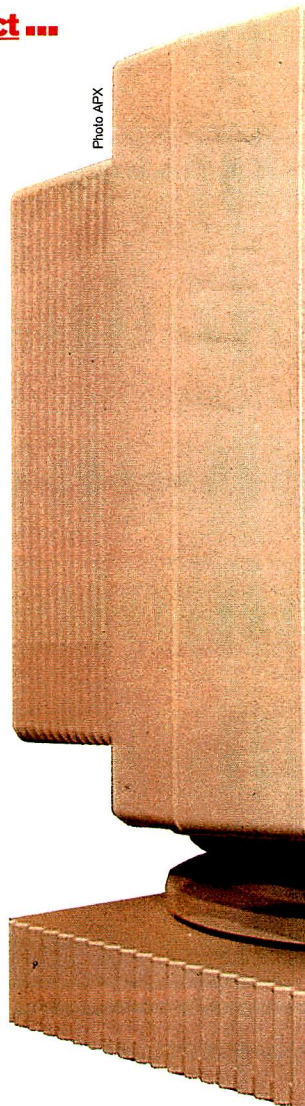


Photo APX

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

«**R**ecréer la Terre dans un ordinateur a toujours été mon rêve», avoue sans rire Peter Mora, un géophysicien australien travaillant actuellement à Paris. «Pour mieux comprendre le monde réel, explique-t-il. Imaginez : vous pressez un bouton, et vous voyez sur votre écran glisser et se chevaucher les plaques de la croûte terrestre, s'élever des chaînes de montagnes et éclater des séismes...» Mieux que les dinosaures de synthèse et les jeux en réalité virtuelle : la planète Terre virtuelle, fidèlement reconstituée à partir des équations de la physique ! Un rêve, certes, mais qui a déjà un pied dans la réalité grâce au super-ordinateur installé depuis peu dans les locaux de l'Institut de physique du globe (IPG), à l'université de Jussieu, à Paris.

Dès qu'il s'agit de tremblements de terre, l'enjeu dépasse bien sûr la connaissance pure, et les simulations par ordinateur soulèvent de grands espoirs. Vaut-il enfin comprendre les mécanismes clés qui président au déclenchement des séismes ? Et sera-t-on alors capable de

les prévoir, ou même de les contrôler ?

Dans ce domaine, la modélisation constitue une grande première. Jusque-là, les scientifiques observaient et analysaient le terrain, enregistraient et étudiaient les ondes sismiques, se livraient parfois à des expériences en laboratoire. Mais lorsqu'ils se lançaient dans des calculs numériques, c'était au prix de simplifications brutales des modèles physiques : les moyens de calcul étaient trop modestes.

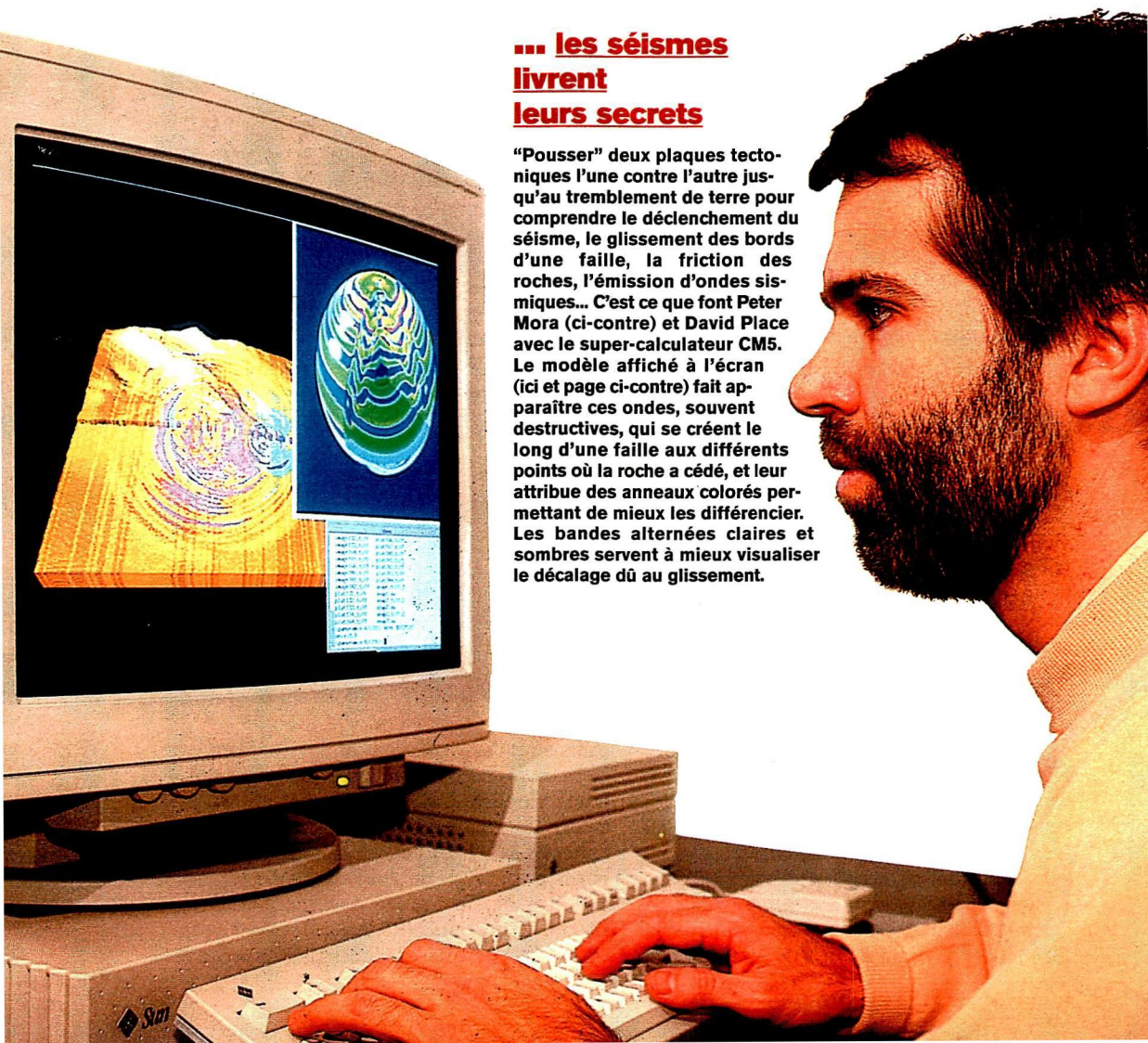
**Aussi le calculateur entré en service il y a quelques mois «représente une véritable révolution en géophysique !»** s'enthousiasme Peter Mora. «Il deviendra bientôt possible, poursuit-il, de simuler, par exemple, les séquences d'un séisme. Pour la première fois, nous pouvons être vraiment ambitieux : tenter de comprendre les phénomènes de façon rigoureuse, en «entrant» la théorie dans l'ordinateur. Avec un immense avantage à la clé : nous contrôlons tous les paramètres, en chaque point du sol fictif ; ▶

# la terre sur écran

**Les mouvements du manteau et de la croûte terrestres vont enfin être simulés avec réalisme grâce au super-calculateur parallèle dont vient de se doter l'Institut de physique du globe. Un tout premier pas vers la prévision des tremblements de terre... ou leur suppression !**

## **... les séismes livrent leurs secrets**

"Pousser" deux plaques tectoniques l'une contre l'autre jusqu'au tremblement de terre pour comprendre le déclenchement du séisme, le glissement des bords d'une faille, la friction des roches, l'émission d'ondes sismiques... C'est ce que font Peter Mora (ci-contre) et David Place avec le super-calculateur CM5. Le modèle affiché à l'écran (ici et page ci-contre) fait apparaître ces ondes, souvent destructives, qui se créent le long d'une faille aux différents points où la roche a cédé, et leur attribue des anneaux colorés permettant de mieux les différencier. Les bandes alternées claires et sombres servent à mieux visualiser le décalage dû au glissement.



*suite de la page 48*

nous les connaissons et pouvons les changer à volonté – ce qui n'est évidemment pas le cas dans la nature... L'ordinateur devient un véritable laboratoire artificiel.»

La petite merveille à laquelle on doit ces prouesses s'appelle CM5 (CM pour Connection Machine, du constructeur américain Thinking Machines Corporation). Ce super-calculateur de type "massivement parallèle" (voir encadré p. 53) possède 128 processeurs interconnectés lui permettant, en vitesse de pointe, d'effectuer 16 milliards d'opérations à virgule flottante par seconde (16 gigaflops). C'est aujourd'hui l'ordinateur le plus rapide et le plus puissant installé en Europe pour la recherche en sciences de la Terre. En son honneur, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche a inauguré un nouveau département, le Centre national de calcul parallèle en sciences de la Terre (CNCPT), accueilli par l'IPG et dont Peter Mora est le directeur. Ouvert à tous les chercheurs et enseignants de ces disciplines, le calculateur travaille vingt-quatre heures sur vingt-quatre, 365 jours par an : il permet de modéliser la propagation des ondes à travers la Terre, les mouvements de convection dans le manteau terrestre, la mécanique des roches...

**Alors, va-t-on prévoir les séismes par ordinateur ?** Rien n'est moins sûr. Et de toute façon, ce n'est pas pour demain : les connaissances des chercheurs sur le déclenchement des séismes sont encore bien minces ! Aujourd'hui, le moment précis où survient un tremblement de terre est presque toujours inattendu. Il arrive même que le lieu de la catastrophe prenne les scientifiques complètement au dépourvu, comme en Inde, lors du terrible séisme du 30 septembre dernier survenu au Maharashtra, dans une région pourtant réputée sismiquement calme (voir encadré ci-contre)... On sait que la grande majorité des séismes (comme des éruptions volcaniques) ont lieu aux frontières des immenses plaques tectoniques constituant la croûte terrestre : là où ces plaques se séparent, se heurtent ou encore glissent les unes sous les autres, les contraintes de la croûte sont maximales. Mais ces pressions et frottements titanesques se répercutent aussi à l'intérieur des plaques, et des secousses se produisent parfois dans certaines zones continentales. Les séismes de ce genre, on l'a remarqué, ont toujours lieu sur l'emplacement d'anciennes failles.

En supposant qu'on ait repéré une zone fragile, comment savoir quand s'y produira le prochain tremblement de terre ? Pour l'heure, on l'ignore : la physique des séismes est trop mal

## 25 000 morts

C'est le bilan du tremblement de terre survenu le 30 septembre dernier dans l'Etat indien du Maharashtra (ici, le village de Killari, l'un des plus touchés).



M. Deville

connue ; et l'assistance de l'ordinateur, dans ce cas, n'est pas encore à l'ordre du jour. «Le calculateur parallèle CM5 modélise des processus théoriques, mais il n'est pas encore utilisé sur des exemples de séismes naturels», précise Paul Tapponnier, spécialiste de la tectonique des régions de l'Inde, du Tibet et de l'Asie centrale, chercheur à l'IPG et au CNRS. Avant de passer à des cas concrets, il est donc indispensable de parfaire



## MÊME TRÈS LOIN DES ZONES SENSIBLES

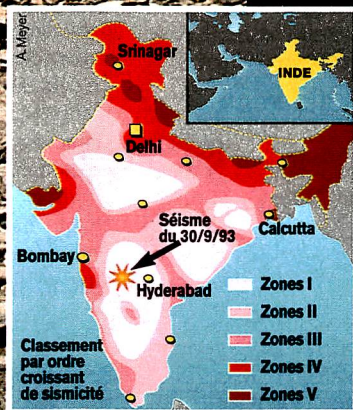
Même si la majorité des secousses se produisent aux frontières des grandes plaques tectoniques composant la croûte terrestre, des tremblements de terre surviennent également dans de nombreuses régions continentales, "intra-plaques". Certaines de ces zones ont été repérées, mais pas toutes, comme l'a hélas prouvé la catastrophe du Maharashtra (voir photo). «C'est le type d'événement devant lequel nous sommes le plus démunis», reconnaît Paul Tapponnier, du laboratoire tectonique de l'IPG, spécialiste de cette région du globe.

Les sismologues savent pourtant qu'à l'origine de ces séismes, il y a toujours des failles importantes, qui laissent des traces en principe visibles sur des photographies prises par le satellite SPOT. «Certains spécialistes – en petit nombre – sont formés et entraînés à reconnaître ces failles sur les images SPOT, dit Paul Tapponnier. Mais encore faut-il regarder au bon endroit. La Terre est gigantesque : autant chercher une aiguille dans un champ de blé.»

D'autant que les laboratoires s'intéressent en priorité aux régions géologiquement actives (carte ci-contre), aux frontières des plaques, comme la chaîne de l'Himalaya. En l'absence de piste particulière, les scientifiques n'ont pas de raison d'observer une zone "sans histoires"... Et c'est parfois, malheureusement, après coup qu'est repérée la faille responsable.

Quant à confier la tâche de repérage systématique des failles à un ordinateur, inutile

même d'y songer. L'œil humain est ici irremplaçable ; un œil exercé, qui plus est. Un ordinateur est aujourd'hui incapable de distinguer une route d'une rangée d'arbres...



la théorie des séismes : pourquoi la pression continue de la tectonique des plaques va-t-elle brusquement provoquer le décrochement des deux plans d'une faille ? Quelle est l'origine de cette instabilité ? Comment s'effectue alors le glissement des deux bords de la faille, responsable du tremblement de terre ?

Le calculateur CMS a déjà livré quelques éléments de réponse fort prometteurs. Il a permis,

entre autres, de résoudre une énigme importante concernant le mouvement relatif des deux bords d'une faille. On sait que sous l'énorme poussée des plaques tectoniques, les contraintes élastiques s'accumulent pendant des centaines ou des milliers d'années sur la croûte, et en particulier en ses points faibles : les failles. Mais la rugosité de la roche s'oppose au glissement... Jusqu'au jour où le seuil de frottement statique est atteint, et c'est

suite de la page 51

la rupture ! Presque toute l'énergie accumulée est libérée d'un coup, et les deux plans de la faille glissent l'un par rapport à l'autre, engendrant une friction importante ainsi que des ondes sismiques. Pourtant cette description comporte un paradoxe : les modèles de friction, basés sur des expériences en laboratoire, prévoient d'importants dégagements de chaleur ; or, sur les lieux d'un séisme, personne n'a jamais enregistré une chaleur équivalente... Mystère élucidé par la simulation d'un tel glissement de faille, réalisée pour la première fois au monde avec le ordinateur parallèle du CNCPSST (voir photo p. 48). Il en ressort, en effet, que les ondes élastiques sont engendrées lors du décrochement, et en se propageant le long de la faille, elles ont pour effet de repousser localement les deux plans. Résultat : la friction s'opposant au glissement est bien plus faible que celle qui avait été mesurée en laboratoire sur des échantillons de roche !

Exactement la conclusion à laquelle étaient parvenus, l'année dernière, le géophysicien Jim Brune et son équipe de l'université du Neva-

da – mais par des voies complètement différentes. Pour simuler un séisme, ces chercheurs poussaient l'un contre l'autre des blocs de caoutchouc, un peu comme on pousse un rabot sur une planche de bois. Et ils ont constaté que les blocs glissaient l'un contre l'autre par petits sauts discontinus ; au lieu de rester en contact permanent, ils maintenaient entre eux une très légère ouverture pendant chaque "bond" – d'où une friction réduite et, par voie de conséquence, un dégagement calorifique plus faible... A l'époque, beaucoup de géophysiciens n'ont pas pris au sérieux ce modèle : les surfaces du caoutchouc semblaient avoir une structure géométrique trop différente de celle des roches réelles.

**Mais voilà que le calcul sur ordinateur vient valider l'expérience des blocs de caoutchouc !** A ceci près qu'il n'y a pas vraiment d'ouverture entre les deux bords d'une faille, mais des baisses de contraintes facilitant le glissement. Par ailleurs, les études numériques semblent démontrer qu'à l'origine du séisme, pour déclencher le tout premier glissement, la "géométrie" des roches le long des parois de la faille – la manière dont elles sont imbriquées – joue un rôle crucial.

Il en a coûté une journée entière de travail au ordinateur CM5 pour modéliser ce glissement de faille. Et encore, il ne s'agit que d'une simulation à deux dimensions, qui ne prend pas en compte la profondeur... La surface du sol y est divisée en 256 x 256 morceaux de roche, chaque morceau interagissant avec ses voisins. Pour passer à une simulation à trois dimensions aussi perfectionnée, le CM5 devrait tourner un

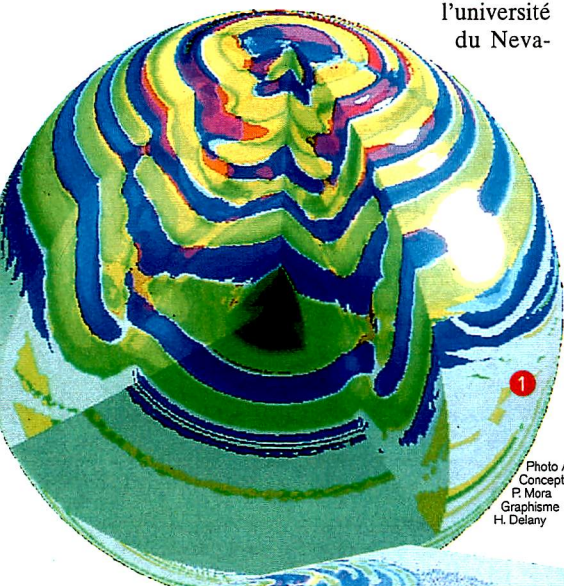
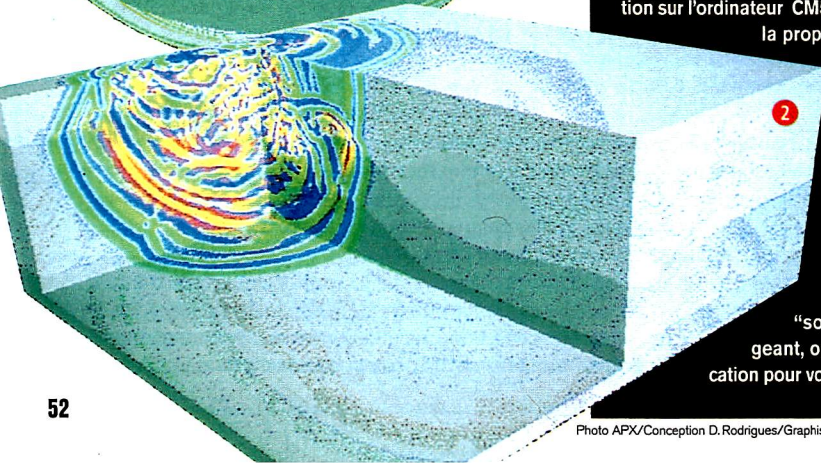


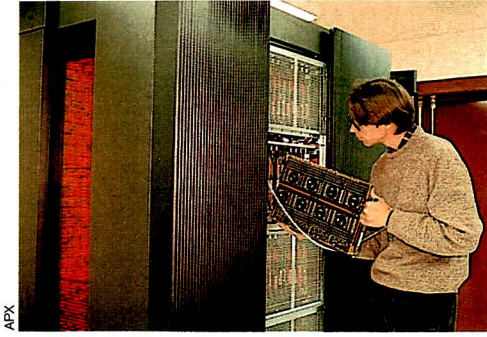
Photo APX  
Conception  
P. Mora  
Graphisme  
H. Delany



## Ondes et sondes

Au-delà d'une magnitude 6 sur l'échelle de Richter, les ondes sismiques se propagent sur tout le globe ①. Cette simulation sur l'ordinateur CM5 permet de discerner très nettement la propagation des ondes de compression (en jaune, rose et orange) des ondes de cisaillement (en bleu et vert). Entre autres intéressés, les compagnies pétrolières : en interprétant la propagation des ondes sismiques à travers le sous-sol ②, on sait en déduire la structure du terrain et les couches susceptibles de contenir du brut. Si le verdict de ces "sondes" immatérielles est encourageant, on procédera à des forages de vérification pour voir si l'or noir est bien au rendez-vous.

Photo APX/Conception D. Rodrigues/Graphisme H. Delany



APX

## CM5, UN ORDINATEUR QUI IMITE LES NEURONES

Dans les années soixante-dix, les ordinateurs les plus puissants et les plus rapides au monde étaient les Cray, qui fonctionnaient séquentiellement : une opération après l'autre. Mais avec ce genre d'ordinateur, le seul moyen d'accroître la vitesse de calcul consiste à comprimer les circuits afin de réduire le trajet des électrons.

Pour contourner cette limite existent depuis 1986 les calculateurs parallèles : ce terme signifie simplement que le calculateur est constitué de plusieurs processeurs

(128 exactement pour le CM5 de l'Institut de physique du globe – les plus puissants en possèdent 16 000 –, d'où l'appellation "massivement parallèles") interconnectés selon une structure arborescente et fonctionnant simultanément ; ce qui multiplie la puissance et réduit les temps de calcul.

Ces machines ont été inventées en pensant aux réseaux de neurones de notre cerveau ; leur façon de calculer "en parallèle" approche de plus près certains phénomènes physiques...

an ! De toute façon, sa mémoire est insuffisante ; le CNCPST devra sans doute se procurer un ordinateur parallèle de gamme supérieure. Et les physiciens devront peaufiner leur modèle : à l'heure actuelle, la simulation des glissements de failles à trois dimensions n'est pas encore tout à fait au point...

Toute la difficulté de modéliser les séismes – et donc de les prévoir – tient à leur non-linéarité. En termes simples, cela veut dire qu'en raison de la complexité du système, de son instabilité, du nombre de facteurs en jeu, il est très difficile de connaître son état futur à partir de l'état présent ; et quasiment impossible de définir les seuils, les critères de la rupture. D'où la tendance, chez certains physiciens, à considérer que le déclenchement des séismes est un phénomène chaotique, imprévisible, et qu'il est, par conséquent, inutile de le modéliser physiquement. A la limite, les séismes relèveraient de l'étude générale du chaos et des états critiques et non plus des théories sur le mouvement des roches...

Même si la plupart des sismologues ne partagent pas cette vision pessimiste, il est vrai que la question aujourd'hui n'est pas tant « Comment prévoir les tremblements de terre ? », mais plutôt « Peut-on les prévoir ? » Ou, plus exactement enco-

re : les séismes sont-ils prévisibles avec une précision suffisante – car rien ne sert d'être averti d'un risque possible de séisme d'ici deux cents ans... Les simulations sur ordinateur ont l'objectif d'apporter une réponse à ces interrogations essentielles. Avec des modèles et des calculs plus poussés, on devrait pouvoir identifier les paramètres cruciaux du déclenchement des tremblements de terre.

Alors s'opérera la jonction avec les observations de séismes réels : sur le terrain, on demandera aux scientifiques d'effectuer telle mesure, de vérifier l'évolution de tel facteur, afin de mettre à l'épreuve des faits les prévisions fournies par les modèles numériques. L'espoir, c'est que les simulations révèlent des paramètres qui varient brusquement juste avant la rupture : des propriétés du sol que l'on puisse mesurer pour être capable, le cas échéant, de prévenir la catastrophe. Mais, même dans ce cas, les signes précurseurs n'apparaîtraient sans doute que peu de temps avant le séisme...

**Et pourquoi ne pas carrément... empêcher un séisme dévastateur**, à défaut de prévoir le moment précis de son déclenchement ? L'idée est moins saugrenue qu'il y paraît. Les séismes les plus puissants se produisent toujours aux mêmes endroits, sur des failles actives – les secousses de petite et moyenne intensités étant, en revanche, plus dispersées. Si l'on parvenait à étudier assez précisément ces points chauds, à repérer la zone de faille où s'amorce le glissement, à modéliser et à cartographier la structure de la roche dans cette zone, à identifier les principaux paramètres du déclenchement... alors on pourrait imaginer de modifier la faille en cet endroit, non pour bloquer le glissement – ce qui est évidemment impensable – mais au contraire pour le faciliter et le rendre ainsi moins violent et moins destructeur.

« Ce ne sont que des idées, nous n'en sommes pas encore là, rappelle Peter Mora. Mais si l'on connaissait les aspérités des parois de la faille qui contrôlent le glissement lors d'un séisme, on pourrait, par exemple, introduire quelque fluide dans la faille ou bien la modifier par des explosions localisées. De cette façon, on parviendrait à supprimer les gros séismes en les remplaçant par des petits, plus rapprochés mais moins nuisibles. »

Eviter les séismes de forte magnitude : une espérance qui paraît un peu folle, mais qui est peut-être plus réaliste que la prévision des tremblements de terre. D'autant qu'une hypothétique prévision ne supprimerait pas toutes les conséquences dramatiques des séismes : panique généralisée, évacuation des populations, destructions massives... ■

physique

# Une carte mondiale de la pesanteur

**Gradio-Games, qui doit être lancé en 1998, aura pour mission d'établir, pour la première fois, une carte très précise des variations de la gravité sur toute la surface de la Terre. Un document que les scientifiques et les militaires attendent avec impatience.**

PAR SERGE BROSSELIN

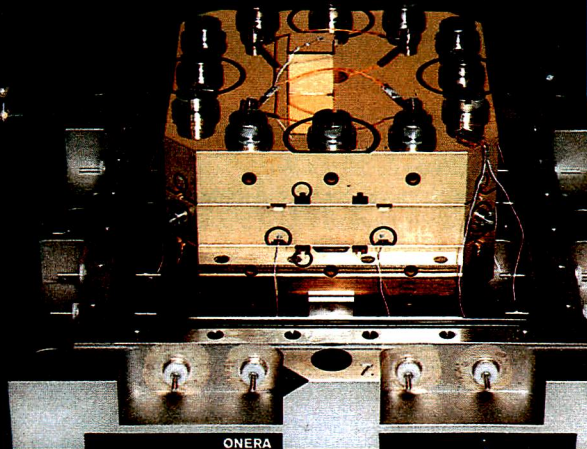
Plate-forme à quatre accéléromètres Gradio

Satellite de la mission Gradio-Games



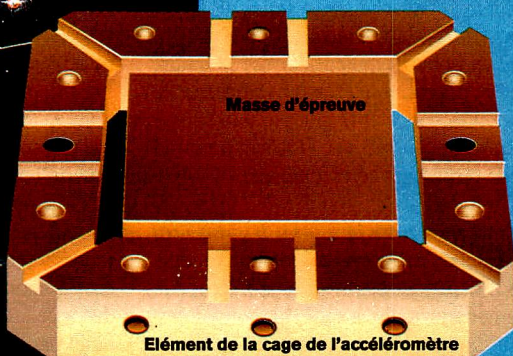
## GRADIO, CAPTEUR ULTRASENSIBLE

Un des quatre accéléromètres Gradio



ONERA

Chacun des quatre accéléromètres de la plate-forme Gradio renferme une "masse d'épreuve" en lévitation à l'intérieur d'une cage. Différents capteurs repèrent la position de cette masse par rapport à la cage. Dès que le satellite porteur de la plate-forme subit une accélération ou une décélération, la masse va avoir tendance à se déplacer en conséquence. Cette "velléité de mouvement" est mesurée par la quantité d'énergie dépensée par le système, suivant chacun des trois axes orthogonaux, pour maintenir la masse dans sa position d'équilibre initial. L'accéléromètre étant triaxial, il repère les trois composantes de l'accélération. En corrigeant chaque valeur pour en éliminer les autres forces qui s'appliquent au satellite (voir texte ci-dessous), chaque accéléromètre détermine l'accélération de la pesanteur au point où s'est faite la mesure.



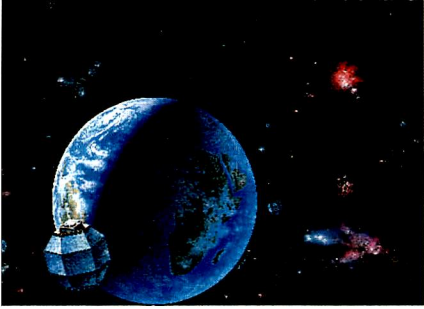
D. Galland

## LA PESANTEUR N'AGIT PAS SEULE

L'accélération de la pesanteur due à l'attraction terrestre n'est pas seule à agir sur un satellite en orbite. Quatre autres forces peuvent en infléchir la trajectoire : la traînée atmosphérique (flèches vertes), due à la résistance opposée par l'atmosphère à l'avancement du satellite ; le rayonnement infrarouge de la Terre (flèches rouges), émis par la surface de celle-ci chauffée par le Soleil ; la pression de radiation solaire (flèches jaunes), exercée par toutes les particules émises par l'astre du jour ; la pression de l'albédo terrestre (flèches orange), due à la lumière solaire réfléchie par la surface de la Terre. On voit que les deux dernières forces ne s'exercent que lorsque le satellite est en vue du Soleil (positions 1, 2 et 3), et pas lorsqu'il passe derrière la Terre 4.

Dessin M. Siffert

M. Siffert-93



**N**ewton, qui découvrit les lois de la gravitation, en ignora une caractéristique déterminante de l'attraction terrestre : celle-ci est loin d'être uniforme sur toute la surface de la planète. En effet, la pomme associée par la légende à l'idée de pesanteur ne tombe pas avec la même vitesse selon que l'arbre se trouve à Wools-thorpe, ville natale du célèbre savant, à Paris ou à Ouagadougou. A Paris, l'accélération de la pesanteur vaut  $9,83 \text{ ms}^{-2}$ , alors qu'elle ne vaut plus que  $9,93 \text{ ms}^{-2}$  à l'équateur et  $9,78 \text{ ms}^{-2}$  aux pôles (1).

Aujourd'hui, trois siècles après les travaux de Newton, les scientifiques sont enfin en mesure de tirer le portrait gravitationnel de la Terre, de savoir avec une extrême précision la valeur de la gravité en tout point du globe. Comment ? Grâce à Gradio, un gradiomètre triaxial, accéléromètre ultrasensible unique au monde, conçu et réalisé par une équipe de chercheurs de l'ONERA (Office national d'études et de recherches aéronautiques).

**Et quel intérêt y a-t-il à connaître les valeurs locales de la gravité** et à suivre leurs éventuelles fluctuations dans le temps ? C'est que ces précieuses informations sont très convoitées. Par les scientifiques : entre autres, pour leurs travaux sur la dérive des continents, qu'ils pourront suivre en direct. Par les militaires aussi et surtout : tous les systèmes – satellites, fusées intercontinentales, missiles – utilisant l'inertie pour guidage, pour ne prendre que cet exemple, vont voir leur précision accrue dans des proportions qui relèvent du secret militaire.

Si la Terre était parfaitement ronde et homogène dans sa structure et dans la répartition de ses masses, il n'y aurait pas de gradient de gravité : celle-ci serait la même partout. Seulement voilà, nul n'est parfait. D'abord, la planète bleue n'est pas impeccablement sphérique mais aplatie aux pôles. Ensuite, elle porte des océans et des continents, et ces derniers sont eux-mêmes constitués de vallées, de plateaux et de massifs montagneux. Enfin, son écorce recouvre les masses en fusion et en mouvement permanent de son manteau et de son noyau. Tous ces éléments physiques dissemblables et mobiles engendrent des écarts de gravité au sol, qui se répercutent dans tout l'espace entourant la Terre.

Comment détecter ces différences de gravité ? En mesurant tout simplement leurs effets. Toute

variation de la valeur du champ gravitationnel influe sur l'équilibre cinématique de tout corps en mouvement : tantôt une accélération se produit, tantôt une décélération ; ce qui se traduit par des changements de vitesse et, dans le cas d'un satellite, par des modifications de trajectoire (un satellite qui perd de la vitesse voit son orbite se resserrer). Deux techniques spatiales permettent d'effectuer de telles mesures.

La première vise les variations à grande échelle (entre un plateau continental et l'océan, par exemple). Elle fait appel à deux satellites, l'un évoluant sur une orbite très haute (18 000 à 20 000 km d'altitude), l'autre sur une orbite basse (200 km). Le satellite très éloigné de la Terre n'est pratiquement pas perturbé par les variations du champ gravitationnel ; équipé d'un récepteur GPS (Global Positioning System), il détectera les décalages de trajectoire du satellite bas, extrêmement sensible, lui, à ces variations. A partir de ces écarts seront calculées les variations de vitesse qui les ont provoqués, et de là les fluctuations de gravité à l'origine de ces perturbations (2).

La deuxième technique de mesure constitue une grande nouveauté dans le monde de la gradiométrie ; c'est grâce à elle que l'on pourra un jour disposer d'une carte détaillée des variations de la gravité à la surface du globe. D'abord, elle fait appel à un seul satellite. Ensuite, elle est plus directe : pour mesurer des variations de gravité, c'est-à-dire des accélérations ou des décéléérations, elle fait appel à des accéléromètres. La plate-forme Gradio mise au point par l'ONERA et qui doit être montée sur un satellite porte, en effet, un accéléromètre à chaque coin d'un carré de un mètre de côté.

Arrivé en orbite, chacun des quatre accéléromètres de la plate-forme sera à une distance différente du centre de la Terre (il suffit pour cela de donner au support de la plate-forme une inclinaison évitant l'équidistance). De ce fait, l'attraction gra-

(1) L'accélération de la pesanteur peut s'exprimer de deux façons. On l'exprime soit sous forme de "g", soit sous forme de m/s/s (mètres/seconde par seconde), ou  $\text{ms}^{-2}$ . Les deux expressions reviennent au même puisque elles sont liées par l'équivalence :  $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$ . En d'autres termes, un accéléromètre qui a une précision de  $10^{-11} \text{ ms}^{-2}$  a une sensibilité de  $10^{-13} \text{ g}$ .

## *Les sous-marins trahis par leur masse*

**L'attraction exercée par la Terre sur un satellite varie localement avec les mouvements des différentes masses à la surface et au sein du globe. Or, Gradio est suffisamment sensible pour détecter une variation de sa trajectoire due à la présence d'un sous-marin, même en plongée.**

viationnelle exercée sur chaque accéléromètre sera elle aussi différente. Comme la décroissance de l'attraction terrestre avec l'altitude est connue (elle est de  $2.10^{-6} \text{ ms}^{-2}$  par mètre, soit  $2.10^{-7} \text{ g}$ ), tout décalage en plus ou en moins observé dans ces différences sera dû à une variation de la gravité.

Les accélérations ou décélérations à mesurer sont infinitésimales, de plusieurs ordres de grandeur en dessous de  $1 \text{ ms}^{-2}$  (entre  $10^{-5} \text{ ms}^{-2}$  et  $10^{-12} \text{ ms}^{-2}$ ). Pour fixer les idées, sachons qu'une décélération de  $10^{-9} \text{ ms}^{-2}$  (l'équivalent de  $10^{-10} \text{ g}$ ) appliquée à un mobile évoluant à  $100 \text{ km/h}$  finirait par l'arrêter au bout de... cent ans. Autre exemple : avec un accéléromètre ayant une sensibilité de  $10^{-10} \text{ g}$  (ou  $10^{-9} \text{ ms}^{-2}$ ), il est possible de mesurer l'accélération qu'une force de un gramme équitablement répartie engendrerait sur une voile dont la surface serait de... un hectare (ou  $10\,000 \text{ m}^2$ ) !

Ces forces infinitésimales mais agissantes sont aujourd'hui quantifiées grâce à des travaux engagés en 1962 par l'ONERA sur les accélérateurs ultra-sensibles. Ils ont abouti au développement d'un premier accéléromètre, baptisé Cactus, d'une sensibilité de  $10^{-10} \text{ g}$ , lancé en 1975 à bord du satellite *Castor D5B*. Gradio vient de multiplier par mille cette sensibilité :  $10^{-13} \text{ g}$ .

De tels niveaux de sensibilité ne sont pas recherchés par seul goût de la performance. Ils trouvent leur justification dans le fait que bon nombre d'applications satellitaires réclament la tenue de trajectoires extrêmement précises. On comprend aisément, par exemple, que les dix-huit satellites du système GPS – qui permettent à un mobile au sol, sur mer ou dans les airs de connaître sa position en "interrogeant" quatre satellites du réseau – n'ont pu donner les coordonnées en plein désert de chacun des coureurs du Paris-Dakar ou du rallye des Pharaons que si chaque satellite, à tout instant donné, se trouvait exactement à l'endroit du ciel où il était censé être. Or, on sait que les trajectoires des

satellites peuvent être perturbées par différentes forces autres que la gravité : traînée due à la résistance à l'avancement, pressions dues au rayonnement infrarouge et à l'albédo terrestres, pression de radiation solaire (voir dessin p. 55).

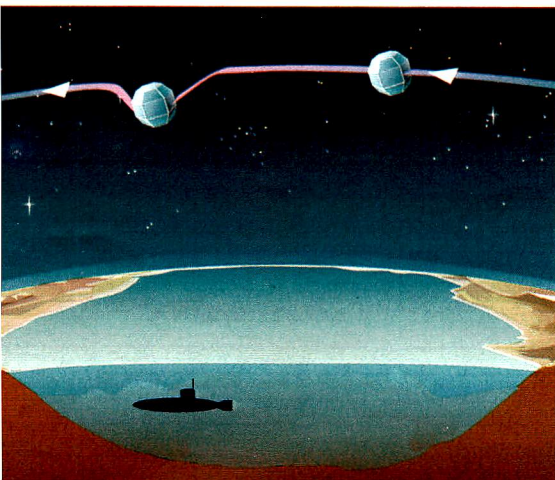
Des forces infimes, certes, mais dont l'effet n'en est pas moins certain. «Lorsqu'on regarde ce que représente la pression de radiation solaire directe exercée sur le satellite *Castor D5B*, déclare Alain Bernard, responsable de la division électronique et mesure à la Direction de physique générale de l'ONERA, on commence à côtoyer les frontières de l'inimaginable. Cette pression – mesurée avec une précision de 1 % – était de  $10^{-7} \text{ ms}^{-2}$ . C'est exactement comme si on pesait l'ombre d'un individu.» Ce n'est pas une boutade. Cette ombre a bien un effet quantifiable en termes de poids, puisque la surface de sol qu'elle recouvre se trouve de ce fait à l'abri de la pression de radiation solaire. «Alors, poursuit Alain Bernard, imaginez ce que l'on va pouvoir réaliser avec l'accéléromètre de toute dernière génération Gradio, dont la sensibilité est de cinq ordres de grandeur supérieure ( $10^{-12} \text{ ms}^{-2}$ , ou  $10^{-13} \text{ g}$ ) à ce qui est nécessaire pour peser ladite ombre.» La plate-forme aux quatre accéléromètres permettra de mesurer ces forces avec une extrême précision et de soustraire leurs effets parasites des valeurs de la gravité.

**Si tout se déroule comme prévu, Gradio-Games sera lancé en 1998**, et tournera autour de la Terre pendant trois années et demie, temps nécessaire pour réunir des mesures couvrant la totalité de la planète (2). La préparation de cette mission, fruit d'une coopération CNES-NASA, a été confiée à un consortium européen dont les principaux partenaires sont l'italien Aliena, l'allemand Dornier, les français Matra (la firme de Jean-Luc Lagardère s'étant vu confier la responsabilité du contrôle d'attitude du satellite en orbite) et SAGEM (à qui l'ONERA a cédé la licence d'industrialisation de l'accéléromètre).

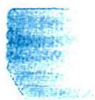
Quant à la date du lancement, elle s'explique par le souci de protéger les mesures de toute pollution due à des sursauts de l'activité solaire, dont le cycle de onze ans sera alors à son plus bas. La décision finale reste subordonnée à l'acceptation du financement de la mission par les pays participants. Mais les spécialistes français envisagent la suite avec optimisme, dans la mesure où la NASA soutient très fortement ce programme. D'ailleurs l'agence américaine, en fournissant le lanceur *Delta 2* et le récepteur GPS (ainsi qu'un magnétomètre dans le cadre d'une mission qui lui est propre), offrent du même coup une sérieuse garantie de voir la mission lancée comme prévu. ■

(2) Sur la base de ce principe les Américains avaient projeté de lancer le programme GRM (Geopotential Research Mission). Mais l'arrivée de Gradio a dissuadé la NASA d'aller plus loin.

(3) Games est le sigle de Gravity And Magnetic Earth Surveyor.



D. Galland



# VOUS AVEZ DES IDEES ? MESUREZ-VOUS AUX MEILLEURS EN EUROPE EN PARTICIPANT AU CONCOURS EUROPEEN DES JEUNES SCIENTIFIQUES\*

RESERVE AUX 15-21 ANS

\* EUROPEAN CONTEST FOR YOUNG SCIENTISTS concours gratuit sans obligation d'achat, sous l'égide de la CEE.

Les magazines **SCIENCE & VIE** et **SCIENCE & VIE JUNIOR** organisent la sélection française de ce grand concours doté de nombreux prix. Vous avez la bosse des sciences ? Vous avez des idées ? Alors vous avez vos chances pour être sélectionné et concourir pour le trophée européen.

Pour participer, il vous suffit de nous adresser le bulletin de demande de dossier de candidature ci-dessous avant le 31 janvier. Puis, avant le 31 mars 1994, vous nous adresserez votre projet scientifique. Quel genre de projet ? Vous avez carte blanche, à condition de rester dans le domaine des sciences exactes, naturelles

ou de la technologie. Vous pouvez concourir individuellement ou par équipe (représentée par 3 personnes maximum). Le jury, composé de scientifiques, jugera la qualité scientifique de votre travail et la cohérence de votre démarche. La sélection française aura lieu en juin et la remise des prix au niveau européen aura lieu en septembre 1994 à Luxembourg.

Parmi les prix, des chèques de 5 000 et 3000 ECU, des stages en laboratoire et la possibilité de faire avancer vos idées avec des savants de renommée internationale

avec



Avec la participation du CNRS, du CNES, de l'ANSTJ, de l'INSERM, l'INRA et l'IFREMER. Sous le patronnage du Ministère de l'Éducation Nationale et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.

## QUELQUES EXEMPLES DE PROJETS PRIMES

Ce concours a lieu chaque année depuis cinq ans. C'est la seconde fois que la France y participe. Trois projets français ont été sélectionnés en 1993, un mésangéographe pour observer les oiseaux, un ballon stratosphérique, une étude sur la sauvegarde des plantes rares par culture in vitro. En tête cette année : un Danois qui a réalisé une étude ornithologique dans les forêts tropicales des Philippines, etc...  
Et maintenant, à vous de jouer !!



## DEMANDE DE DOSSIER DE CANDIDATURE

à retourner sous enveloppe affranchie avant le 31 janvier 1994 à

CONCOURS EUROPEEN DES JEUNES SCIENTIFIQUES 1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 PARIS CEDEX

OUI Je souhaite recevoir le règlement complet du CONCOURS EUROPEEN DES JEUNES SCIENTIFIQUES et un dossier de candidature.

Nom \_\_\_\_\_  
Prénom \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_  
Date de naissance : \_\_\_\_\_ Niveau d'études : \_\_\_\_\_

# Horoscopes

## Les vrais dangers



**DOSSIER**

PAR GERALD MESSADIÉ ET HENRI BROCH

**P**eut-il y avoir du nouveau dans ces vaticinations sur l'influence des astres qu'on appelle astrologie ? Oui : une étude épidémiologique, la première du genre, démontre que ceux qui croient aux prédictions des horoscopes chinois vivent

moins longtemps que ceux qui n'en ont cure. Un danger bien réel. Les nouvelles en provenance de l'astrologie occidentale ne sont pas meilleures : un docteur ès sciences présente comme une preuve de l'influence des astres ce qui n'est qu'une déconcertante confusion.

**LA PREUVE QUE  
LES HOROSCOPES  
ABRÈGENT LA VIE  
PAGE 60**

**L'EXTRAVAGANTE  
"MANIP"  
DES JUMEAUX  
PAGE 62**

**UNE SUPERBE  
IGNORANCE  
DE L'ASTRONOMIE  
PAGE 64**



P. Lanne

# La preuve que les horoscopes abrègent la vie



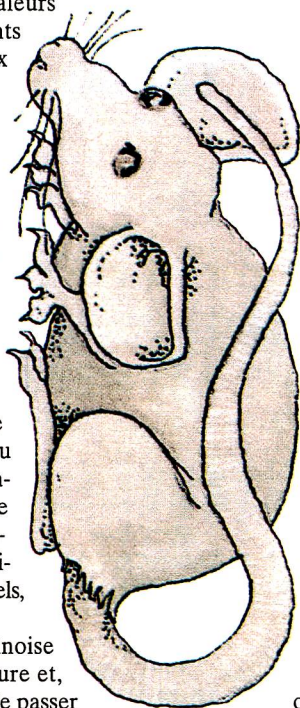
**Premières victimes avérées des astrologues : les Chinois de Californie.**

PAR GERALD MESSADIÉ

**U**ne étude réalisée sur 28 000 Sino-Américains par des chercheurs de l'université de Californie, à San Diego, ouvre des perspectives déterminantes sur une superstition que certains présentaient comme une manie inoffensive, d'autres comme un exutoire au mysticisme dans une époque où les valeurs ont brutalement changé de points cardinaux, et quelques astucieux comme un secret "millénaire".

Pour comprendre la base de cette étude, il faut savoir que, selon l'astrologie chinoise, le destin d'une personne est influencé par son année de naissance, chaque année étant associée à l'un des cinq éléments de la mythologie chinoise : feu, terre, métal, eau et bois ; chacun de ces éléments est à son tour associé à des organes ou à des maladies. Le feu étant associé au cœur, par exemple, une personne née en 1908, année du feu, serait plus vulnérable aux maladies cardio-vasculaires. Il existe dans cette astrologie-là tout un réseau de liens extrêmement compliqués qui associent les signes annuels, les éléments et les organes.

Les Américains d'origine chinoise restent très attachés à leur culture et, partant, à leur astrologie. Loin de passer pour une superstition, celle-ci, qui est diffusée de l'astrologie occidentale, fait figure d'émulation de la sagesse ancestrale, même parmi certains des Sino-Américains et des Chinois les plus évolués. On se souvient, comme preuve du poids considérable de ces croyances sur le psychisme asiatique, du "foin" qui se fit lorsqu'on découvrit



que le gratte-ciel ultra-moderne de la Bank of China, à Hong Kong, avait été bâti sur un "repaire de dragon". Pour les Chinois, en effet, on ne saurait bâtir n'importe où : il faut d'abord s'assurer, par l'intermédiaire de devins, que le site choisi ne serait pas l'un de ceux où siègent des dragons souterrains. On découvrit donc que le gratte-ciel contrariait le dragon sur la caverne duquel il était dressé, les directeurs de l'établissement firent alors procéder à toute une série d'exorcismes expiatoires. Durant ce temps, bien sûr, les outils ordinaires de l'électronique fonctionnaient sans entrave.

Cette croyance dans l'astrologie incline donc les gens à accepter les oracles du hasard comme des obligations. Si un individu né en 1908 souffre du cœur, il mourra vraisemblablement une année de feu (la prochaine durera du 19 février 1996 au 6 février 1997). Ajoutons que, dans le système complexe de l'astrologie chinoise, chaque année est dominée par un animal ; ainsi une personne est-elle liée à l'un des douze animaux emblématiques du bestiaire astrologique.

Or, chaque animal a son heure. Minuit, par exemple, est l'heure du rat. Alors, il est possible d'imaginer qu'à chaque minuit d'une année de feu le malade du cœur né une année de feu et du signe du rat est saisi de vives appréhensions. Mais il est des minuits qui comptent plus que les autres : ceux du mois de l'année qui correspond au rat, par exemple (car les correspondances foisonnent dans l'astrologie chinoise, comme les charançons dans du blé infesté), soit approximativement décembre. Il y a donc fort à parier, en résumé, qu'un natif du rat, né une année de feu et malade du cœur, risque, s'il croit à ces billevesées, de mourir certains soirs de décembre à minuit une année de feu.



chisme, il est facilement concevable que ce soient celles où la différence est la plus visible. Comme quoi, pour les "croyants" soumis à l'influence de la terre, cela fait cinq ans de vie perdus. Mais chaque "élément" a ses effets désastreux...

Pour les tenants de l'astrologie, chinoise ou autre, cela démontrerait sans doute le bien-fondé de cette conviction. Hélas ! lorsqu'on étudie les taux de mortalité chez des sujets non asiatiques, qui ne connaissent pas ou ne respectent pas l'astrologie chinoise, rien de tel. Les signes particuliers n'influencent pas sur l'âge du décès et les ignorants meurent donc tout bonnement quand c'est l'heure. Sans commentaires.

Et, de fait ! Les études épidémiologiques citées ci-dessus indiquent que les gens nés durant les années de terre (qui régirait prétendument les cancers) et atteints d'un cancer des voies respiratoires meurent à 66,35 ans, alors que ceux qui sont nés pendant d'autres années meurent à 67, 46 ans, soit 1,16 année de différence. Et, s'ils sont atteints d'autres types de tumeur, la différence monte à 3,86 ans pour les cancers lymphatiques et même 4,99 ans pour les maladies non cancéreuses des voies respiratoires (asthme, bronchite). Celles-ci étant plus vulnérables au psy-

Il n'existe pas d'étude correspondante pour les adeptes de l'astrologie "occidentale". Il semble qu'elle s'impose, et même avec urgence. Il serait très utile de vérifier que ceux auxquels les charlatans prédisent une magnifique journée pleine de réussites ne s'élancent pas plus témérairement que d'habitude au volant de leur voiture et que ceux auxquels il est prédit, en revanche, une journée difficile, avec, en particulier, des risques d'électrocution, ne se laissent pas obséder par cette prédiction au point de ne plus parvenir à manipuler normalement un fer à repasser.

(1) David P. Phillips, Todd E. Ruth et Lisa M. Wagner, "Psychology and Survival", *The Lancet*, 6 novembre 1993.

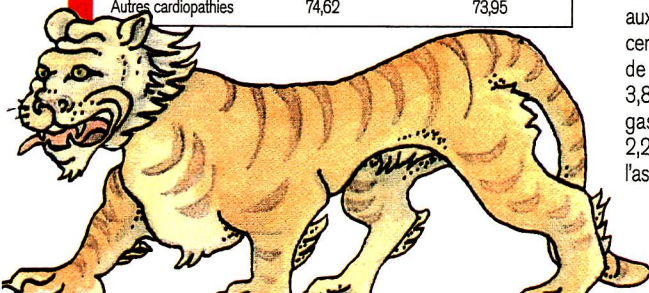
## LES SUPERSTITIEUX VIVENT MOINS LONGTEMPS

Cause de décès	Age du décès des Chinois dont la maladie est en phase avec le signe	Age du décès des Chinois non en phase avec le signe		
Terre	Cancers digestifs	66,35 (ans)	67,46	
	Cancers respiratoires	67,61	69,21	
	Cancers du sein	60,43	61,07	
	Cancers génito-urinaires	68,51	68,70	
	Cancers des tissus lymphatiques et de la moelle	59,72	63,58	
	Autres cancers	61,77	63,01	
	Diabète sucré	72,79	73,21	
	Ulcère gastrique	73,75	75,98	
	Feu	Cardiopathies aiguës	72,43	73,56
		Ischémies chroniques	76,08	76,22
Autres cardiopathies		74,62	73,95	

Ce tableau comparatif montre que la moyenne des âges de décès des Chinois de Californie dont la maladie est "en phase" avec le signe astrologique, qui commande tel ou tel organe - ci-contre avec les signes de terre et du feu - est presque toujours inférieure à celle des Chinois du même Etat dont la maladie n'est pas en phase. Les différences sont particulièrement marquées dans ceux des cancers qui répondent le mieux aux traitements comme les cancers des tissus lymphatiques et de la moelle, où elle atteint 3,86 ans, ou encore l'ulcère gastrique, où elle atteint 2,23 ans. Les croyances dans l'astrologie ancestrale semblent

encore plus néfastes chez les femmes chinoises. A titre comparatif, la différence dans les âges de décès par affection aiguë du myocarde de toutes les Chinoises avec les non-Chinoises (Blanches) de Californie est de 2,43 ans ; elle est de 9,02 pour les affections respiratoires chroniques et de 2,74 pour les cancers. Elle est nettement moindre chez les hommes, quoique significative.

A titre de curiosité, précisons que les années de métal prédisposeraient aux affections respiratoires non cancéreuses (asthme, pneumonie, grippe...), les années d'eau aux maladies rénales et les années de bois aux affections du foie...





# L'extravagante "manip" des jumeaux

**Les données "précises"  
d'une astrologue indiquent  
des faits impossibles.**

PAR HENRI BROCH

**L**a phalange des astrologues s'est enrichie d'une nouvelle vedette, Suzel Fuzeau-Braesch, qui, en 1989, déconcerta plus d'un collègue en publiant un plaidoyer en faveur de l'astrologie (1). Cet auteur, docteur ès sciences (biologiques), titre dont l'autorité plaquait implicitement en faveur de ses thèses, récidivait en mars 1992 avec *Astrologie : la preuve par deux* (2).

Mme Fuzeau-Braesch y prétendait donc apporter des preuves, fondées sur l'étude de 238 paires de jumeaux dont 135 paires obtenues par l'intermédiaire d'une association et les 103 autres "par relations personnelles". Cette étude a consisté en une première prise de contact, par courrier, destinée à établir les dates, heures et lieux de naissance des jumeaux concernés, et en l'établissement de leurs cartes du ciel, brièvement annotées selon la ou les caractéristiques psychologiques importantes, comme on le fait traditionnellement en astrologie.

Enfin, fut envoyé un questionnaire-test que les familles étaient conviées à retourner : «Sur chaque formulaire sont dessinées deux cases symétriques. Le correspondant est invité à remplir ces cases avec le prénom du jumeau qui correspond le mieux aux caractéristiques de chaque texte...»

Alors Mme Fuzeau-Braesch procéda à la synthèse des résultats et trouva qu'«une minorité de familles, soit 65, inverse les caractéristiques...» ; 20 familles sur 238 répondent nulles, c'est-à-dire «expriment l'impossibilité de reconnaître la différence proposée entre les jumeaux». Mais 153 répondent juste.

153 "réponses justes" sur 238, remarquable !

De nombreux paramètres et détails de l'étude manquant dans le livre (et la liste des jumeaux, prénoms, dates, heures et coordonnées géographiques de naissance, fournie *in fine*, étant anonyme et, par conséquent, inutilisable pour permettre quelques contrôles), nous décidâmes de nous adresser directement à l'auteur. Par courrier (3), nous fîmes donc la demande des photocopies des questionnaires-tests ainsi que de renseignements complémentaires sur la procédure précise et les

méthodes statistiques utilisées. La seule liste obtenue, anonyme, fut celle des très courts profils astrologiques de chaque cas, avec son code (définissant la gémellité, les conditions de naissance et la réponse). «Quant à la méthode statistique, elle est si simple que je n'ai rien à ajouter au livre : c'est un test de comparaison de proportions classiques.»

Force nous était donc d'entreprendre une enquête par nos propres moyens. L'auteur précisant, dans son ouvrage, que si 103 paires de jumeaux avaient été répertoriées selon des données personnelles, les références des 135 autres paires avaient été fournies par l'Association nationale d'entraide aux parents de naissances multiples (ANEPNM), la liste de cette association devait donc être accessible et permettre de différencier les renseignements obtenus.

Or, l'organisme en question se révéla difficile à trouver. A l'association, connue sous le nom d'ADEPNMP (Association départementale d'entraide aux parents de naissances multiples de Paris), une interlocutrice idoine, Mme L., confessa qu'elle n'avait aucune information sur l'affaire. Quant à la personne qui semblait avoir constitué la liste, Mme G., elle demeura injoignable.

Ainsi donc, ces informations, réservées, restèrent invérifiables.

Une étude plus détaillée des analyses de Mme Fuzeau-Braesch aggrava notre regret de n'avoir pas disposé de ces éléments. En effet, selon la première des monographies concernant dix paires de jumeaux choisies sur les 238 par l'auteur, nous relevons, p. 137-138 de l'ouvrage, les précisions suivantes agrémentées des deux cartes du ciel, superposées, qui présentent les

(1) *L'Astrologie*, "Que sais-je", 1989. Ce livre, dont nous avons rendu compte en son temps, remplaçait dans la même et célèbre collection l'excellent exposé de Paul Couderc, en introduisant un esprit partisan et des assertions antiscientifiques, jusqu'alors inconnues dans la collection.  
(2) Editions Robert Laffont.  
(3) 13 mars 1992.





Artephot

Aurait-elle été victime d'une coquille typographique ? Las ! les cartes du ciel qu'elle publie correspondent précisément au point indiqué !

L'affaire devient encore plus piquante en ce qui concerne Florence et Carole, nées, on s'en souvient, le 10 novembre 1965, car telles qu'elles sont "définies" par Mme Fuzeau-Braesch elles n'existent tout simplement pas. En effet, à la date indiquée par l'auteur, aucune naissance de jumelles répondant à ces prénoms n'a été enregistrée à Nice. Les services municipaux de l'état civil, qu'il faut ici remercier pour leur aimable collaboration à un chapitre exquis de l'épistémologie, ont poussé l'obligeance jusqu'à rechercher sur une période de dix ans une éventuelle naissance gémellaire, en novembre, de fillettes aux prénoms correspondants. En vain !

Afin d'illustrer encore mieux les motivations de notre réserve et bien que l'échantillonnage proposé par Mme Fuzeau-Braesch nous paraisse faible pour permettre de tirer les conclusions qui s'imposent, relevons ceci : dans la liste des 476 jumaux jointe en annexe de l'ouvrage, les instants de naissance sont tous donnés à la minute près. Globalement, l'ensemble des minutes de naissance devrait se répartir uniformément sur l'intervalle d'une heure considérée et l'on devrait aboutir à des valeurs oscillant très légèrement autour de 8 naissances pour chaque minute d'horloge (puisque'il y a 476 naissances pour soixante minutes), alors que nous trouvons 0 naissance à la minute 9 et 55 naissances à la minute 30.

La probabilité pour que cette distribution soit le fruit du hasard se passe de commentaires. Une fois de plus, donc, ces données sont suspectes : ou bien elles ont été modifiées, ou bien Mme Fuzeau-Braesch ne les a pas vérifiées, car le graphique montre que les instants de naissance sont largement aménagés, aux cinq minutes, aux quinze et même trente minutes, par les médecins, sages-femmes, obstétriciens et déclarants divers, ou bien encore par la mémoire des parents. Dernière hypothèse : les bébés ont décidé de ne naître qu'aux heures et demi-heures "rondes". ■

coordonnées de naissance :  
Vraies jumelles nées le 10 novembre 1965, Florence (16 h 15) et Carole (16 h 30).  
Longitude 7°14' est, latitude 43°27' nord.  
Accouchement naturel.

Vieux Niçois, j'ai reconnu là la longitude de ma ville. Mais, le point de naissance indiqué pour ces enfants, d'après l'étude de leurs cartes du ciel, en fait des "bébés-dauphins", ni plus ni moins ; elles seraient nées à plus de 25 km au large des côtes de Nice, dans une maternité sous-marine, peut-être ? Mais il semblerait que cette "base de Neptune" aient d'autres adeptes puisque, dans la liste des jumaux offerte en fin d'ouvrage, se trouvent quatre autres bébés "aquatiques" : Jérémy et Jessica, ainsi que Julien et Arnaud. Une différence, cependant, ils sont nés plus de vingt ans après Florence et Carole, mais au même point exactement !

Pourtant, comme elle le précise dans son avertissement, Mme Fuzeau-Braesch fait profession d'exactitude : «Quitte à paraître pour certains un peu fastidieux ou encyclopédique, j'ai fait le choix de la précision et du détail.»



Jacana

# Une superbe ignorance de l'astronomie

PAR HENRI BROCH

**L**es astrologues ont toujours étonné par leur incapacité flagrante à assimiler les données de base de l'astronomie. Si l'on s'en tient aux écrits de Suzel Fuzeau-Braesch, leurs connaissances ne semblent guère s'être améliorées. Ainsi écrit-elle dans son exposé : «Oui, nous l'avons dit et l'affirmons, c'est important : les 12 signes et leurs noms ne constituent qu'une astuce pratique pour repérer la position de la Terre sur son orbite autour du Soleil [p. 83] (...) Il s'agit du zodiaque dit "tropical", permettant le positionnement de la Terre sur son orbite céleste autour du Soleil [p. 112]. Le zodiaque tropical n'est ainsi rien d'autre qu'une bonne façon de positionner la Terre sur son orbite autour du Soleil. (...) Une astuce pratique permettant de repérer la position de la Terre sur son orbite autour du Soleil [p. 187] (...) En fait, le zodiaque sidéral ne positionne pas aussi bien la Terre sur son orbite autour du Soleil que le zodiaque tropical. Seul ce dernier a l'avantage de la simplicité et se révèle utilisable pour tous les points de la Terre [p. 188] (...) Ce zodiaque tropical n'est autre qu'un moyen simple et efficace de positionner la Terre sur son orbite autour du Soleil... Le zodiaque dit "sidéral" est très différent du précédent : il est mobile et prend en compte le fond d'étoiles fixes regroupées en constellations dans le ciel réel [p. 222].»

Au moins, nous ne ferons pas reproche à l'auteur de varier à l'excès ses énoncés ! L'ennui est qu'ils répètent la même bourde : le zodiaque dit tropical ne permet pas de "positionner" correctement la Terre sur son orbite autour du Soleil, c'est le zodiaque sidéral qui permet cela ! De plus, le zodiaque sidéral n'est pas mobile, c'est le tropical qui l'est. En effet, le zodiaque tropical, attaché au point gamma – appelé aus-

**Des zodiaques tantôt fixes, tantôt mobiles et de largeur indéterminable !**

si point vernal –, qui représente l'équinoxe de printemps, subit la dérive de ce dernier, et c'est ainsi que deux jours et mois identiques d'années différentes, donc une même position dans le zodiaque tropical, correspondent en fait à deux positions différentes de la Terre sur son orbite autour du Soleil. La Terre sur son orbite le 6 janvier 1994 n'est pas à la place qu'elle occupait le 6 janvier 1910.

«Les corps célestes», écrit Mme Fuzeau-Braesch avec entrain, «au cours de ce qu'il est convenu d'appeler le mouvement diurne, parcourent tous 360° en vingt-quatre heures, un tour complet de la Terre...» (p. 107). S'il en était ainsi, tous les corps célestes se retrouveraient par définition toujours au même endroit, c'est-à-dire à la même longitude céleste, à la même heure, et le ciel perdrait beaucoup de ses aspects changeants. Et les horoscopes, donc !

Cet auteur se prend encore les pieds dans le tapis lorsque, dans le "Que sais-je" qu'elle a consacré à l'astrologie, elle écrit : «En réalité, le point vernal se déplace de façon continue par suite du mouvement lent de l'axe de rotation de la Terre conduisant au phénomène de "précession des équinoxes". C'est ainsi que le point vernal recule sur le zodiaque d'environ 1° en 72 ans.» (p. 5-6). Or, n'est-ce pas le même auteur qui affirmait il y a peu que le zodiaque tropical est fixe ?

Fixe et mobile à la fois, puisqu'il recule avec le point vernal ? Mais il est vrai que Mme Fuzeau-Braesch a réussi ailleurs un prodige de la géométrie : définir un angle par deux points !

Nous allions, enfin, lui reconnaître quelque mérite à mentionner la fameuse précession des

équinoxes – qui fait que les signes ne sont plus où les astrologues le prétendent – Hélas ! trois fois hélas ! elle persiste : «Ainsi, pour un natif du Bélier, par exemple, le Soleil se trouve dans le signe zodiacal du Bélier, mais traverse en réalité la constellation du Verseau.» Or, à ce moment-là, le Soleil se trouve non dans la constellation du Verseau mais dans celle des Poissons.

C'est cependant avec un surcroît d'intérêt qu'on lit, p. 11 de l'ouvrage, que «dans ce repérage géocentrique, le Soleil parcourt le zodiaque en un an et les planètes selon les durées qui leur sont propres, consignées au tableau III...» Durées toutes fausses, malheureusement, puisque les valeurs portées sont manifestement celles des révolutions sidérales !

L'attention ainsi stimulée, nous lisons, dans la définition de l'heure sidérale – laquelle est

indispensable pour pouvoir établir un thème astral –, que «Cette heure sidérale est calculée à partir de la valeur donnée par les éphémérides pour midi du jour de la naissance, rectifiée en fonction, d'une part, de l'heure locale de cette naissance, transcrite en heures GMT selon le régime horaire du lieu, et, d'autre part, des longitude et latitude correspondantes.» C'est ennuyeux à dire, mais l'heure locale et la longitude expriment la même chose ! Quant à la latitude, elle n'intervient tout simplement pas dans le calcul de l'heure sidérale !

En veut-on encore ? La compétence de Mme Fuzeau-Braesch semble très courte quand elle écrit que le méridien «définit avec l'horizon 4 parties découpées chacune en 3 maisons (ou secteurs), zones du zodiaque que le Soleil parcourt en deux heures dans le système géocentrique de l'astrologie...». Ce qui donne apparemment la... latitude de déduire que ces douze zones (quatre parties de trois maisons chacune) du zodiaque sont parcourues en douze fois deux heures, soit vingt-quatre heures. Confesserons-nous une plus vive perplexité au lu de ces lignes : «Le Soleil, à certains moments, reste plus longtemps dans certains signes que dans d'autres dans son mouvement apparent quotidien autour de la Terre.» ? Autrement dit, les douze signes zodiacaux sont parcourus par le Soleil en vingt-quatre heures.

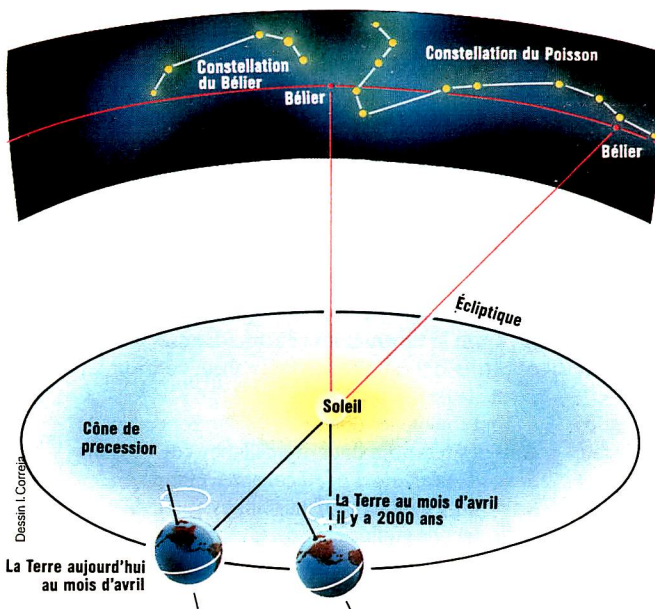
En finirons-nous de relever des incohérences ? Quand elle aborde le fameux zodiaque, elle écrit ainsi que «c'est une zone de notre voûte céleste située de part et d'autre de l'écliptique, d'une largeur d'environ 18°, dans laquelle on peut voir évoluer le Soleil et les planètes». Soyons indulgents à son égard, c'est la bourde que commettent tous les astrologues. La raison en est simple ; si la largeur du zodiaque est de 18°, il est impossible d'y voir évoluer l'ensemble des planètes. Si cela se révélait possible, la largeur du zodiaque serait d'environ 34,5°.

Peut-être devrions-nous féliciter la collection «Que sais-je ?» d'avoir confié la responsabilité de son opuscule sur l'astrologie à une savante aussi compétente. Et félicitons-nous ici, au nom de la science, que les astrologues fassent montre, au grand jour, de leurs confusions et de leur presque parfaite ignorance. ■

## **Vous vous croyez du Bélier ? Erreur ! Vous êtes des Poissons !**

**Du fait qu'elle n'est pas une sphère parfaite, la Terre change lentement d'axe de rotation. Pointé aujourd'hui vers l'Etoile polaire, cet axe l'était, il y a 5 000 ans, vers Alpha du Dragon et, dans 14 000 ans, il le sera vers Véga de la Lyre. Comme les constellations, elles, restent au même endroit, ce phénomène, dit précession des équinoxes, fait que, pour un même jour et un même mois de naissance qu'il y a 2 000 ans,**

**par exemple, une personne naît "sous le signe des Poissons" et non du Bélier, comme les astrologues feignent de le croire. Ce ne sont donc pas les influences supposées de la constellation du Bélier qui régissent sa vie ; et les horoscopes, obstinément fidèles au zodiaque d'il y a 2 000 ans, sont donc faux. Tout aussi faux, d'ailleurs, que s'ils respectaient la précession des équinoxes !**



Dessin: L. Correia

# Enfin du nucléaire sans risque

PAR DANIEL TARNOWSKI

«**S**e sono rose fioriranno» : si ce sont des roses, elles fleuriront. Après une heure d'un exposé dense, argumenté point par point et mené tambour battant, c'est sur cette phrase que Carlo Rubbia a conclu sa conférence, donnée le 26 novembre dernier à Paris. Prix Nobel de physique en 1984, Rubbia a été pendant cinq ans, jusqu'à la fin de 1993, directeur général du CERN, le laboratoire européen de physique des particules. Mais dans sa conférence, c'est en tant que physicien qu'il présentait sa dernière passion : un nouveau concept de réacteur nucléaire «intrinsèquement sûr, plus propre et non proliférant».

Un réacteur réalisable avec la technologie actuelle et dont Rubbia a simulé, avec une petite équipe de collaborateurs, le fonctionnement sur ordinateur. Même si l'on manque encore d'éléments pour en apprécier la viabilité, même si le concept doit faire ses preuves dans la réalité, la perspective qui s'ouvre est bel et bien celle d'un nucléaire sans risque et à portée de main. L'enjeu est d'une importance que nul n'a besoin de souligner. Le principe mérite quelques explications.

Comment produire de l'énergie avec ce nouveau type de réacteur ? Par fission des noyaux atomiques d'uranium : jusque là, pas de différence avec le nucléaire qui existe aujourd'hui. La nouveauté vient de l'isotope (1) utilisé : l'uranium 233, au lieu de l'uranium 235, le combustible le plus utilisé aujourd'hui dans les centrales.

Comme on va le voir, cette différence a des conséquences fondamentales. Mais d'entrée de jeu, elle soulève deux questions. D'une part, comment obtenir cet isotope qui n'est même pas présent dans l'uranium à l'état naturel ? D'autre part, comment

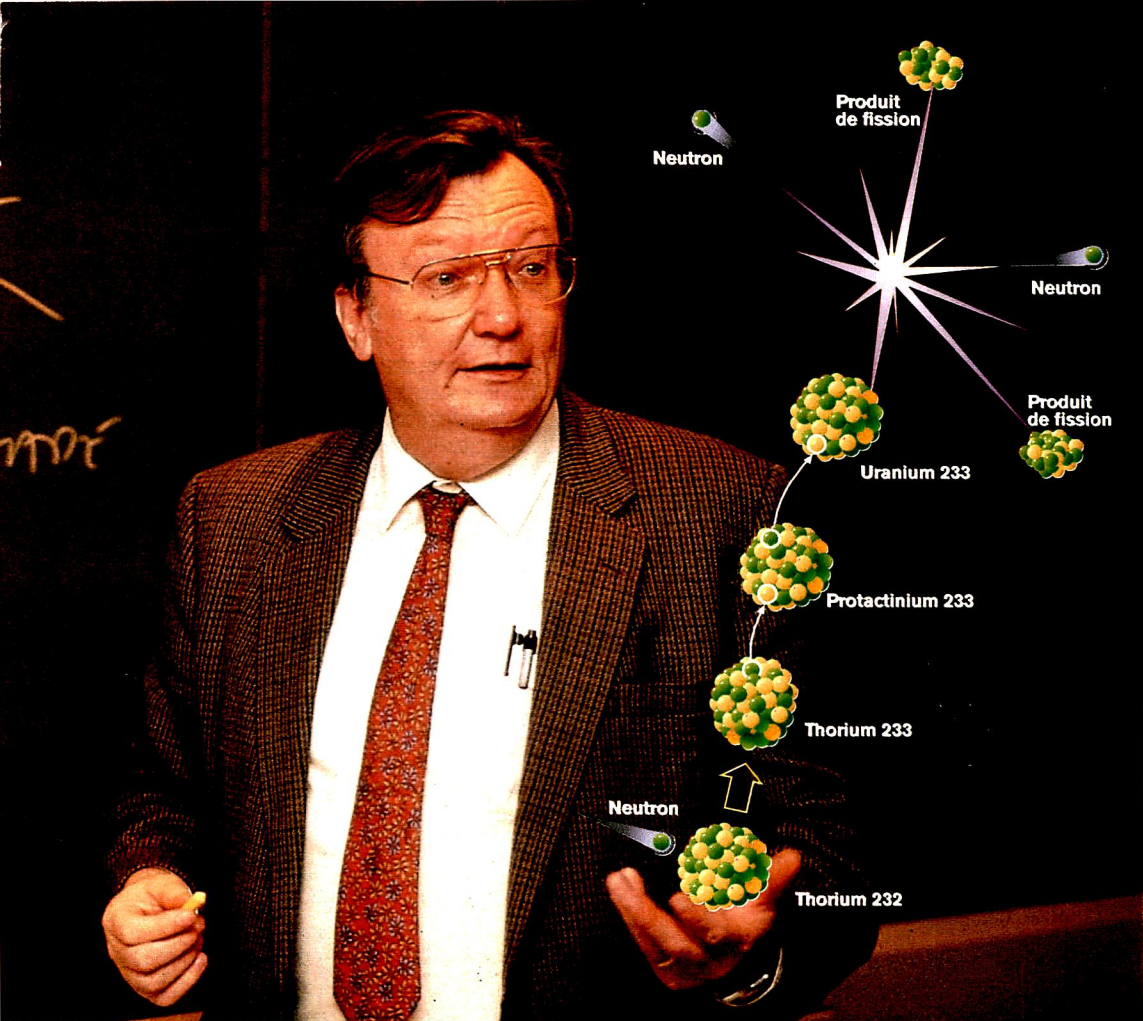
**Du thorium, de l'eau et un cyclotron. Voilà les trois ingrédients d'un nouveau type de réacteur nucléaire proposé par Carlo Rubbia. Un réacteur plus sûr, plus propre et non proliférant.**

réaliser avec lui des réactions en chaîne ? En effet, même si l'uranium 233 est fissile, il ne l'est pas suffisamment pour que les neutrons produits par fission auto-entretiennent le cycle de cette réaction, comme c'est le cas dans un réacteur ordinaire.

La réponse à ces deux questions est dans le dispositif décrit par Rubbia, dispositif que certains appellent déjà le "rubbiatron". Il comporte deux éléments essentiels : un accélérateur de particules (un cyclotron) et le réacteur nucléaire proprement dit. Dans sa version la plus simple, ce réacteur est une enceinte contenant du thorium et de l'eau. Le cyclotron produit des neutrons, l'eau les ralentit, enfin le thorium les capture. L'ensemble de ces trois opérations vise à réaliser le premier point : la production d'uranium 233.

Tout commence donc avec les neutrons produits dans des réactions dites de spallation (de l'anglais *to spall* : écarter). Le jeu consiste à faire éclater les noyaux atomiques d'une cible, par l'impact de projectiles de grande énergie. C'est là où intervient

(1) Deux isotopes d'un même élément se distinguent par le nombre de neutrons de leur noyau atomique. Ainsi, les isotopes 233 et 235 de l'uranium ont respectivement 141 et 143 neutrons.



le cyclotron : il a pour but de délivrer de tels projectiles (des protons). Leur impact brise les noyaux cibles en de multiples fragments accompagnés d'une gerbe de neutrons. L'intérêt des réactions de spallation vient du grand nombre de neutrons qu'elles produisent. L'inconvénient est que ces particules ont en moyenne une vitesse élevée. Pour que le thorium soit en mesure de les capturer, les neutrons doivent être ralentis dans un milieu modérateur : de l'eau par exemple.

Dès que les neutrons sont ralentis, le thorium entre en jeu. A l'état naturel, cet élément est composé à 100 % d'isotope 232. Par capture d'un neutron "lent", il se transforme en isotope 233. A partir de là, deux réactions se produisent spontanément. En quelques minutes, le thorium 233 se désintègre en protactinium 233 qui, lui-même, se désintègre en uranium 233, l'isotope recherché. Celui dont la fission produit de l'énergie.

Mais le rôle des neutrons ne s'arrête pas là. Leur présence répond aussi à la deuxième question :

## Quelle énergie !

L'infatigable Carlo Rubbia a l'intention de vérifier expérimentalement la validité de son modèle de réacteur nucléaire. Son principe exploite une série de réactions qui commence avec une capture de neutron par un noyau atomique de thorium, se poursuit par deux transformations spontanées et successives d'un neutron en proton pour aboutir à la formation de l'uranium 233 dont la fission dégage de l'énergie.

comment entretenir les réactions en chaîne de fission d'uranium 233. Sans cet apport de neutrons extérieurs, cette fission s'amortit et s'éteint d'elle-même. Comme on va le voir, c'est le point clé sur lequel repose la sécurité intrinsèque du réacteur.

La manière la plus simple de combiner tous ces éléments est d'utiliser le thorium lui-même comme cible pour les réactions de spallation. Le réacteur est alors une enceinte dans laquelle cet élément est présent, par exemple, sous forme de billes plongées dans un circuit d'eau sous pression. Le ralentissement des neutrons (et des produits de fission) n'est ►

suite de la page 67

rien d'autre qu'un transfert d'énergie, une énergie que l'eau emmagasine sous forme de chaleur. Comme dans une centrale nucléaire classique, cette chaleur est récupérée dans un circuit secondaire qui sert à actionner une turbine, pour produire de l'électricité (voir dessin ci-dessous).

La contribution de Rubbia a été de simuler le très complexe jeu d'ensemble de toutes ces réactions : production de neutrons, modération, capture par le thorium, désintégration en protactinium, puis en uranium, fission de l'uranium et production d'énergie. En incluant tous les embranchements possibles d'autres réactions. Un vrai travail de romain pour Rubbia et ses collaborateurs (?).

Le résultat est la découverte d'un régime de fonctionnement intéressant pour produire de l'énergie. Ce régime est dominé par une contrainte qui vient de la désintégration du protactinium 233 en uranium 233. Cette réaction doit être le moins possible perturbée par une capture éventuelle de neutron, capture qui – à ce stade – a le funeste effet de conduire à la formation de l'uranium 234, court-circuitant ainsi celle de l'isotope 233 recherché.

Cela a deux conséquences. La première, la plus immédiate, est un fonctionnement à flux de neu-

## QUERELLE DE BREVETS

L'idée d'une filière d'énergie nucléaire fondée sur le cycle thorium-uranium n'est pas nouvelle. Dès 1967, des chercheurs du centre atomique de Chalk River (Canada) ont proposé l'utilisation d'un accélérateur de protons pour irradier un bloc d'uranium recouvert de thorium. Plus récemment, Charles Bowman et ses collaborateurs du laboratoire national de Los Alamos (Etats-Unis) ont publié en 1992, dans la revue *Nuclear Instruments and Methods*, un article décrivant un projet de réacteur très ambitieux destiné à produire de l'énergie tout en "brûlant" les déchets radioactifs à très longue durée de vie. Mais avec un flux de neutrons

cent fois plus élevé que dans un réacteur ordinaire et une chimie de produits à très haute radioactivité.

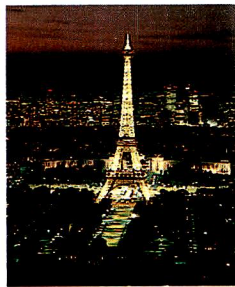
Le concept présenté par Rubbia et ses collaborateurs est différent. Il vise directement et exclusivement la production d'énergie. Son originalité réside dans la mise en évidence d'un type de fonctionnement très particulier, correspondant à un flux de neutrons relativement bas, équivalent en fait à celui d'un réacteur ordinaire. Ce qui n'empêche pas Bowman de contester à Rubbia la paternité du "rubbiatron". Il faut dire que des brevets ont été déposés par ces deux chercheurs convaincus de l'intérêt de leurs projets respectifs.

## LA FISSION CONTRÔLÉE PAR UN CYCLOTRON

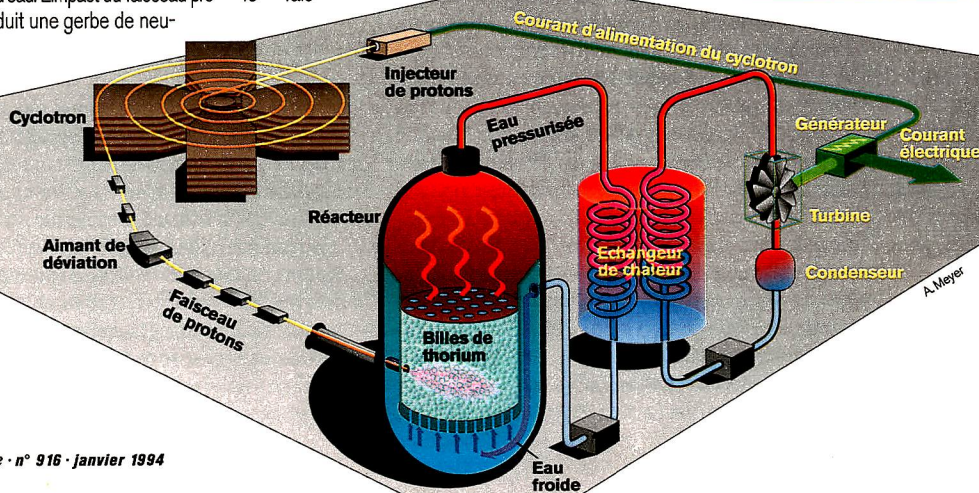
Le dispositif proposé par Rubbia associe un accélérateur de particules et un réacteur nucléaire proprement dit. Le premier "pilote" le second. L'accélérateur est de type cyclotron. Le faisceau de protons qu'il produit est dirigé vers une enceinte contenant des billes de thorium baignées dans un flux d'eau. L'impact du faisceau produit une gerbe de neu-

trons qui sont ensuite ralentis par l'eau. En capturant l'un d'eux, un noyau atomique de thorium entre dans un cycle de transmutations qui le transforment en uranium 233 fissile. Le rôle des neutrons est d'entretenir aussi les réactions en chaîne de fission de cet isotope d'uranium. Dès que l'on coupe le fais-

ceau du cyclotron, la fission s'amortit et s'éteint : c'est ce qui rend le réacteur "intrinsèquement sûr". La suite des opérations est celle d'une classique centrale nucléaire. Un tel dispositif devrait permettre d'alimenter en électricité l'équivalent de cinq arrondissements parisiens.



Exploiter



A. Meyer

trons relativement bas. Plus précisément, le flux en question est de l'ordre de  $10^{14}$  neutrons par  $\text{cm}^2$  et par seconde. Ce qui correspond justement à celui d'un réacteur nucléaire classique, à eau pressurisée. Donc à une technologie existante.

La deuxième conséquence est plus subtile : la concentration d'uranium 233 est indépendante de ce flux. En effet, si celui-ci augmente, la production de l'isotope désiré est, comme on l'a vu, court-circuitée. C'est là un mécanisme de régulation supplémentaire, certes difficile à comprendre au premier abord, mais qui fonctionne tout seul, par le simple jeu des diverses réactions. Son rôle est essentiel puisqu'en régulant la production d'uranium 233, il évite l'accumulation locale de cet élément fissile et les "points chauds" qui pourraient en résulter dans le réacteur.

Par conséquent, tant d'un point de vue global que local, le réacteur reste en permanence "sous-critique", c'est-à-dire en dessous du seuil où les réactions de fission s'enchaînent de façon explosive. C'est ce qui, d'après Rubbia, lui confère une «sûreté intrinsèque» contre le risque de le voir diverger et échapper à tout contrôle, comme cela s'est produit à Three Miles Island et à Tchernobyl (voir "Tchernobyl : le pire est à venir", p. 70).

Deuxième avantage : pas de production appréciable de plutonium et d'autres déchets radioactifs à très longue durée de vie. Rubbia lui-même ne dit pas pour autant que son réacteur est «propre», mais seulement «plus propre». Une simulation de son fonctionnement sur quelques années montre qu'il subsiste en effet un mélange des isotopes 232 à 236 de l'uranium ainsi que des produits de fission. C'est dangereux, disons, pendant une certaine d'années. Mais pas pendant vingt mille ans, comme le plutonium – dont le stock mondial actuel, soit dit en passant, dépasse déjà le millier de tonnes !

Enfin, troisième avantage : la nature même de ce mélange le rend inexploitable à des fins militaires. Comme le souligne Rubbia : « Personne ne songerait à faire une bombe avec une telle mixture. »

Quels sont les points faibles ? Le premier vient du fameux protactinium 233, dont la désintégration en uranium 233 est relativement longue : vingt-six jours en moyenne. Au démarrage, il faut donc attendre que l'uranium 233 s'accumule en quantité suffisante pour que l'énergie récupérée par fission dépasse celle consommée par l'accélérateur. Une solution possible est d'introduire une allumette fissile à base d'uranium 235 pour assurer la production d'énergie pendant la phase initiale de fonctionnement du réacteur. Son effet a d'ailleurs été pris en compte dans la simulation sur ordinateur.

Une autre limitation réside dans la puissance obtenue : 300 mégawatts thermiques, soit 100 mé-

gawatts électriques. C'est *grosso modo* dix fois moins qu'un réacteur classique à eau pressurisée. Il est certes possible, avec un même accélérateur, d'alimenter plusieurs réacteurs (jusqu'à une dizaine). Mais cela rend l'installation plus complexe.

Cette faible puissance est-elle vraiment un inconvénient ? Rubbia distingue une nette séparation fonctionnelle entre, d'une part, le système «simple, flexible et délivrant peu de puissance» qu'il propose et, d'autre part, «l'artillerie lourde des filières nucléaires actuelles». Ce qu'il présente vise plutôt (mais pas exclusivement) à répondre aux besoins des pays en voie de développement, dont la demande en énergie croît actuellement à un rythme de plus de 5 % par an. Ni un recours massif aux énergies fossiles (en raison bien sûr de leur impact sur l'environnement), ni la filière nucléaire actuelle ne lui semblent en mesure de répondre de façon satisfaisante à cette demande.

**En revanche, le nouveau type de réacteur apparaît bien placé s'il parvient à faire ses preuves dans les domaines scientifique, technique et économique.** Une première étape sera de vérifier, par l'expérience, les résultats des simulations sur ordinateur. Rubbia et ses collaborateurs entendent réaliser en 1994 un test expérimental pour vérifier la valeur du gain en énergie (d'un facteur 40 ou 50). Ce test est réalisable dans plusieurs laboratoires : aussi bien au CERN qu'à Zurich (où fonctionne un cyclotron assez proche de celui nécessaire au fonctionnement du réacteur), ou encore à Saclay avec l'accélérateur Saturne.

Une deuxième étape – décisive – consistera à s'assurer que le fonctionnement du réacteur répond bien aux objectifs de simplicité et de sécurité annoncés. C'est déjà la question fondamentale et cela demandera une évaluation complète des risques. Les experts sont plutôt réservés. «Il n'est pas fondé de dire d'un système aussi proche de la criticité qu'il est intrinsèquement sûr», affirme, par exemple, Massimo Salvatores, directeur de recherche au Commissariat à l'énergie atomique, à Cadarache.

Une troisième étape concerne la logique économique d'un réacteur de petite taille. Elle est sensiblement différente de celle des centrales actuelles et devra donc être également étudiée de près. Un argument favorable est l'abondance du thorium dont la composition isotopique naturelle ne nécessite pas d'enrichissement, comme on doit le faire dans le cas de l'uranium 235.

Après le test expérimental attendu en 1994, un prototype complet pourrait voir le jour dans les cinq ans à venir. «Si ce sont des roses, elles fleuriront». La question qui se pose maintenant est de savoir quelles en seront les épines. Car il y en aura, nécessairement. Sinon, ce ne seraient pas des roses. ■

(2) Federico Carminati, Robert Klapisch, Pierre Mandrillon, Jean-Pierre Revol, Christian Roche et Juan Antonio Rubio.

# Tchernobyl ...

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

Depuis plus d'un an, plusieurs équipes de la Commission des communautés européennes (CEC) enquêtent sur les suites de l'accident de Tchernobyl. Leur objectif principal est d'aider l'Ukraine, la Russie et la Biélorussie à dominer la crise, mais aussi d'élaborer un plan d'action pour faire face à un événement considéré comme hautement improbable – mais non impossible –, l'accident grave dans une centrale nucléaire. «Nous avons beaucoup à apprendre de la façon dont la crise qui a suivi l'accident a été gérée ainsi que de ses développements actuels», estime Jacques Lochard, directeur du Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire (CEPN), qui participe aux travaux de la CEC.

Selon lui, le retour à la normale après une catastrophe naturelle ou industrielle passe par des étapes obligées. D'abord, les individus et la société manifestent une grande solidarité et se montrent capables de supporter des contraintes exceptionnelles et un haut niveau de risque. Les actes d'héroïsme sont fréquents. Suit une phase d'acceptation progressive, une sorte de convalescence, pendant laquelle les fonctions sociales sont progressivement restaurées. Une symbolisation se produit autour des victimes et des héros, érigeant une sorte de mémoire collective. C'est un deuil, auquel participent les survivants et le reste de la société, soutenus par l'espoir, ou l'assurance, d'un retour à la normalité, qui est la dernière étape de la crise.

Ce processus n'a pas suivi son cours en Ukraine. Au moment où l'on pouvait s'attendre à un apaisement, la crise a rebondi. Pourquoi ? Le lendemain de l'accident du 26 avril 1986, on évacuait les 50 000 habitants de Pripiat, la ville la plus proche de Tchernobyl, et quelques jours plus tard ceux de localités dans un rayon de 30 km de la centrale – en tout, environ 130 000 personnes. De nombreuses équipes de décontamination – les "liquidateurs" – commençaient à se relayer à Tchernobyl. On en a compté environ 500 000 – Ukrainiens, Russes et

**Plus de sept ans après l'explosion du réacteur, l'impact du désastre ne s'est pas atténué. Au contraire, une seconde crise, économique et sociale, bat son plein. Et l'incidence de diverses maladies continue d'augmenter.**

Biélorusses. Ils ont construit le "sarcophage" de Tchernobyl, qui renferme 60 000 m<sup>3</sup> de matériaux radioactifs, 1 000 tonnes d'eau radioactive et une cinquantaine de tonnes de fragments de "cœur" et de combustibles.

De nombreux liquidateurs reçurent de très fortes doses de radiation, mais pendant trois ans le gouvernement soviétique s'acharna à minimiser les conséquences de l'accident : officiellement, 31 personnes seulement seraient mortes d'irradiation, il n'y aurait que 200 morts supplémentaires par cancers dans les décennies qui suivraient, et les terres agricoles contaminées seraient rapidement rendues aux cultures. On n'attribuait aucune maladie à la radiation, et on continuait de défendre le concept du réacteur RMBK, de conception russe, et cela bien que les archives du KGB, ouvertes depuis peu, aient montré que plusieurs scientifiques s'inquiétaient de sa conception.

En 1989, le quotidien la *Pravda* publia une carte montrant que la zone contaminée était bien plus étendue que qu'on ne l'avait annoncé. Environ 28 000 km<sup>2</sup> étaient contaminés par des rejets de 5 à 15 curies (1) de césium 137 par kilomètre carré (sans compter le strontium 90, le plutonium...): 16 500 km<sup>2</sup> en Biélorussie, 8 000 en Russie et 3 500 en Ukraine.

(1) 1 curie (Ci) = 3,7 10<sup>10</sup> becquerels.





Les détecteurs enregistrent toujours un niveau élevé de radiation, certains habitants sont pourtant revenus...

A. Karasjuk

# ... le pire est à venir

Deux ans plus tard, l'Ukraine et la Biélorussie déclarent leur indépendance. Les relevés du comité hydrométéorologique ukrainien ont montré que l'étendue des surfaces contaminées était encore plus vaste que d'après l'estimation précédente. Quelque 720 km<sup>2</sup> ont un niveau de contamination qui dépasse 15 Ci/km<sup>2</sup> ; 4 700 km<sup>2</sup>, entre 5 et 15 Ci/km<sup>2</sup> ; et 36 000 km<sup>2</sup>, entre 1 et 5 Ci/km<sup>2</sup>. Au total, plus de 40 000 km<sup>2</sup>, soit 1/15 du territoire, sont contaminés.

L'Etat ukrainien, devenu avec l'indépendance seul responsable du préjudice causé à ses citoyens, a donc décidé d'instaurer un régime de compensations. L'"impôt Tchernobyl", de 12 % sur les salaires, fut créé et la loi ukrainienne du 16 avril 1991 définit un statut de "victime de Tchernobyl", pour les personnes ayant participé à la liquidation de la catastrophe et celles habitant ou ayant habité dans des zones contaminées. Il y a quatre catégories de "victimes", chacune ouvrant droit à différents régimes de compensation :

- Les personnes infirmes, inaptes au travail, gravement irradiées et malades des suites de Tchernobyl. Elles sont 35 000.
- Les liquidateurs ukrainiens de 1986 et 1987 et leurs enfants, les évacués relogés, les habitants de

la zone de relogement obligatoire (celle où la contamination dépasse 15 Ci/km<sup>2</sup>). Au total 350 000 personnes. Bien que leur relogement soit obligatoire, une trentaine de milliers de personnes habitent encore dans cette zone.

- Les liquidateurs ukrainiens depuis 1988, les enfants contaminés à la thyroïde et les habitants de la zone contaminée par de 5 à 15 Ci/km<sup>2</sup>, soit environ 700 000 personnes. Il reste environ 630 000 personnes dans cette zone dite de "relogement volontaire". Ceux qui veulent en déménager ont en principe droit à un nouveau logement, ceux qui restent ont une compensation supplémentaire.

- Les habitants de la zone contaminée par de 1 à 5 Ci/km<sup>2</sup>, soit 1,7 million de personnes. Ce niveau de contamination est du même ordre de grandeur que la radiation naturelle (tellurique, cosmique) et le problème du relogement ne se pose pas sauf pour certaines familles avec des enfants ou des femmes enceintes.

L'Ukraine se retrouve donc avec quelque 2,8 millions de "victimes", soit plus de 5 % de sa population (52 millions). L'augmentation signalée de l'incidence de diverses maladies ne permet pas toujours d'en établir le lien avec la radiation, initiale ou rémanente, bien que de



V. Savrans

## Les revenants

Ils sont 800 et on les appelle *samossiois*. Leur réinstallation dans la "zone interdite" depuis l'accident de Tchernobyl est tolérée par le gouvernement, mais ils ne reçoivent en principe aucune compensation : seulement, de temps en temps, de la nourriture et des vêtements. Ils ont leur prêtre et ont élu des "chefs" pour régler leurs disputes. Parfois leurs enfants viennent leur rendre visite.

suite de la page 71

nombreux patients tentent de le faire, afin d'obtenir une compensation. Le seul exemple indubitable est celui du cancer de la thyroïde chez les enfants : son incidence a été multipliée par un facteur 80 depuis l'accident.

Qu'en est-il des autres maladies ? Le Dr A.I. Niagou, professeur au centre de médecine radiologique de l'Académie des sciences de l'Ukraine, signale une augmentation des maladies des systèmes circulatoire, endocrinien, digestif et nerveux. Toujours selon le Dr Niagou, le nombre d'avortements spontanés parmi les évacués de Pripiat et de Tchernobyl et le taux d'anomalies congénitales dans certains districts ont plus que doublé.

Le Pr V. Sinitski, de l'institut de biologie Paladine à Kiev, rapporte de son côté des atteintes cérébrales chez des patients irradiés, sans qu'on sache quelle dose de contamination ils ont reçue. Il rapporte que l'étude de l'activité cérébrale électrique et des métabolites impliqués dans la transmission nerveuse, ainsi que des épreuves portant sur l'attention, la mémoire et les processus d'association mettent en évidence des troubles de l'activité du système nerveux central chez de nombreux patients.

Sous le régime soviétique, de tels symptômes étaient attribués à la "radiophobie" – la phobie étant une peur déraisonnable dont le sujet reconnaît le caractère injustifié. Ce n'est pas le cas, dit le Pr Sinitski : il y a peut-être eu quelques cas de phobies peu après l'accident, mais il n'y en a pas aujourd'hui. Il y a, en revanche, une crainte de la contamination passée et présente, de ses conséquences sur sa santé et sur celles de ses enfants. Les mensonges passés ont provoqué un

scepticisme désabusé, suivi d'un fatalisme résigné. La législation de 1991, louable en ce qui concerne la volonté d'indemniser les victimes, a eu des effets pervers. Ainsi, dans les zones de faible contamination, où le relogement n'est pas encouragé, les gens reçoivent néanmoins une compensation, qu'ils appellent parfois "l'argent du cercueil"...

**La catégorisation des victimes marque la vie quotidienne.** Chaque victime a sa carte, qui lui donne droit à des compensations diverses : transports gratuits, suppléments de salaire, préretraite, réduction du loyer, combustible gratuit, nourriture, et coupons utilisables dans des magasins spéciaux. Même les distributions humanitaires aux "enfants de Tchernobyl" suscitent la jalousie de leurs camarades, comme l'attribution prioritaire de logements aux victimes suscite celle des gens en liste d'attente. Des victimes relogées se sentent même comme des étrangers indésirables, et certains quartiers de relogés deviennent des ghettos.

Le Dr Niagou voit là l'émergence d'un nouveau monde dont «le noyau essentiel est la radiation, sa place et son rôle dans la vie de chaque jour... Le monde d'après Tchernobyl est rempli de problèmes : conséquences génétiques, maladies, écologie, vie et travail au nouvel endroit, dans un nouveau milieu... C'est un monde qui a ses propres structures sociales, économiques, industrielles, médicales et un système de liens internationaux.»

C'est un monde difficile à gérer, qui affecte la santé, le mode de vie et les conditions socio-économiques de millions de gens. ■



NICOLAS HULOT REDACTEUR EN CHEF

# WORLD NATURE

**ILS RISQUENT  
LEUR VIE  
POUR SAUVER  
LES ANIMAUX**

**MADAGASCAR  
L'ILE  
MYSTERIEUSE**

**L'ALSACE  
LORRAINE  
TOURMANDE  
ET SPORTIVE**

**MONSTRE  
DU LOCH  
NESS,  
SERPENT  
DE MER,  
YETI...**



## LES HEROS DE LA NATURE

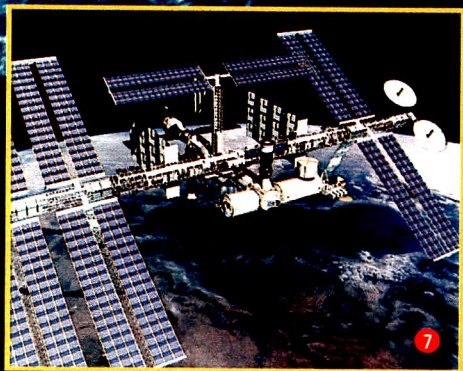
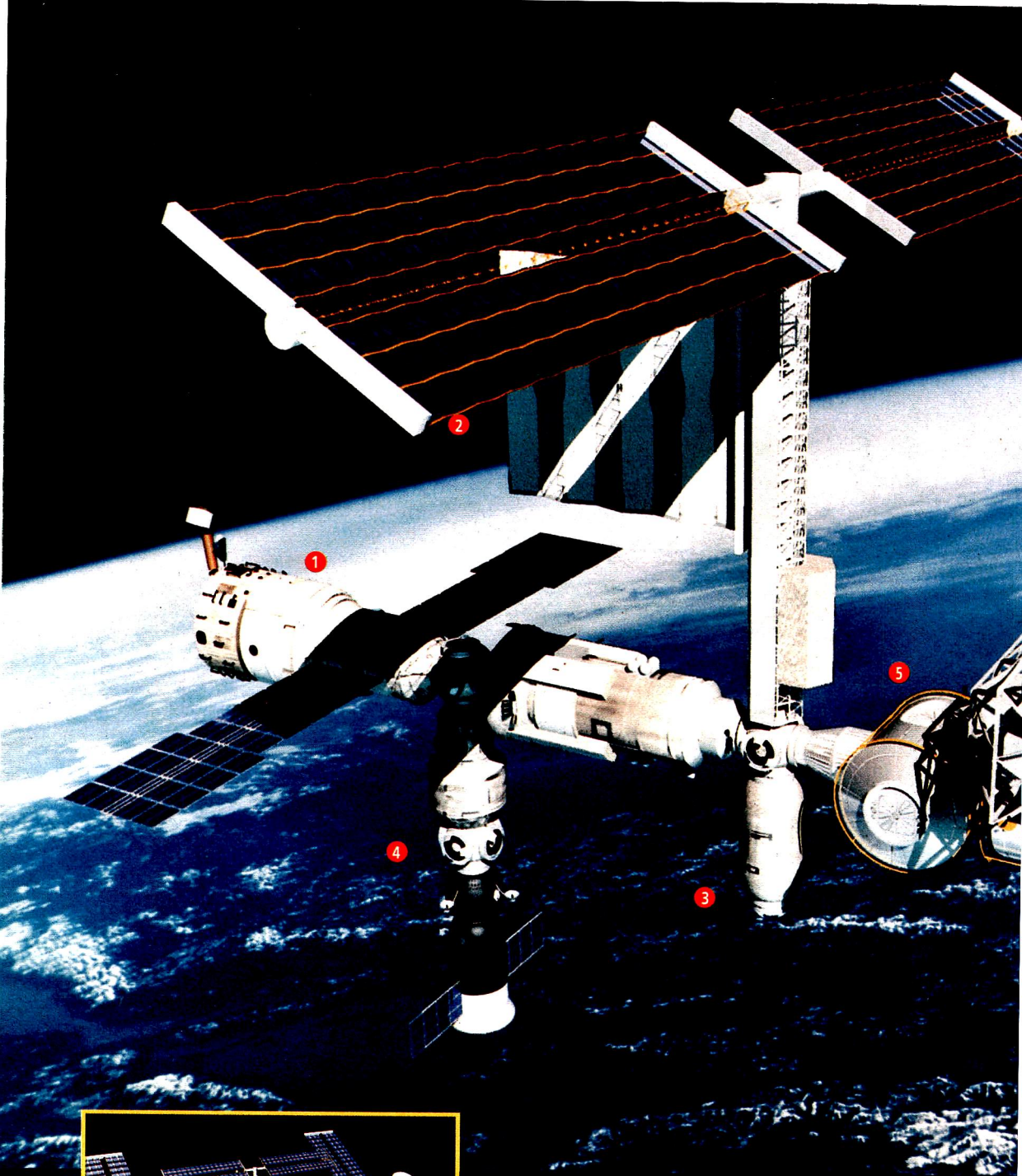
Au Kenya, depuis  
près de vingt ans,  
Iain Douglas  
Hamilton défend les  
éléphants et traque  
les chasseurs  
d'ivoire.

TRIMESTRIEL N°5

**PUR LA PISTE DES CREATURES CACHEES**

M 6556 - 5 - 25,00 F - RD





## Un Meccano international

La station sera édifée autour du "remorqueur spatial" russe *Saliout FGB* 1 qui assurera le contrôle d'attitude. Viendront s'y adjoindre des panneaux solaires 2, russes également, ainsi qu'un module habitable américain 3. Il sera lancé en juillet 1997 par la navette, et les premiers astronautes devraient arriver fin 1997-début 1998. La station sera ensuite complétée par les modules-laboratoires russe 4, américain 5, européen 6 et japonais, ainsi que par le centre de robotique canadien. L'achèvement de la station 7 est prévu pour 2001.

# Une tour de Babel en orbite

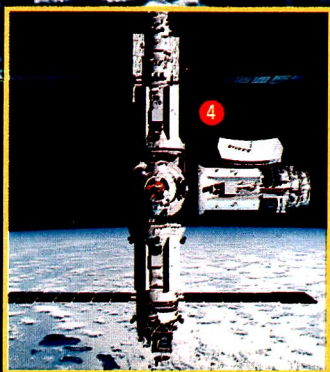
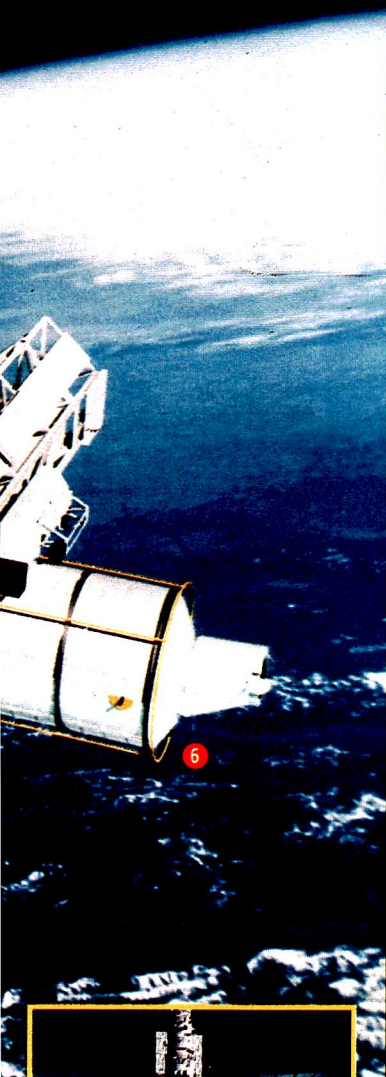
**Après de longues et difficiles négociations, Américains et Russes viennent de se mettre d'accord sur un nouveau projet de station orbitale, baptisé *Ralpa*. Les Européens et le reste du monde espèrent avoir plus qu'un strapontin...**

PAR GERMAIN CHAMBOST

Les 11 milliards de dollars qu'aura coûté le projet de station spatiale internationale *Freedom*, dont les Américains étaient les inspirateurs, peuvent aujourd'hui être passés aux profits et pertes. *Freedom* restera dans les cartons. Depuis 1984, date à laquelle il fut lancé, le projet a subi une véritable spirale inflationniste, au point d'effrayer l'administration américaine elle-même. En 1984, le coût estimé était de 8 milliards de dollars sur huit ans. Quatre ans plus tard, il dépassait les 21 milliards, pour frôler les 40 milliards de dollars au mois d'avril 1991.

Face à cette envolée spectaculaire des dépenses, la NASA fut donc priée de revoir sa copie. A la baisse, bien entendu. Ainsi en arriva-t-on, en juin dernier, au projet *A*, d'un coût estimé de 16 milliards de dollars sur huit ans. Encore trop cher, dirent les parlementaires américains. La NASA retourna à ses chères études et, en septembre, soumit le projet *Alpha*. Comme celui du mois de juin, il associait aux Américains les Canadiens, les Japonais et les Européens, partenaires habituels, déjà partie prenante dans *Freedom* – après tout, ceux-ci avaient déjà dépensé 3 milliards de dollars.

Mais *Alpha* présentait un avantage, une particularité propre à séduire les sénateurs et représentants américains, très sourcilleux ▶



# INTERVIEW DU PATRON DE LA NASA

## L'ESPACE N'EST PLUS UN ENJEU POLITIQUE

Il y a dix-huit mois que Daniel Goldin a été nommé par George Bush à la tête de la NASA. Le président Bill Clinton vient de le confirmer dans ses fonctions, en lui donnant une mission bien précise : faire redécoller le programme spatial des Etats-Unis en mettant de l'ordre dans l'agence spatiale américaine étouffée par la bureaucratie, malmenée par des échecs successifs, incapable de contrôler la dérive des coûts de ses programmes. Bref, une institution qui ne s'est jamais remise de l'accident de *Challenger*, le 28 janvier 1986. Avec fougue, Daniel Goldin est en train de reprendre les choses en main. Il explique ici le pourquoi des accords avec les Russes.

**SCIENCE & VIE :** L'espace, durant la guerre froide, a été un outil de géopolitique. Il s'agissait de démontrer à l'"ennemi", les Soviétiques, la suprématie de l'Amérique dans les étoiles. La station spatiale internationale est-elle, elle aussi, un instrument de géopolitique qui démontrerait la bonne volonté des Etats-Unis à l'égard de la Russie et serait une manière de les aider à devenir une démocratie en soutenant leur programme spatial ?

**DANIEL GOLDIN :** Si nous désirons explorer notre système solaire, c'est un outil indispensable. S'il n'est que géopolitique, il faut l'abandonner.

**S&V :** Si la station orbitale avait été annulée, c'en aurait été fini des navettes spatiales ?

**DG :** Je suis d'accord. Comment pourrions-nous justifier les milliards de dollars que nous dépensons si elles n'avaient pas de destination ? L'objectif principal de la science et de la technologie dans l'espace, c'est le temps que

l'on passe en orbite. Il nous a fallu douze ans et cinquante-cinq vols de navettes pour récolter l'équivalent d'un an d'expérience. Dans une station spatiale durant un an, on récolte un an de données.

**S&V :** L'accord avec la Russie était-il le seul moyen d'avoir une station orbitale ?

**DG :** Une remarque d'abord : si la station spatiale était un laboratoire sur Terre, aussi coûteux soit-il, personne n'y prêterait attention. Mais parce qu'il orbite la Terre à 200 milles d'altitude, tout le monde en parle. Les hommes ont tellement peur de faire des choses différentes. Cela fait neuf ans qu'ici on a des débats sur elle. Nous avons dépensé 9 milliards de dollars et nous avons des piles et des piles de documents. Ma position est claire : osons et construisons-la. Même sans les Russes, elle aurait probablement abouti. S'ils sont là, c'est parce que le président l'a demandé. Et puisqu'ils nous rejoignent, la station doit être compatible avec leurs impératifs. Ils y apportent un plus. Le volume pressurisé est plus grand. C'est une station plus robuste, plus sûre, car nous avons un double accès à l'orbite et aux systèmes de communication. Nous disposons de plus de puissance à bord. Enfin, elle rapproche les différents pays du monde en engageant les Russes dans une action internationale très positive.

**S&V :** Les Russes n'ont pas d'argent. Comment pouvez-vous être sûrs que vous n'aurez pas à ouvrir largement votre escarcelle ?

**DG :** C'est une réflexion très terre à terre. Il faut regarder un peu plus haut. Nous vivons un mo-

ment historique ici. Parce que nous avons peur, nous pourrions rejeter les Russes et bâtir seuls notre station. Ils en construiraient une de leur côté, car leur détermination est très forte. Ils nous ont fait clairement comprendre qu'ils voulaient coopérer mais qu'ils ne voulaient pas être financés.

**S&V :** Quelles garanties avez-vous ?

**DG :** Aucune. En l'espace de dix-huit mois, depuis que je suis à la tête de la NASA, nous avons eu neuf votes concernant la station. Si j'étais russe, je serais inquiet. Les Américains ont-ils vraiment la volonté de mener à bien ce projet ? Il y a des incertitudes des deux côtés et

les Russes, eux, n'ont pas peur. Les bénéfices potentiels dépassent tellement les problèmes qu'il serait dommage d'abandonner.

**S&V :** Le cœur de la station orbitale va être russe, ce sera lui qui sera placé le premier dans l'espace. Vous ne craignez pas que les Etats-Unis perdent leur *leadership* ?

**DG :** Et alors ? Si le pire se produit, nous trouverons toujours une solution. J'ai très confiance dans l'équipe de la NASA et en nos partenaires canadiens, japonais et européens. Si nous avons un problème, si les Russes ont un problème, nous le résoudrons.

Propos recueillis par  
Françoise Harois-Monin

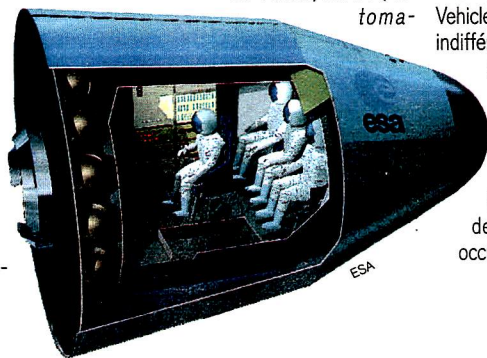
## L'EUROPE ACCROCHE SA CAPSULE

L'Europe entend bien être présente de manière significative dans *Rapha*. Sa nouvelle stratégie spatiale prévoit, entre autres, l'abandon de l'avion spatial *Hermès* et son remplacement par des capsules multifonctions lancées par Ariane 5, ainsi qu'une modification du programme *Columbus* de modules pressurisés destinés à s'arrimer à la station.

Les capsules seraient de deux types : CTV (*Crew Transfer Vehicle*) et ATV (*Automa-*

*ted Transfer Vehicle*). Les premières (dessin ci-dessous), outre une capacité d'emport de 500 à 1 000 kg de matériel, assureraient la desserte des stations, avec relève des équipages (jusqu'à huit astronautes) et, si besoin est, rapatriement d'urgence sur Terre. Les secondes transporteraient uniquement du matériel : modules, ravitaillement, etc.

D'autre part, pour le compte de l'ESA, l'Aérospatiale et la DASA allemande ont étudié l'ACR (*Assured Crew Return Vehicle*) capable d'être lancé indifféremment par Ariane 5 ou par la navette. Amarré à la station, il jouerait le rôle de "canot de sauvetage" en cas de défaillance sur la station, de maladie de l'un des occupants, etc.



suite de la page 75

sur l'emploi des deniers publics. Le projet était conçu de manière à y associer les Russes, non comme simples "fournisseurs" de matériels, mais comme partenaires à part entière. C'est-à-dire comme participants au plan technique et financier. Dans quelles proportions et sous quelles conditions, il faudra attendre au moins le printemps prochain pour être fixé.

Ce dernier projet, qui a déjà été surnommé *Ralpa* (avec un R pour Russe), a été rendu public au début du mois de novembre par la Maison blanche, à la suite d'un accord passé entre l'agence spatiale américaine (NASA) et l'agence spatiale russe (RKA). Mais, pour que cette station soit internationale, cela suppose toutefois que les Etats-Unis, le Canada, le Japon et les neuf partenaires de l'Europe spatiale renégocient d'abord l'accord qu'ils avaient signé, en 1988, sur *Freedom*. Ce ne sera sans doute pas le plus facile. On se souvient, en effet, que les Européens avaient dû batailler ferme pour ne pas être considérés comme de simples bailleurs de fonds. Or, cette fois, il faudra en plus prendre en compte le point de vue russe...

Projet vague quant à sa définition technique. Tout ce que l'on sait est que les Américains ont abandonné l'orbite de 28,8° prévue initialement pour *Freedom*. La station sera placée sur une orbite de 51,6° d'inclinaison, la même que celle de la station russe *Mir 1*, pour tenir compte de la latitude du cosmodrome de Baïkonour. Ce changement facilitera, en effet, l'accès de *Ralpa* aux fusées russes. Car ce sont elles qui transporteront en orbite une bonne partie des éléments constitutifs de la future station, notamment dans sa première phase de construction, à partir de 1997. Le choix de cette orbite pénalise, en revanche, les navettes américaines qui décollent de Cap Canaveral. Leur capacité d'emport, 24 t de fret et sept astronautes, s'en trouve réduite de 5,5 t, ce qui leur interdit par exemple de lancer le module japonais de 20,5 t. Pour pallier cet inconvénient, la NASA a donc décidé d'alléger deux des quatre navettes en service.

Le gros réservoir qui contient l'oxygène et l'hydrogène liquides des moteurs cryotechniques sera ainsi fabriqué en alliage d'aluminium-lithium, au lieu d'aluminium pur. De même fera-t-on appel à des fibres optiques pour remplacer les câblages en cuivre et supprimera-t-on les systèmes de récupération des deux boosters à poudre (fusées d'appoint au décollage). Mais, selon les premiers calculs, cela ne suffira pas tout à fait.

De plus, pour tenir compte de cette réduction de la capacité d'emport des navettes, la station orbitale sera construite à 190 milles nautiques au-des-

sus de la Terre (350 km) et ce n'est qu'une fois terminée que ses propres moteurs la "remonteront" à 248 milles nautiques (460 km).

Cela étant, d'après la NASA, *Ralpa* devrait pouvoir rester en orbite environ une dizaine d'années. L'équipage qui l'occupera sera constitué de six astronautes (peut-être sept), le double de ce qui était prévu sur *Freedom* et *Alpha*. Le volume intérieur disponible sera aussi plus important, d'un quart, que sur les précédents projets. Et, surtout, la puissance électrique installée sera de 110 kW, 40 kW de plus. Ce qui, évidemment, permettra de réaliser un plus grand nombre d'expériences et d'améliorer les conditions de vie à bord.

#### **Américains et Russes ont décidé de démarrer au plus vite leur coopération.**

Le recours à des moyens de lancement aussi différents que les navettes et les fusées Proton, la construction d'un tel ensemble en orbite par des équipes appartenant à des pays différents nécessitent en effet un "apprentissage". Tout un programme de vols habités conjoints a donc été mis sur pied. En toute hâte, pourrait-on ajouter. Ce programme prévoit quinze vols d'astronautes américains vers *Mir*. Cinq partiront de Baïkonour, avec un Américain à bord du vaisseau *Soyouz*, pour un séjour de trois à cinq mois dans la station russe.

Les dix autres vols seront des vols navettes, depuis Cap Canaveral, avec de cinq à sept astronautes à chaque fois. La navette accostera *Mir* et y demeurera arrimée pour des périodes comprises entre cinq et dix jours. Une telle manœuvre n'ira d'ailleurs pas sans quelques risques, les deux engins ayant à peu près la même masse. Le premier arrimage est prévu pour juin 1995.

Censée déboucher sur des économies substantielles et sur une installation plus ambitieuse que ce que pouvait offrir le seul budget américain, la coopération entre la Russie et les Etats-Unis va cependant obliger ceux-ci à soutenir l'agence spatiale russe, fort mal en point. D'ores et déjà, les Etats-Unis ont prévu d'accorder à la Russie une subvention de 400 millions de dollars (malgré la déclaration contraire de Goldin, patron de la NASA, voir encadré page ci-contre), sur la période 1994-1997, destinée aux activités spatiales communes. Mais les responsables de la NASA ont fait valoir que l'entrée des Russes dans le club de la station internationale, en accélérant la réalisation de cette dernière d'une bonne année au moins, entraînera une économie de quatre milliards de dollars. Acceptons-en l'augure. Même si les prévisions budgétaires de la NASA ont trop souvent été démenties, dans le passé, pour que l'on ne fasse pas montre de quelque scepticisme... ■

# Horloge biologique

## On a trouvé le ressort

PAR THIERRY PILORGE

Tous les êtres vivants sont soumis à l'alternance du jour et de la nuit, à la succession des saisons. Et ce sont des processus neuroendocriniens qui transmettent ces informations cycliques en provenance du milieu extérieur et déclenchent les réponses de l'organisme. Une équipe du CNRS à Strasbourg, dirigée par Paolo Sassone-Corsi (1), vient de trouver le rouage central de cette horloge biologique : la protéine qui, dans le noyau, contrôle l'expression alternative des gènes qui règlent la plupart des grandes fonctions (2).

Avant d'en venir au dénouement de l'intrigue, il faut placer le décor et distribuer les rôles. L'unité de temps sera le "nyctémère", succession d'un jour et d'une nuit. Une des caractéristiques principales du nyctémère – et celle qui nous intéresse ici –, c'est le changement d'intensité lumineuse entre le jour et la nuit. Des expériences ont démontré, en effet, que c'était bien là le stimulus sur lequel étaient "calés" nos rythmes internes. Rythmes circadiens d'abord, ceux qui concernent précisément le cycle jour/nuit (circadien vient du latin *circa diem*, qui signifie "environ un jour"). Variations des durées relatives du jour et de la nuit au long des saisons, ensuite. C'est ce que l'on appelle la photopériode, qui se traduit aussi par des changements physiologiques. C'est ainsi que la plupart des animaux et des plantes vivant dans des régions où le rythme saisonnier est bien marqué se reproduisent au printemps, au moment où la photopériode croît, où le jour devient plus long que la nuit.

L'œil joue donc un rôle fondamental dans la perception de ces cycles. Même les rats-taupes aveugles, qui vivent dans une obscurité presque totale, ont gardé des éléments de rétine qui per-

**Le tic tac de l'horloge biologique interne est réglé, au cœur de la glande pinéale, le fameux "troisième œil", par une toute petite protéine. C'est elle qui rythme nos fonctions vitales.**

çoivent les changements de luminosité (voir *Science & Vie* n° 906, p. 19).

L'unité de lieu sera le cerveau, où la pièce se jouera pratiquement à huis clos, sauf pour des "excursions" vers des organes périphériques. Restent les acteurs. Les principaux sont le complexe hypothalamus-hypophyse, à la base du cerveau ; les noyaux suprachiasmatiques (NSC), situés dans l'hypothalamus ; la glande pinéale, située, chez l'homme, au-dessus du cervelet, en arrière de l'hypothalamus ; et enfin le coupable que l'on recherche.

Lorsque l'information lumineuse arrive sur l'œil,

(1) L'équipe de Paolo Sassone-Corsi inclut : Nicholas S. Foulkes, Florence Schlotter, Carlos A. Molina, Enzo Lalli, Denis Masquillier et Janet S. Lee. Ces recherches sont également menées en collaboration avec Jörg H. Stehle et Paul Pévet. (2) *Nature*, vol. 365 du 23 septembre 1993, p. 314.



G. Merillon/Gamma





## ET POURTANT, ELLE TOURNE...

En 1991, Pascal Barrier a vécu cent jours dans la grotte de la Cocalière. Pourtant, son organisme a fonctionné selon un rythme proche de l'alternance jour/nuit. Preuve que nous avons une horloge biologique interne qui continue de tourner même en l'absence de stimulus extérieur.

elle est traduite par la rétine en influx nerveux qui atteignent, outre les zones mises en œuvre dans la vision, des structures particulières du cerveau, les noyaux suprachiasmatiques (NSC). A partir de là une cascade de réactions aboutit au contrôle de certaines fonctions essentielles de l'organisme (voir dessin p. 80, en haut). En réponse à l'information venant de l'œil, les NSC produisent des neurotransmetteurs (molécules qui permettent la propagation de l'influx nerveux de neurone à neurone). Ces neurotransmetteurs, de type adrénérique (comme l'adrénaline), parviennent à la glande pinéale.

Dans notre pièce, la glande pinéale se voit attribuer un rôle de tout premier plan. Ce "troisième œil" a, en effet, une origine embryologique proche de celle de l'organe de la vision ; elle présente, comme celui-ci, des éléments rétinien. Chez les oiseaux, entre autres, elle a même gardé la capacité de réagir directement à des stimulations lumineuses. A cause de sa position au sommet du cerveau chez un grand nombre d'espèces (chez l'homme, elle a migré vers le bas), on lui attribuait autrefois un rôle de communication avec le surnaturel. Descartes en faisait le siège de l'esprit.

**La pinéale joue un rôle clé dans les cycles vitaux des êtres vivants.** Elle sécrète, en effet, une hormone, la mélatonine, produite essentiellement la nuit. Or, la mélatonine règle le fonctionnement rythmique de l'axe hypothalamo-hypophysaire. En étroite interrelation, ce duo est connu pour régir la quasi-totalité des sécrétions hormonales de l'organisme. En dépendent des phénomènes tels que la croissance, la lactation, la reproduction ou la réponse au stress.

Le décor est planté, les acteurs ont fait leur entrée en scène, le drame peut commencer. En toute logique, l'équipe strasbourgeoise est partie à la chasse au pignon central de l'horloge biologique dans le noyau des cellules de la glande pinéale. Encore fallait-il savoir quoi chercher.

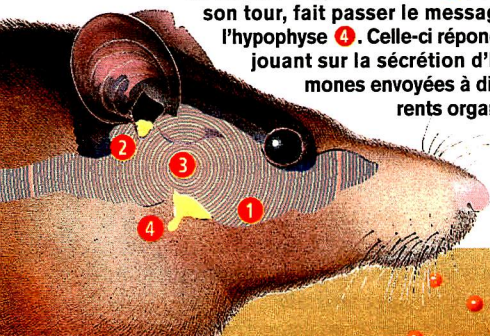
Sassone-Corsi et ses limiers ne possédaient qu'un seul indice : à l'intérieur des cellules pinéales (les pinéalocytes), la traduction du message neuronal en réponse hormonale passe toujours par la même voie métabolique, qui fait appel à une molécule particulière, l'adénosine monophosphate cyclique, en abrégé AMPc. Ce relais incontournable dans la transmission de l'information nerveuse de l'extérieur de la cellule jusqu'au sein du noyau n'aurait-il pas, par hasard, quelque chose à voir avec le mécanisme nucléaire de l'horloge biologique ? En outre, le coupable recherché devait agir de préférence la nuit.

Les chercheurs se mettent donc à fouiller les noyaux des cellules de la glande pinéale (c'est la souris de laboratoire qui, une fois encore, fut mise à contribution). Et, tout récemment, la traque aboutit : il s'agit d'un gène dont l'action est contrôlée, justement, par l'AMPc. Le prévenu se voit aussitôt attribué un nom de code : CREM (*cAMP Responsive Element Modulator*, ou modulateur de l'élément promoteur répondant à l'AMPc). On verra pourquoi. Mais, d'abord, il faut le faire parler.

Première confirmation que cette piste est la bonne : dans la glande pinéale, l'action de CREM varie selon un rythme circadien. Il s'exprime abondamment la nuit et se tait le jour. Si l'on change les conditions d'éclairément, la réponse de CREM suit

## DES JOURS ET DES NUITS

Les variations d'intensité lumineuse entre le jour et la nuit et au cours des saisons sont perçues par l'œil. Elles génèrent des influx nerveux qui parviennent à des structures particulières du cerveau, les noyaux suprachiasmatiques 1. De là, l'information est transmise à la glande pinéale 2, qui réagit en modulant sa sécrétion de mélatonine entre le jour et la nuit. Cette hormone stimule l'hypothalamus 3, qui, à son tour, fait passer le message à l'hypophyse 4. Celle-ci répond en jouant sur la sécrétion d'hormones envoyées à différents organes.



D. Bazin

## ROGNONS À LA CREM...

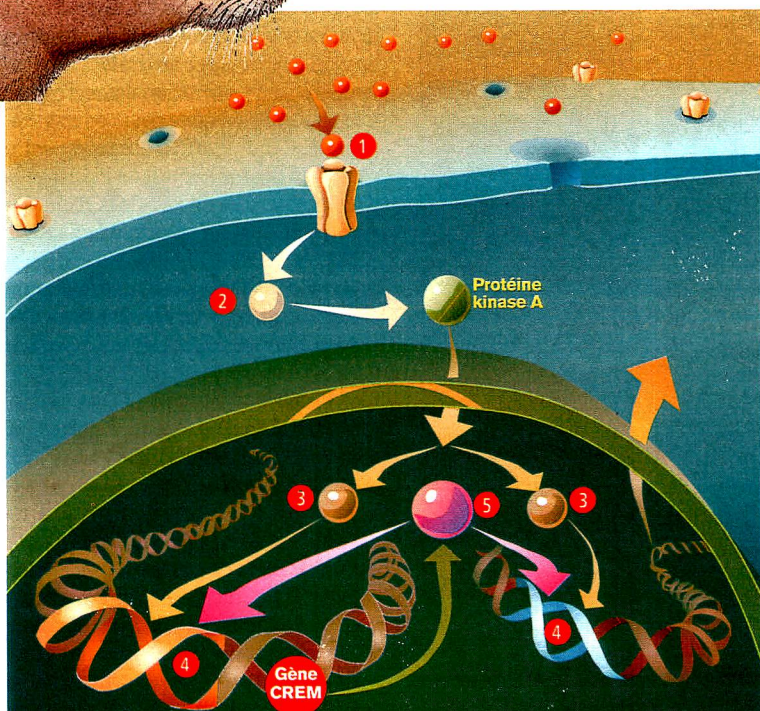
En battant au rythme du temps, le gène CREM ne se contente pas de marquer la cadence de l'horloge biologique "centrale" dans la glande pinéale. On le retrouve, en effet, dans tous les tissus endocriniens, sécréteurs d'hormones : glande pinéale, hypophyse, glande adrénale, testicule, ovaire... D'après les résultats obtenus par l'équipe de Sassone-Corsi, le gène CREM pourrait être impliqué dans le développement fonctionnel du testicule chez la souris.

Chez le rongeur adulte, en effet, la reproduction est saisonnière et limitée à la belle saison. En outre, l'âge de deux semaines est pour le souriceau une étape essentielle dans la formation des spermatozoïdes. Or, à cet âge, l'activité du gène CREM change du tout au tout, à la fois quantitativement et qualitativement.

Jusqu'au douzième jour, en effet, le gène produit, en très faible quantité, une protéine inhibitrice appelée CREM  $\beta$ . A ce moment, la maturation des spermatozoïdes n'est pas faite. En revanche, à partir du treizième et, surtout, du quatorzième jour, c'est un activateur, CREM  $\tau$ , qui est produit en forte quantité. C'est aussi le moment où les spermatozoïdes peuvent se différencier.

Cet effet de bascule est rendu possible par l'existence, sur le gène CREM, de deux régions, utilisées de façon différentielle, dont l'une est activatrice et l'autre inhibitrice.

Restait à déterminer la



### L'autorégulation au cœur de l'horloge

Les neurotransmetteurs, émis cycliquement par les noyaux suprachiasmatiques, parviennent aux cellules de la glande pinéale, les pinéaloctes. Là, ils sont captés par des récepteurs situés dans la membrane de la cellule 1. Par une série de réactions, ceux-ci conduisent à la fabrication d'adénosine monophosphate cyclique, ou AMPc 2. L'AMPc, à son tour, active une enzyme, la protéine kinase A, dont une partie pénètre à l'intérieur du noyau. Elle y stimule des activateurs 3 qui, enfin, déclenchent la transcription de certains gènes, sensibles à l'AMPc 4. Parmi eux se trouve le gène CREM, que l'on peut considérer comme le ressort de l'horloge biologique. Lorsqu'il est activé, CREM produit une protéine, nommée ICER 5. Celle-ci inhibe l'action d'autres gènes sensibles à l'AMPc, dont les produits agissent sur l'hypothalamus, véritable standard des communications neuroendocriniennes. De surcroît, elle inhibe son propre gène, dont l'action est ainsi autorégulée.

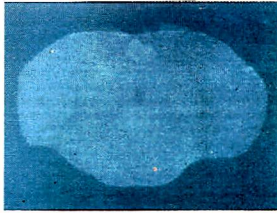
D. Galland

voie hormonale, passant par l'AMP cyclique, qui est à l'origine de ce revirement. Les hormones qui interviennent dans l'activité et le développement des gonades sont l'hormone folliculo-stimulante (FSH) et l'hormone lutéinisante (LH), produites par l'hypophyse.

**Or, chez la souris, il se trouve, comme par hasard,** que la FSH est produite à partir du treizième jour. Cette production est elle-même sous le contrôle de l'hypothalamus et, si l'on remonte toute la chaîne, sous celui de la glande pinéale, du noyau supra-chiasmatique et, finalement, de la quantité de lumière perçue par l'œil.

Ainsi, en hiver (photopériode de courte), la sécrétion de FSH s'arrête ; elle reprend au printemps, dès que les jours s'allongent. Tout comme l'expression de CREM dans le testicule. La suppression chirurgicale de l'hypophyse bloque l'activation de CREM ; l'administration d'extraits hypophysaires la relance.

La FSH apparaît donc responsable du changement de fonctionnement de CREM. Comment agit-elle ? Sur le gène CREM, certains sites



P. Sassone-Corsi/CNRS

## LA PINÉALE S'ALLUME

● C'est au rythme de nos nuits qu'est fabriquée, dans la glande pinéale, une petite protéine, véritable balancier de notre horloge biologique. Cela apparaît clairement sur des coupes transversales de cerveaux de rats effectuées le jour (en haut) et la nuit (en bas).

permettent une forte production de protéines spécifiques, alors que d'autres la limitent considérablement. Or, chez l'animal jeune, ce sont précisément ces derniers qui s'expriment. Chez l'adulte, au contraire, ils sont exclus. Ce serait donc en agissant sur le choix de ces sites que la FSH ferait basculer l'action de CREM et réglerait, du même coup, l'activité sexuelle de l'animal.

*suite de la page 79*

parfaitement. Mais, plus important encore, si l'on soumet l'animal à la nuit permanente, le noyau supra-chiasmatique continue d'envoyer à la glande pinéale des signaux mettant en jeu des neurotransmetteurs adrénérgiques, qui impliquent l'AMPc. Ainsi, l'horloge biologique interne fonctionne même en l'absence de tout stimulus extérieur.

C'est ce qu'avaient révélé les expériences de Michel Siffre, ce spéléologue resté sous terre 62 jours consécutifs en 1962, puis 205 jours en 1972 : le rythme de ses fonctions biologiques, comme le sommeil, s'était maintenu pendant tout ce temps. Est-ce à dire que les signaux extérieurs ne servent à rien ? Loin de là : ils sont indispensables pour "caler" cette horloge interne sur les cycles de la nature environnante.

Comment le même gène peut-il donc avoir une action différente le jour et la nuit ? En fait, la réponse réside dans sa structure moléculaire complexe : lorsque l'on examine les protéines synthétisées à partir de CREM, on s'aperçoit que ce ne sont pas toujours les mêmes. Cela tient au fait que la lecture du gène (sa transcription) ne commence pas toujours au même endroit. Comment cela est-il possible ? Sur un gène, il y a un "mot début", séquence dite "promoteur", qui indique à quel endroit la transcription doit commencer. Eh bien, sur CREM, il y a deux promoteurs différents (P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub>).

**Dans la glande pinéale, selon que la transcription commence en P<sub>1</sub> ou en P<sub>2</sub>,** le gène CREM commande la synthèse de protéines activatrices ou inhibitrices de l'expression d'autres gènes, responsables de la modulation des messages envoyés au complexe hypothalamo-hypophysaire. Ces gènes, qui répondent eux aussi à l'action de l'AMPc (abordée plus haut), possèdent, pour cela, un élément promoteur, appelé CRE (*cAMP Responsive Element* – d'où le nom de CREM). C'est sur ce site que viennent se fixer les activateurs qui déclenchent le fonctionnement de ces gènes ou les inhibiteurs qui le bloquent.

Comme on pouvait s'y attendre, dans la pinéale, les protéines inhibitrices ne sont produites que pendant la nuit, mais alors abondamment (voir photos ci-dessus), tandis que les protéines activatrices ne sont fabriquées que pendant le jour, et encore, en petites quantités. Les protéines inhibitrices en question sont les plus petits régulateurs de transcription connus. Puisque ces protéines – baptisées ICER (*Inducible cAMP Early Repressor* : répresseur précoce de l'induction par l'AMPc) – se fixent sur les régions CRE et bloquent la transcription des gènes de cette famille, elles bloquent aussi celle de leur propre gène, CREM (dessin ci-contre). La production d'ICER par le gène CREM est donc autorégulée. Cette autorégulation constitue, en elle-même, une sorte d'horloge biologique interne à la cellule.

Et la mélatonine dans tout cela ? Elle aussi, nous l'avons vu, joue un rôle important dans le fonctionnement cyclique de l'organisme. Produite par la glande pinéale, en abondance la nuit et très peu le jour, elle est fabriquée à partir d'une autre hormone, la sérotonine, sous l'action d'une enzyme, une N-acétyltransférase (NAT). Laquelle NAT pourrait être synthétisée à partir d'un gène de la famille CRE. Se pourrait-il que ICER soit également responsable de la rythmicité de la sécrétion de la mélatonine ? On le pense ; il faut, pour en être sûr, attendre le résultat des expériences en cours. De toute façon, cette minuscule protéine paraît douée du pouvoir immense de régler le tempo de notre vie. ■

# Vitamines : la nouvelle médecine

**Quelques milligrammes de vitamines par jour ont fait chuter le risque de cancer dans une population chinoise et les récidives d'infarctus aux Etats-Unis. Jusqu'ici associées aux carences ou consommées pour avoir la forme, les vitamines entrent aujourd'hui dans la médecine préventive des grandes maladies modernes.**

PAR MARIE-LAURE MOINET

mentation de l'apport habituel de vitamines, il faut intervenir activement en apportant à la moitié de la population les vitamines dont on veut mesurer l'effet ; l'autre moitié, servant de témoin, reçoit un placebo. La population de Linxian constituait un milieu idéal pour ce genre d'étude dite "d'intervention", différente des enquêtes épidémiologiques classiques (!). La pilule vitaminée donnée aux participants contenait une à deux fois les "apports nutritionnels recommandés", ou ANC (voir "Ciblez vos besoins", p. 88). Ces doses sont dites "nutritionnelles", par opposition aux doses "pharmacologiques", de 50 à 100 fois plus élevées, qui traitent des indications spécifiques – sécheresse cutanée, infections, troubles visuels – avec plus ou moins de bonheur.

Linxian, une région rurale située dans la province de Henan, au nord de la Chine, connaît l'un des taux de cancer de l'œsophage et de l'estomac les plus élevés du monde. Parallèlement, l'alimentation y est pauvre, sans être carencée, en fruits frais, légumes – sauf patate douce –, viande et autres produits animaux. Or, de nombreuses études à travers le monde ont mis en évidence qu'un taux élevé de cancers se retrouve souvent dans des populations qui ont une faible consommation de certains nutriments, notamment vitamine C et bêta-carotène, ce pigment jaune orangé tantôt visible (melon, carottes), tantôt masqué (légumes verts).

Mais une corrélation n'est pas la preuve qu'il existe un lien de cause à effet. Pour établir un tel lien, en l'occurrence la prévention de maladies par une aug-

Près de 30 000 Chinois, âgés de 40 à 69 ans, ont participé à cette étude dirigée par le National Cancer Institute de Bethesda de Madison (Etats-Unis) et le Cancer Institute de Pékin. La répartition des groupes a permis d'analyser l'effet des compléments spécifiques suivants : vitamine A, avec du zinc, qui favorise son absorption par les tissus ; deux vitamines du groupe B ; vitamine C avec du molybdène ; enfin bêta-carotène et vitamine E associés à un oligoélément, le sélénium.

Au cours des cinq années que dura cette étude (mars 1986-mai 1991), 2 127 personnes moururent, principalement de cancer : 9,3% des hommes et

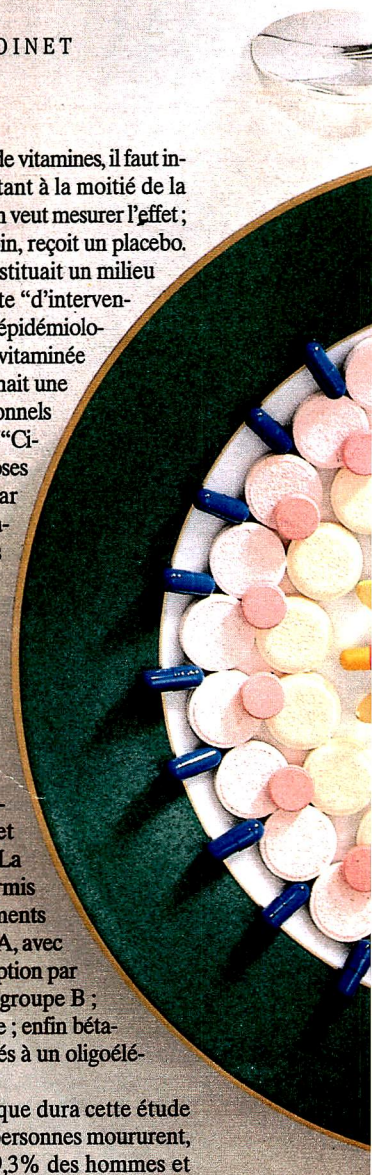




Photo Eric Malesmanche

5,5% des femmes. Mais, à partir de la troisième année, le groupe supplémenté en mélange  $\beta$ -carotène, vitamine E et sélénium eut un moindre taux de cancers et de mortalité : 9% de décès en moins, et même 21% si l'on ne considère que les cancers de l'estomac (?). Le complément à base de vitamines B fut lié, lui, à une baisse de cancers de l'œsophage : 14% en moins dans le groupe supplémenté. En revanche, la vitamine A n'eut pas d'effet et, contre toute attente, la vitamine C non plus, alors que les Chinois en avaient un taux sanguin initial faible.

**Peut-on extrapoler ces résultats à la population française ?** Non. Linxian est une zone rurale reculée avec une population moins bien nourrie, mourant beaucoup de cancer de l'estomac. S'il sévissait aussi fortement en France il y a cinquante ans, ce type de cancer vient aujourd'hui loin derrière celui du poumon, du côlon, du sein et des voies aéro-digestives supérieures. Mais l'ensemble des cancers demeure la première cause de décès en France pour les 35-64 ans. Et surtout, l'exemple de Linxian montre le bien-fondé des études d'intervention. Il y en a une dizaine en cours dans les pays industrialisés, dont on attend les conclusions. L'une d'elles, la Physician Health Study à Boston (22 000 médecins surveillés pendant dix ans) a déjà montré un résultat extraordinaire : une prise de 50 mg de  $\beta$ -carotène tous les deux jours a diminué de moitié la fréquence de récidence chez les sujets ayant déjà eu un infarctus ! Une étude récente, prospective cette fois, avait mis en relation, chez des fumeurs ou anciens fumeurs (et eux seuls), une protection des coronaires avec une consommation élevée de  $\beta$ -carotène.

La France met en place, elle aussi, son étude d'intervention : SUVIMAX (Supplémentation en vitamines et minéraux anti-oxydants) sera lancée lors du prochain salon de la Médecine, début mars 1994. 100 000 personnes seront appelées à participer ; 15 000 seront élues (hommes de 45 à 60 ans et femmes de 35 à 60 ans), qui recevront, pendant huit ans, soit une capsule d'oligo-éléments, soit un placebo d'aspect identique. La capsule active contiendra 6 mg de  $\beta$ -carotène, 120 mg de vitamine C, 30 mg de vitamine E, 20 mg de zinc et 100  $\mu$ g de sélénium. Pourquoi ce choix ? Parce que ce sont les vitamines et minéraux réputés pour leur rôle anti-oxydant et que le premier objectif de cette étude – coordonnée par Serge Hercberg, directeur de recherche INSERM à l'ISTNA (?) – est de vérifier l'hypothèse qu'un apport supplémentaire minime, à dose nutritionnelle, d'éléments anti-oxydants suffit à maintenir plus longtemps en bonne santé.

En effet, au cours des réactions cellulaires, beaucoup d'électrons deviennent célibataires et gravitent autour des atomes à la recherche de leur conjoint. Ces

suite de la page 83

atomes rendent les groupements auxquels ils appartiennent très réactifs et potentiellement nocifs, en particulier pour le noyau et les membranes de nos cellules. Ces groupements, dits "radicaux libres", créent, lorsqu'ils contiennent de l'oxygène et sont abondants, un "stress oxydatif" (voir dessins ci-contre). D'où une accélération du dérèglement et du vieillissement cellulaires. Les capsules SUVIMAX sont donc *a priori* anti-stress oxydatif et anti-vieillesse cellulaire (toute l'habileté des publicitaires à propos des vitamines étant de supprimer les mots "oxydatif" et "cellulaire").

Un prétest de SUVIMAX chez des personnes âgées en institution a déjà confirmé que la prise quotidienne des capsules augmentait la concentration en glutathion peroxydase (une protéine à sélénium) et superoxyde dismutase, deux enzymes clés de la défense anti-radicaux libres. Elle élève également la production d'interleukine 1, reflet d'une bonne immunité. Un autre prétest a montré une amélioration, cette fois chez des adultes en bonne santé, des taux sanguins de zinc et de sélénium dès le troisième mois de la supplémentation : les gens bien portants sont-ils des malades qui s'ignorent ?

**Plutôt des malades en puissance. Et ils le**

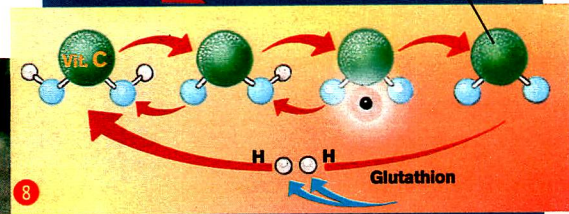
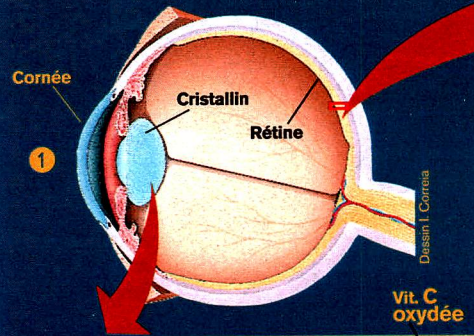
**savent :** lorsque 1 000 volontaires furent sollicités, en janvier 1993, pour les prétests (validation des paramètres étudiés, des outils de l'étude, etc.), 16 000 candidats se sont présentés ! Il faut souligner, ici, le coup de génie du jeune chimiste anglais, Casimir Funk ; lorsqu'en 1911, il isola, à partir du son de riz, une substance capable de prévenir et de

S. Compoint/Syigma



# A, C ET E : LES AVOIR A L'ŒIL

- 1 A cause de la carence en vitamine A, l'épithélium cornéen, normalement transparent, devient rugueux et vascularisé ; c'est la xérophtalmie, qui touche encore des millions d'enfants dans les pays défavorisés (photo ci-dessous). La vitamine A participe à la formation de la rhodopsine, récepteur de la lumière de faible intensité dans les bâtonnets de la rétine.
- 2 Les membranes des bâtonnets sont très riches en acides gras "polyinsaturés" (plusieurs doubles liaisons dans la longue chaîne carbonée). La lumière, l'oxygène (O<sub>2</sub>), les radicaux libres (X<sup>•</sup>, très réactifs à cause de leur électron non apparié) y produisent un "stress oxydatif" intense contre lequel lutte la vitamine E.
- 3 Un radical libre X<sup>•</sup> attaque l'acide gras en lui prenant un atome d'hydrogène. L'acide gras devenu réactif capte une molécule d'oxygène et devient un radical "peroxyde", encore plus réactif, prêt à attaquer à son tour un acide gras voisin, comme X<sup>•</sup> l'a fait pour lui.
- 4 La vitamine E arrête cette propagation en captant l'électron célibataire et en fournissant en échange un atome d'hydrogène. L'acide gras devient "hydroperoxydé".
- 5 Cet hydroperoxyde est nocif, mais il est



normalement inactivé par une enzyme à sélénium. Le radical libre de la vitamine E cède son électron célibataire à un anion de la vitamine C, qui lui fournit un atome d'hydrogène.

- 6 La vitamine E est régénérée. Le radical libre de la vitamine C, hydrosoluble, peut être recyclé en vitamine C grâce à d'autres enzymes.
- 7 Une partie de la vitamine C (acide ascorbique) a tendance à s'oxyder en acide déhydroascorbique dans les cellules du cristallin. Cette forme oxydée conduit à des protéines modifiées qui ne sont plus transparentes. Le retour à l'état réduit (c'est-à-dire à la vitamine C) mobilise du glutathion également présent, mais en quantité limitée. D'où l'importance d'avoir suffisamment de vitamine C au départ, et d'où l'effet préventif que cette vitamine semble avoir vis-à-vis de la cataracte (opacification du cristallin). Reste à savoir à quel taux et à quel âge une supplémentation serait bénéfique!

guérir le béri-béri mortel, il l'appela tout simplement "vitamine", parce qu'elle était vitale et que c'était chimiquement une amine. Ce nom magique a été étendu aux 13 molécules organiques présentes à l'état de trace dans les aliments et indispensables à l'homme parce qu'il ne les synthétise pas ou de façon aléatoire (la D au soleil, par exemple).

La synthèse industrielle des vitamines dès le début du siècle a permis aux légendes de se créer. Prenant le contre-pied des effets négatifs dus à une carence, la publicité a extrapolé allégrement. Ainsi, parce qu'une carence en vitamine E empêche la reproduction chez le rat, la vitamine E devient anti-stérilité ! Parce qu'une carence en acide pantothénique favorise la chute des poils chez le rat, cette vitamine soigne l'alopecie, etc. Pourtant, elles ont des vertus bien plus puissantes, dont on commence seulement à prendre la mesure.

**La vitamine E** nous protège contre les maladies cardiovasculaires (première cause de décès en France). Une enquête de l'Organisation mondiale

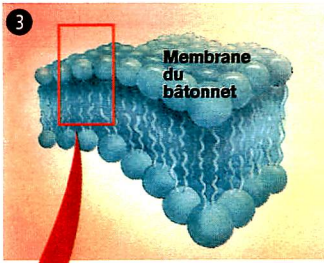
de la santé (\*) a, en effet, trouvé de fortes variations de mortalité par accidents cardiovasculaires d'une région d'Europe à l'autre. Le Pr Fred Gey, de l'Institut de biochimie et biologie moléculaire de Berne, a alors noté, pour 12 populations à niveau de cholestérol plasmatique et pression artérielle normaux, qu'on meurt d'autant plus d'infarctus que l'on a une concentration plasmatique basse en vitamine E.

Même constat d'une étude prospective américaine publiée en mai 1993 (†) : 87 245 femmes de 34 à 59 ans en bonne santé ont répondu à un questionnaire fouillé sur leur consommation alimentaire (61 "nutriments" évalués). En huit ans de surveillance, 552 infarctus du myocarde, dont 115 mortels, furent répertoriés. Après ajustement en fonction de l'âge et de la consommation de tabac, il s'est avéré que la consommation de vitamine E était associée à un taux plus faible d'accidents cardiovasculaires. Le bénéfice a pulvérisé les records (46% d'infarctus en moins) chez les femmes qui se supplémentaient depuis plus de deux ans en vitamine E, à raison de plus de 5 fois l'apport nutritionnel quotidien conseillé en France. A l'inverse, celles qui absorbaient de la vitamine E à dose plus habituelle, soit à travers la nourriture, soit par le biais de suppléments multivitaminés (donc moins dosés en vitamine E) ne semblaient pas être protégées ! Même résultat dans l'enquête similaire portant, cette fois, sur 40 000 hommes de 40 à 75 ans dans les métiers de la santé (dentistes, vétérinaires, pharmaciens, médecins...).

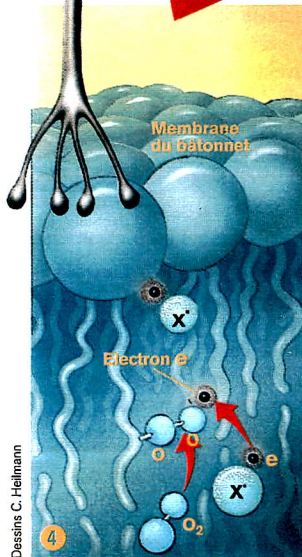
On sait depuis longtemps que la vitamine E préserve les acides gras polyinsaturés de l'oxydation. Les huiles végétales en sont naturellement riches. Liposo-



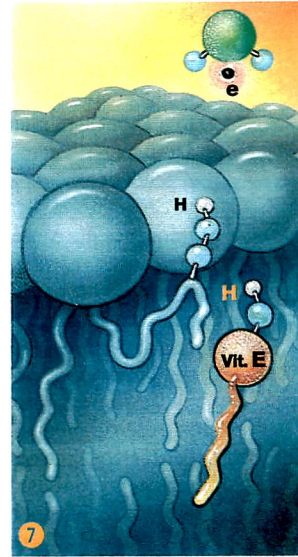
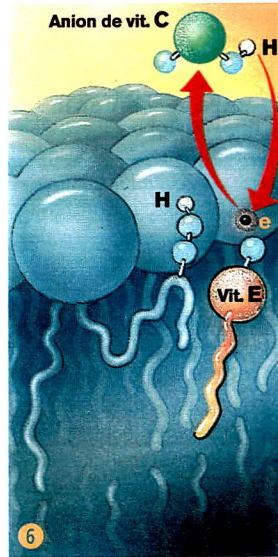
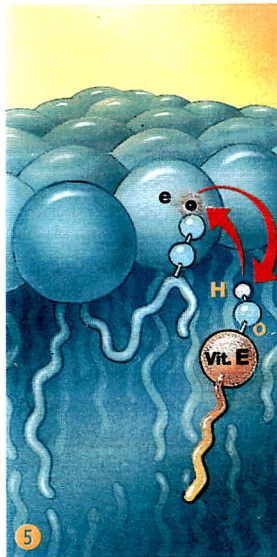
Dessins I. Correia



Dessins C. Hellmann



Dessins C. Hellmann



suite de la page 85

luble, la vitamine E protège ainsi nos membranes cellulaires (voir dessin p. 85). Et elle protège aussi nos vaisseaux en empêchant certaines particules de devenir oxydées, donc toxiques. Ces particules sont les lipoprotéines de basse densité (LDL), qui transportent le cholestérol du foie vers les parois artérielles ; lorsqu'elles sont oxydées, elles favorisent les lésions et la plaque d'athérome, premiers pas vers les maladies vasculaires.

**Le  $\beta$ -carotène**, lui, est plus réputé dans la prévention du cancer. Les études sont presque unanimes pour associer un faible taux de cancer, notamment du poumon (première forme mortelle en France), à une consommation élevée de ce pigment alimentaire. Une étude italienne a même établi que le risque de cancer du poumon était trois fois plus bas chez les fumeurs consommant des carottes au moins une fois par semaine que chez ceux n'en consommant pas ! Le  $\beta$ -carotène préviendrait aussi les cancers de l'estomac, de l'œsophage et de l'utérus. Une portion de ... 70 g de carotte, même cuite, suffit à couvrir les besoins quotidiens : 0,6 mg par jour. Et l'excès de  $\beta$ -carotène n'est pas toxique ; il s'accumule dans les cellules adipeuses et celles de la peau sans autre effet que de donner un joli teint de pêche. On ne peut en dire autant de la vitamine A, dont le métabolite actif agit sur les gènes (voir encadré ci-contre). À l'inverse, les végétariens, qui consomment beaucoup de  $\beta$ -carotène, risquent de manquer de vitamine A de source animale. Au-delà de l'apport nécessaire, le taux de conversion baisse (il faut alors plus que la norme habituelle : 6 unités de  $\beta$ -carotène pour fabriquer une unité de vitamine A).

Active sur la croissance et la différenciation cellulaires, indispensable à la vision, utilisée pour ses vertus anti-infectieuses avant l'arrivée des antibiotiques, la vitamine A fait encore défaut dans les pays défavorisés. Pourtant, quelques suppléments dans l'année, l'enrichissement systématique du sucre ou du lait en poudre diminuent la xérophtalmie (voir photo p. 84) et la mortalité générale chez les enfants<sup>(6)</sup>. La vitamine A détoxifie aussi certains cancérigènes répandus dans les pays tropicaux, comme l'aflatoxine des graines et des arachides stockées : la carte de la fréquence des cancers du foie s'y superpose à celle des carences en vitamine A.

**La vitamine C**, autre anti-oxydant notoire dans l'organisme comme dans les aliments, inhibe la formation, à partir des nitrates (légumes surfertilisés) et des nitrites (conservateurs des charcuteries), de nitrosamines cancérigènes. Bizarrement, le complément à base de vitamine C n'a pas fait varier la mortalité dans l'étude chinoise. Pourtant les présomptions existent, puisqu'une étude d'intervention européenne se propose d'évaluer l'influence de la supplémentation en vitamine C (2g par jour pendant trois ans) sur la

## A ET D : ABUS DANGEREUX

Bien que, par définition, les vitamines agissent à faible dose, on croit que plus on en prend, mieux l'on se porte. Or, inutile de se gaver ; si on a une clé pour ouvrir une serrure, les neuf autres au même moment ne nous servent à rien ! Et peuvent même être nuisibles.

**Ainsi une ingestion massive de vitamine A** peut provoquer une intoxication aiguë avec maux de tête intenses, nausées, fatigue, hémorragie, troubles cutanés... Elle surviendrait chez l'enfant pour 30 fois l'apport nutritionnel conseillé (ANC, voir dessin p. 88) ; chez l'adulte, pour 300 fois l'ANC.

Une intoxication chronique (migraines, insomnies, douleurs osseuses, gingivites) survient après quelques mois de surconsommation de l'ordre de 10 à 30 fois l'ANC. On a noté des cirrhoses "vitamine A dépendantes" après six années de consommation de 7 fois l'ANC.

Faut-il se méfier des comprimés vitaminés ? Par principe oui, mais, même aux Etats-Unis, où ils sont très en vogue, ils sont rarement dosés en vitamine A au-delà de 3 fois l'ANC (en France, le Conseil supérieur d'hygiène public "recommande" qu'ils ne dépassent pas 1,5 fois l'ANC adulte). Le problème est que les flacons contiennent couramment 60 gélules. Même dosées à 10 000 UI, dix gélules suffisent alors à faire courir un risque d'intoxication à un enfant !

**La femme enceinte, surtout, doit être prudente** : plus de 3 fois l'ANC au début de la grossesse peut provoquer des malformations chez le fœtus. L'acide tout-trans-rétinoïque, le métabolite actif de la vitamine A, se fixe en effet sur la molécule de l'hérédité, l'ADN, et réveille l'expression de gènes voisins, ordonnant la croissance et la division cellulaires. D'où son effet tératogène à haute

genèse des cancers de l'estomac et notamment sur l'inhibition d'une "mauvaise" bactérie de la muqueuse gastrique *Helicobacter pylori* (?). De multiples études épidémiologiques trouvent une corrélation entre une consommation élevée de vitamine C et un faible taux de cancers, de maladies cardiovasculaires, de cataractes et de mortalité en général.

**Or, les Français consomment peu de vitamine C.** Dans une enquête "nutrition-santé" effectuée dans le Val-de-Marne en 1988 chez 1 108 sujets de 6 mois à 97 ans, 20% des adultes consommaient moins des deux tiers des apports conseillés. C'est, avec la B<sub>1</sub>, la vitamine hydrosoluble la plus fragile : elle est sensible à l'oxydation et à la chaleur. Le flétrissement des légumes, la pasteurisation du lait, une ébullition ou une cuisson trop longue, de multiples réchauffements l'éliminent : une étude en cours dans une maison de retraite, à Paris, montre que les personnes âgées ont des teneurs plasmatiques de 1 mg/l, soit inférieures à 10% des valeurs normales qui sont

(1) Elles sont de deux types. **Les études prospectives** font appel à des personnes en bonne santé au départ et surveillent leur évolution, qu'ils mettent en parallèle avec le paramètre étudié. **Les études rétrospectives**, ou "cas témoins" sélectionnent un groupe de malades et un autre de bien portants, et comparent leur passé en regard du paramètre étudié.

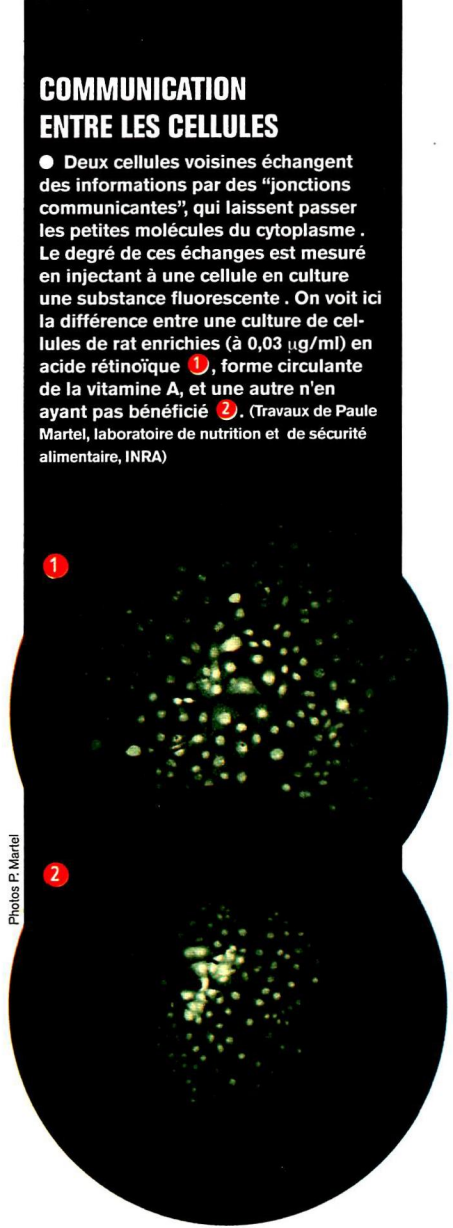
(2) *Journal of the National Cancer Institute*, 15 sept. 1993, p. 1483.



## COMMUNICATION ENTRE LES CELLULES

● Deux cellules voisines échangent des informations par des "jonctions communicantes", qui laissent passer les petites molécules du cytoplasme. Le degré de ces échanges est mesuré en injectant à une cellule en culture une substance fluorescente. On voit ici la différence entre une culture de cellules de rat enrichies (à 0,03 µg/ml) en acide rétinéique ①, forme circulante de la vitamine A, et une autre n'en ayant pas bénéficié ②. (Travaux de Paule Martel, laboratoire de nutrition et de sécurité alimentaire, INRA)

Photos P. Martel



dose et son indication à doses pharmacologiques (de 50 à 100 fois l'ANC) spécifique ; la leucémie aiguë promyélocytaire, qui correspond à un chromosome cassé à l'endroit du récepteur de l'acide rétinéique. Pour traiter l'acné, on utilise des analogues structuraux de l'acide rétinéique.

**L'excès de vitamine D est aussi toxique.** A sa première exposition au soleil, une peau blanche synthétise de 10 à 20 fois les besoins quotidiens, permettant au foie de stocker des réserves pour plus d'un mois. Si une source exogène de vitamine D est indispensable pour les nourrissons emmaillottés et enfermés ou les gens ne sortant jamais, elle ne constitue, à la latitude de Paris, que de 30 à 50% seulement des besoins (plus pour les gens à peau pigmentée ou ridée).

La forme active de la vitamine D est en fait une hormone qui naît dans le rein, après passage par le foie, et règle notre équilibre en phos-

phore et calcium. Un excès (quelques ampoules de 15 mg à quelques jours d'intervalle, ou 0,1 mg – 10 fois l'ANC – pendant plusieurs semaines) entraîne des crampes, une déshydratation, une hypercalciurie (calculs), voire une hypercalcémie.

En prise unique pour remplacer un apport quotidien (bébés, femme enceinte, personne âgée...), on délaisse les ampoules de 15 mg, qui multiplient par cinq pendant de deux à trois mois le taux plasmatique normal, au profit des ampoules de 2,5 mg (100 fois l'ANC).

Seuls des analogues structuraux, sans effets secondaires, permettent de lutter contre une maladie de peau, le psoriasis.

**L'excès des autres vitamines est plus anodin.** Certains évoquent, cependant, une dépendance pour la vitamine C qui se traduit par des anomalies comportementales lorsque l'on cesse brusquement une supplémentation à dose élevée (10 g par jour).

de 10 à 16 mg/l (8). Le maximum se retrouve chez les Américains, gros consommateurs de compléments alimentaires (photo p. 91).

La vitamine C renforce-t-elle l'immunité ? Oui, clame Linus Pauling, dont le témoignage est écouté en vertu de son grand âge (97 ans et un cancer de la prostate qui a failli l'emporter) et de sa qualité de prix Nobel ; il milite en faveur d'une absorption de 1 à 4 g par jour pour la prévention du rhume, de 4 à 10 g pour son traitement. Mais Jean-Claude Guillaud, co-auteur d'un livre de référence sur les vitamines, reste sceptique (9) : aucune étude épidémiologique ne confirme cette thèse. *A contrario*, un apport quotidien de 10 mg par jour suffit à prévenir l'apparition du scorbut (carence qui a donné son nom à l'acide ascorbique) ; 45 mg saturent les réserves corporelles, et l'apport nutritionnel conseillé varie de 30 mg par jour (au Canada, en Australie) à 100 mg par jour (en France). Il n'empêche que médecins et scientifiques américains revendiquent un apport quotidien de 200 à

250 mg, soit 4 fois les apports recommandés officiels.

Le stress, le tabac, le sport, la pollution, sources de radicaux libres, augmentent les besoins en vitamine C, qui les neutralise. Cette vitamine facilite aussi l'assimilation du fer d'origine végétale, accélère la mobilité des globules blancs, favorise la synthèse du collagène, donc la cicatrisation, est bonne pour l'œil... Une étude rétrospective américaine a fait apparaître qu'une supplémentation de 300 à 700 mg/jour a diminué les risques d'apparition de cataracte de plus de 2 fois.

Puisque les vitamines sont les gardiens d'une santé optimale, pourquoi ne pas consommer préventivement quelques pilules ? Cela remonterait le niveau des nombreuses personnes qui sont en deçà des apports recommandés, en particulier pour les vitamines ▶

(3) INSERM : Institut national de la santé et de la recherche médicale. ISTNA : Institut scientifique et technique de la nutrition et de l'alimentation (Conservatoire national des arts et métiers, Paris).

(4) Désignée sous l'acronyme MONICA (*Multinational Monitoring of Trends and Determinants of Cardiovascular Diseases*).

(5) *The New England Journal of Medicine*, 20 mai 1993, p. 1444-1456.

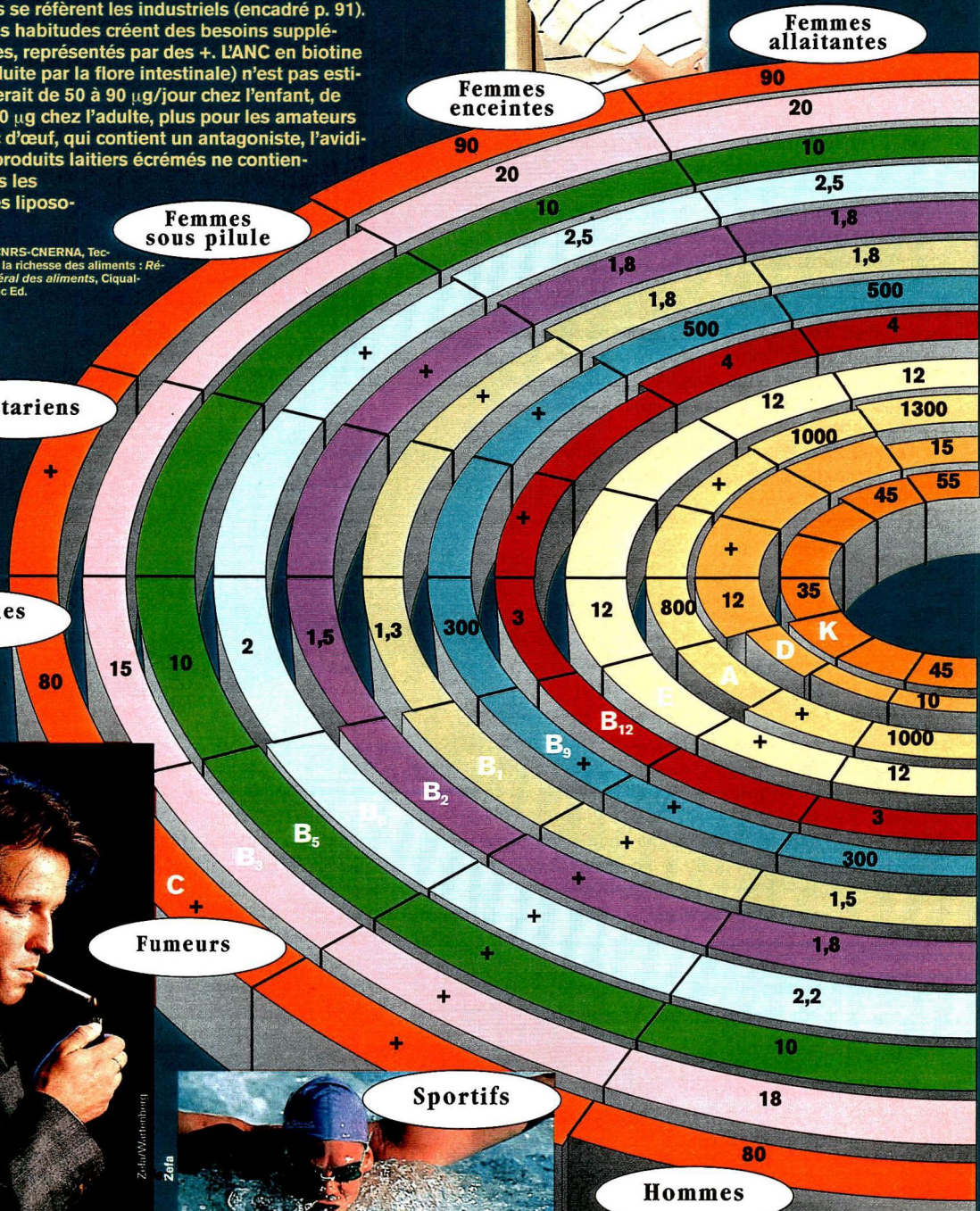
# VITAMINES : CIBLEZ VOS BESOINS

● Pour les vitamines, comme pour le sommeil, nous n'avons pas tous les mêmes besoins. Les valeurs inscrites sur le tableau ci-contre sont les apports nutritionnels conseillés (ANC) par jour choisis par un groupe d'experts en relation avec les habitudes alimentaires des Français (\*). Ils couvrent les besoins de 97,5% des bien-portants de la classe considérée. Ces ANC sont de l'ordre de dix fois les besoins "physiologiques" en deçà desquels apparaissent des signes de carence. Mais attention, ils sont aussi de deux à trois fois supérieurs aux ANC auxquels se réfèrent les industriels (encadré p. 91). Certaines habitudes créent des besoins supplémentaires, représentés par des +. L'ANC en biotine (B<sub>8</sub>, produite par la flore intestinale) n'est pas estimé ; il serait de 50 à 90 µg/jour chez l'enfant, de 100 à 300 µg chez l'adulte, plus pour les amateurs de blanc d'œuf, qui contient un antagoniste, l'avidine. Les produits laitiers écrémés ne contiennent plus les vitamines liposolubles.

(\*) Rapport CNRS-CNERNA, Tec-Doc Ed. Pour la richesse des aliments : Répertoire général des aliments, Ciqual-INRA, Tec-Doc Ed.



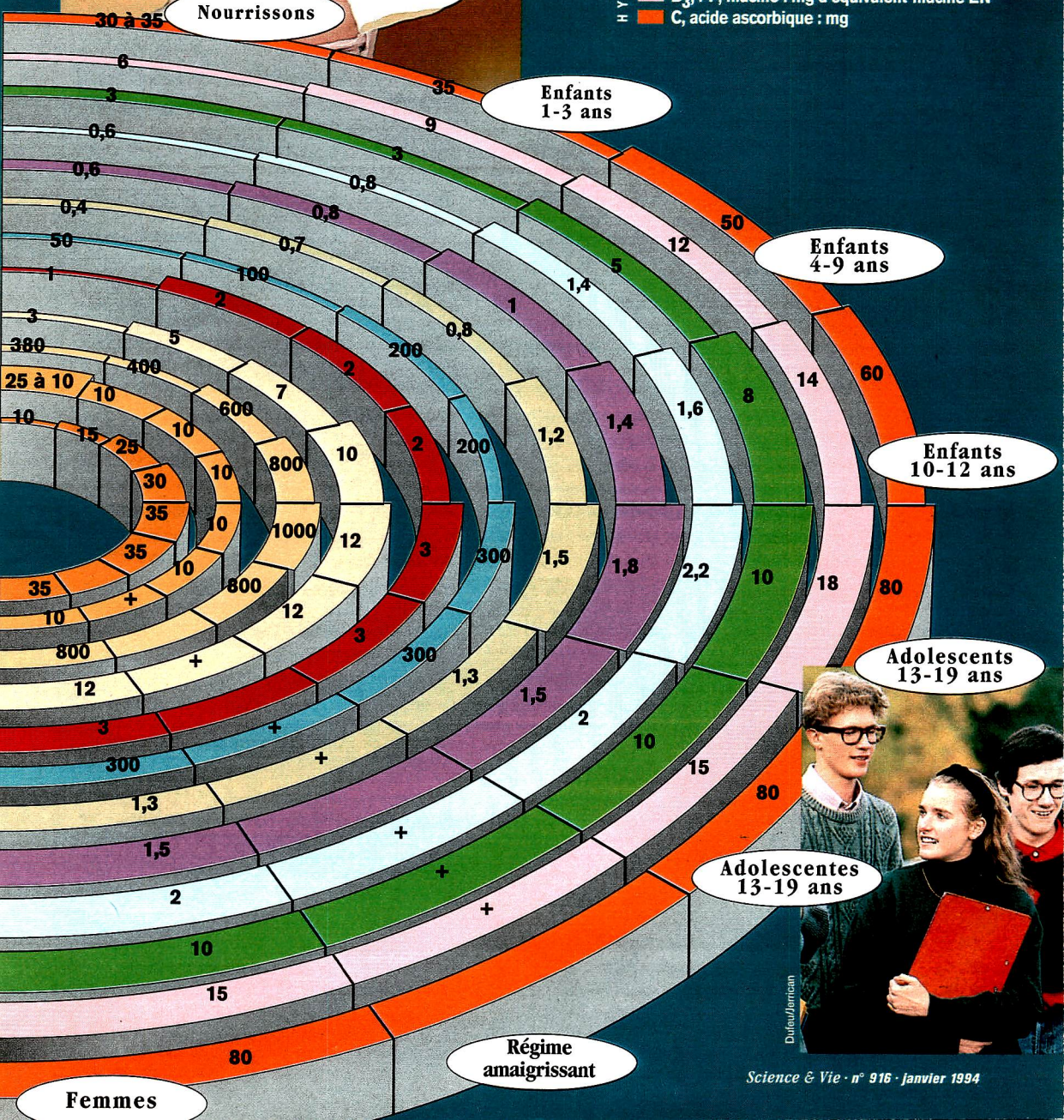
F. Chauron/Jourican



Zéna/Westmag

## Vos besoins quotidiens exprimés en :

- LIPOSOLUBLES**
- K, phyloquinone :  $\mu\text{g}$
  - D, calciférol :  $\mu\text{g}$
  - A, rétinoïl :  $\mu\text{g}$  d'équivalent-rétinoïl ER
  - E,  $\alpha$ -tocophérol : mg
- HYDROSOLUBLES**
- B<sub>12</sub>, cobalamine :  $\mu\text{g}$  de cyanocobalamine
  - B<sub>9</sub>, acide folique ou folate :  $\mu\text{g}$
  - B<sub>1</sub>, thiamine : mg de chlorhydrate de thiamine
  - B<sub>2</sub>, riboflavine : mg
  - B<sub>6</sub>, pyridoxine : mg
  - B<sub>5</sub>, acide pantothénique : mg
  - B<sub>3</sub>, PP, niacine : mg d'équivalent-niacine EN
  - C, acide ascorbique : mg



# LES 13 VITAMINES : CE QU'IL FAUT MANGER ET POURQUOI

## NOM/ALIMENTS RICHES

## CARENCES

## RÔLES

### A Voir la nuit

**A = Rétinol**  
Huile de foie de morue, foie, beurre, jaune d'œuf, thon, camembert...

Xérophtalmie (atteinte de la cornée)  
kératinisation des muqueuses, infections

Favorise la différenciation cellulaire, la croissance, le renouvellement épithélial, la production sébacée, l'immunité, la vision, notamment au crépuscule car fait partie du récepteur rétinien de la lumière de faible intensité.

### $\beta$ -carotène Un teint de pêche

**Bêta-carotène**  
Carotte, tomate, persil fenouil, épinards, chou vert, potiron, melon, abricot...



Précurseur de la vitamine A, anti-oxydant, capte les électrons célibataires des radicaux libres, associé à un moindre risque de cancer du poumon

### B<sub>1</sub> B<sub>2</sub> B<sub>3</sub> Vive le sport

**B<sub>1</sub> = Thiamine**  
Levure diététique, germes de blé, levure de boulanger côtelette de porc, jambon, flocons d'avoine...

Béri-béri (atteintes cérébrales nerveuses, musculaires)

Permet la production d'énergie par l'utilisation des glucides, de l'alcool ; la transmission de l'influx nerveux, participe au métabolisme de base

**B<sub>2</sub> = Riboflavine**  
Levures, foie, germe de blé, lait entier en poudre, camembert...

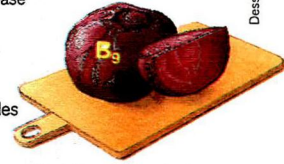
Lésions de la peau, de la langue, séborrhée, conjonctivite

Participe au métabolisme des sucres, des protéines, du fer, des vitamines B<sub>1</sub>, PP, A

**B<sub>3</sub> = Niacine, ou PP**  
(prévention de la pellagre)  
Levures, foie, cacahuètes, thon sardine, riz complet, café torréfié

Pellagre (peau oedémateuse, pigmentée, glossite, diarrhée, troubles neuro-psychiques)

Participe au métabolisme de base. L'acide aminé tryptophane (lait, œufs) en est un précurseur à condition que les vitamines B<sub>2</sub> et B<sub>6</sub> soient présentes. A haute dose, effet hypolipémiant et vasodilatateur



### B<sub>5</sub> B<sub>8</sub> De beaux cheveux

**B<sub>5</sub> = Acide pantothénique**  
Abats, cervelle, lait entier en poudre, riz complet, jaune d'œuf, fèves

Sécrétion par la flore intestinale, donc pas de carence

Constitue la coenzyme A, clef du métabolisme de base. Favorise le renouvellement de la peau, des muqueuses, la croissance des cheveux, la formation des globules rouges

**B<sub>8</sub> = H, ou biotine**  
Foie, champignons, levure, jaune d'œuf, germe de blé, huître, avocat

Coenzyme du métabolisme des glucides et des lipides ; antiséborrhéique, la séborrhée accélérant la chute (naturelle) des cheveux. (H = *haut*, peau en allemand)

### B<sub>6</sub> Des nerfs solides

**B<sub>6</sub> = Pyridoxine**  
Germe de blé, levures, sardine, foie de veau, riz complet, lentilles

"Syndrome prémenstruel" (irritabilité, nausées), *hypothèse émergente*

Protection des cellules nerveuses, absorption et métabolisme des protéines et des glucides, utilisation des lipides ; formation des globules rouges

### B<sub>9</sub> B<sub>12</sub> Contre l'anémie

**B<sub>9</sub> = Acide folique ou folates**  
Levure, jaune d'œuf, foie, fenouil betterave, chou, épinards, endive pain complet, haricot rouge

Anémie, spina bifida (non fermeture du tube neural de l'embryon), irritabilité

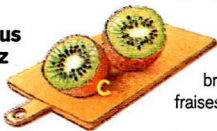
Intervient dans la synthèse des acides nucléiques, donc indispensable aux cellules en division active : peau, moelle osseuse (globules rouges, globules blancs), besoins accrus pour la femme enceinte

**B<sub>12</sub> = Cyanocobalamine**  
(synthèse bactérienne uniquement)  
Aliments d'origine animale : abats huître, fromages fermentés

Anémie pernicieuse (la protéine du suc gastrique nécessaire à son absorption intestinale n'est pas sécrétée).

Participe à la synthèse de la gaine des fibres nerveuses ; formation des globules rouges ; synthèse des protéines ; agit en synergie avec l'acide folique

### C Si vous fumez



**C = Acide ascorbique**  
Orange, citron, goyave, cassis, radis noir, chou, brocoli, fenouil, kiwi, fraises, pomme de terre

Scorbut (hémorragies des muqueuses, des gencives, fatigue, anémies)

Synthèse du collagène (peau, hypoderme, os, dents, ciment intercellulaire), donc croissance, cicatrisation ; synthèse de la carnitine, donc production d'énergie cellulaire à partir des lipides ; meilleure absorption du fer d'origine végétale ; anti-oxydant ; antibactérien

### D Un bon squelette

**D = Calciférol**  
Végétal (D<sub>2</sub>) : morille, cèpe, girofle. Animal (D<sub>3</sub>) : huile de foie de morue saumon, anguille, sardine, thon... La peau (peu pigmentée) exposée au soleil en fabrique

Rachitisme (os mous, hypocalcémie, insuffisance rénale)

La forme active (calcitriol) est une hormone qui régule les échanges phospho-calciques, indispensable à la croissance la minéralisation des os ; stimule la différenciation cellulaire (probable effet anti-tumoral) et l'immunité.

### E L'âge de vos artères

**E = Alpha-tocophérol**  
Huile de germe de blé, de tournesol de maïs, de palme, margarine chou vert, épinards



Protège les membranes cellulaires et les vaisseaux de l'oxydation des acides gras polyinsaturés ; émoulliente, anti-coagulante, stimule l'immunité

### K Anti-hémorragique

**K = (Phyllo)quinone**  
Choucroute, chou (rouge, Bruxelles) chou-fleur, épinards, laitue...

Carence rare, car il existe une (ména)quinone synthétisée par la flore intestinale

Nécessaire à la synthèse des facteurs de coagulation du sang. On en prescrit aux nouveaux-nés en attendant l'installation de leur flore intestinale. Le lait de la mère en est pauvre.

## SACHEZ LIRE UNE ÉTIQUETTE

En dehors des sources naturelles, l'offre de vitamines sur le marché emprunte plusieurs langages. Sachez les décoder : ce n'est pas par l'alimentation que vous pouvez, en France, vous "shooter" aux vitamines :

**"Contient naturellement des vitamines"** : 100 kilocalories (kcal) de l'aliment couvrent de 5 à 15% de l'apport nutritionnel conseillé (ANC) par jour.

**"Naturellement riche en vitamines"** : 100 kcal de l'aliment couvrent plus de 15% de l'ANC quotidien.

**"A teneur garantie en vitamines"** : produits (laits, potages, purées, sirops, etc.) auxquels on a ajouté des vitamines dans le seul dessein de compenser les pertes subies au cours de la fabrication ou de l'entreposage. C'est le gros bataillon des produits industriellement vitaminés vendus en France. Ne peuvent être "restaurés" que les produits contenant initialement 5% ou plus des ANC quotidiens par 100 kcal.

**"Riche en..." ou "enrichi en..."** : produits (céréales du petit déjeuner, poudres chocolatées, produits de régime ou "de l'effort") auxquels on a ajouté des vitamines, entre 15 et 40% de

l'ANC quotidien par 100 kcal (en Belgique ou en Allemagne, le niveau d'enrichissement peut aller jusqu'à 300% de l'ANC).

Ces définitions de la CEDAP (Commission d'étude des aliments destinés à une alimentation particulière) tiennent lieu de

teneur en vitamines que si 100 g ou 100 ml (et non 100 kcal) apportent plus de 15% des ANC par jour. Nombre de nos produits restaurés devraient ainsi passer à la trappe !

**Attention aux ANC mentionnés sur les étiquettes.** Ils sont infé-

Verra-t-on fleurir, en France, des "kiosques à vitamines" comme aux États-Unis ?



réglementation provisoire en France, où seule l'incorporation de vitamine D aux laits et aux préparations pour nourrissons est régie par une loi (février 92). Mais elles ne coïncident pas avec la réglementation européenne sur l'étiquetage qui souligne : «Les denrées alimentaires ne peuvent afficher une

réglementation provisoire en France, où seule l'incorporation de vitamine D aux laits et aux préparations pour nourrissons est régie par une loi (février 92). Mais elles ne coïncident pas avec la réglementation européenne sur l'étiquetage qui souligne : «Les denrées alimentaires ne peuvent afficher une

adulte, et non plus de 97,5% comme avant. Ces "apports moyens" sont de deux à trois fois plus faibles que les ANC (500 µg pour la vitamine A, 1 µg pour la B<sub>12</sub>, 30 mg pour la C). Il est dès lors plus facile pour les industriels d'alléguer une richesse en vitamines de leurs produits.

**Les compléments alimentaires** sont les multiples pilules ou gélules vendues soit en pharmacie, soit en magasin diététique, soit, depuis quatre ans, en supermarché. En pharmacie, les compléments couverts par une autorisation de mise sur le marché (AMM) sont placés dans le secteur du médicament. Pour tous les autres, en pharmacie ou non, seuls les services de la répression des fraudes effectuent des contrôles. Ils ont suspendu la vente de "smart drinks", boissons hypervitaminées servies en discothèque, de pilules surdosées en vitamine A, ou contenant de la vitamine D, des substances qualifiées abusivement de vitamines, ou alléguant de faux bénéfices pour la santé.

**Attention aux anciennes unités.** Vitamine A : 1 UI = 0,3 ER ; vitamine D : 1 UI = 0,025 µg ; vitamine E : 1 UI = 0,67 α-tocophérol.

*suite de la page 87*

(6) *British Medical Journal*, 6 févr. 1993.

(7) Peter Reed, *Vitamine C et cancer gastrique*, Centre d'étude et d'information sur les vitamines, Produits Roche.

(8) Inès Bir-louez, Institut national agronomique, à paraître.

(9) *Les Vitamines*, J.-C. Guillaud, B. Lequeu, EMinter Ed.

(10) *Vitamine E, tocophérols et apparentés*, Claude Léger Polytechnica éd.

B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, C, E ; cela compenserait notre alimentation appauvrie par la technologie ou nos habitudes (pain et riz "blancs", "calories vides", cuisson à grande eau). D'autant plus qu'on ne peut pas consommer à l'infini certaines sources alimentaires comme les huiles. Claude Léger, spécialiste de la vitamine E, reconnaît qu'il est tentant de se supplémenter, au moins pour cette vitamine, qui promet tant...

Reste qu'«il n'y a aucun bénéfice à consommer des vitamines en quantités supérieures aux apports conseillés, même en proportions équilibrées», souligne le Cnera (Centre national de coordination des études et recherches sur la nutrition et l'alimentation) dans son rapport de 1992. Les doses pharmacologiques «s'appliquent à des états cliniques reconnus... où la décision et la surveillance médicales s'imposent». Elles concernent souvent les vitamines les moins anodines A et D (voir encadré p. 105).

Pour les autres, une supplémentation à gogo risque surtout d'entraîner un gaspillage économique et...

métabolique. Ainsi le taux de vitamine C dans le sang atteint un plafond de 16 mg par litre pour toute consommation supérieure à 500 mg par jour. L'excès est éliminé dans l'urine ; celui de β-carotène dans les fèces. La vitamine E des pilules est un mélange de stéréoisomères (d- et l-α-tocophérol) et il faut en apporter 1,49 unité pour avoir une unité de la forme utile naturelle, le d-α-tocophérol...

En fait, le plus gros tort des compléments vitaminés est leur faux air d'automédication. Ne vont-ils pas dispenser un fumeur d'arrêter de fumer, une personne trop grosse de faire un régime ou du sport, un surmené de mener une vie plus calme ? Beaucoup de vitamines se fondent dans le métabolisme général et il est difficile d'en connaître les interrelations.

Deux grandes vogues, dans les années trente, puis soixante, avaient milité en faveur des vitamines. Des excès et les extrapolations abusives y avaient mis fin. La troisième sera-t-elle la bonne ?

# Bateaux momifiés

**Aux mains des spécialistes de ARC-Nucléart, des épaves de bateaux vieilles de plusieurs siècles sont armées pour défier le temps... et nous raconter leur histoire.**

PAR MARC MENNESSIER

**C**omme tout vestige archéologique, les objets en bois mis au jour lors des fouilles sont riches en révélations sur leur époque. En particulier les épaves de bateaux, que l'on découvre posées au fond des mers, des lacs et des cours d'eau ou enfouies dans les sédiments. Elles nous apportent quantité d'informations sur les techniques de construction navale, sur la navigation, sur la pêche, sur le commerce, etc.

Mais, sorties de l'eau, ces épaves se dessèchent et risquent de finir rapidement en poussière, emportant à tout jamais leurs secrets. On sait, fort heureusement, bloquer ces processus de dégradation. Et c'est une grande chance, car les découvertes archéologiques en milieu aquatique se multiplient en France et en Europe.

Une des plus importantes s'est produite en juillet dernier, lors des fouilles entreprises sous la place Jules Verne à Marseille, près du Vieux-Port. Sous la direction d'Antoinette Hesnard, archéologue du CNRS basée à l'université d'Aix-Marseille, et de Michel Pasqualini, du service régional d'archéologie (SRA) de Provence-Alpes-Côte d'Azur, ces fouilles ont permis d'exhumer un trésor d'une valeur scientifique inestimable : l'épave d'un bateau grec datant de la fondation de la ville par les Phocéens, au VI<sup>e</sup> siècle avant J.-C. Retrouvée dans un état de conservation exceptionnel, cette pièce de 14 m de long pour 4 m de large devrait en dire long sur l'histoire de la naissance de Marseille. Mais ce n'est pas tout : des membrures de navires inache-



DR

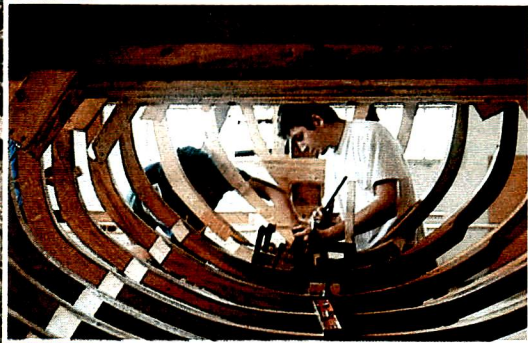


vées et des billes de bois en cours de débitage datant du IV<sup>e</sup> siècle avant J.-C. suggèrent qu'il y avait là un chantier naval. Les fouilles qui vont être menées sur l'emplacement du futur musée consacré au sculpteur César, à proximité de la place Jules Verne, devraient permettre de vérifier cette hypothèse.

Ajoutons à cette fabuleuse moisson trois épaves romaines des I<sup>er</sup> et II<sup>e</sup> siècles de notre ère. Ces navires à l'architecture très particulière devaient servir au dragage du port, comme l'indique l'ouverture rectangulaire aménagée dans la partie centrale de leur coque.

Beaucoup plus anciennes, des pirogues en bois du Néolithique ont été découvertes en plein Paris, au cours des étés 1991 et 1992, lors de la démolition des vieux entrepôts de Bercy. Au nombre de dix, ces embarcations monoxyles (c'est-à-dire fabriquées avec le bois d'un seul arbre) reposaient dans une gangue de sédiments argileux en bordure de l'ancien lit de la Seine.

Enfin, en juillet 1990, à Bouliac, petite ville située sur la Garonne, dans la banlieue est de Bordeaux, deux épaves de bateaux bien plus récentes que les précédentes, puisqu'elles ont été construites au XVII<sup>e</sup> siècle, étaient mises au jour au bord du fleuve ▶



## POIDS-LOURDS DU PASSÉ

Un peu comme nos camions aujourd'hui, les bateaux fluviaux assuraient jadis l'essentiel du transport des marchandises. Cette épave du XVII<sup>e</sup> siècle (ci-contre), retrouvée près de Bordeaux sous une ancienne berge de la Garonne, faisait la navette entre la côte et la périphérie du Massif central. Une fois exhumées, ces embarcations, témoins de l'histoire navale de notre pays, bénéficient de techniques de conservation appropriées. Ou sont reconstruites (comme ci-dessus) pour vérifier nos connaissances des méthodes anciennes.

# COMMENT ON SAUVE LES BOIS GORGÉS D'EAU

## 1 Le procédé Nucléart

L'objet à conserver est d'abord plongé dans de l'acétone (a). En pénétrant dans le bois, ce solvant hydrosoluble chasse peu à peu l'eau avant d'être lui-même remplacé, après passage dans un autoclave, par une résine liquide, faite de polyesters et de styrènes (b), qui a la propriété d'être radio-durcissable.

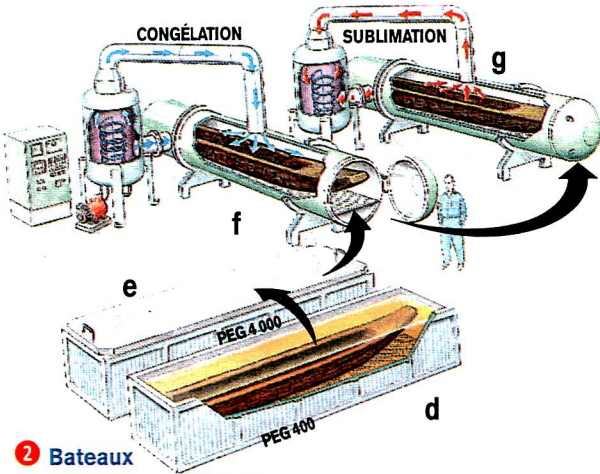
Une fois imprégné de cette résine, l'objet est placé dans une chambre d'irradiation (c), où il est exposé aux rayons gamma émis par une source radioactive de cobalt 60. En formant des radicaux libres (CH<sub>3</sub>-, -CH<sub>2</sub>-, etc.) chimiquement très actifs, les rayons permettent aux molécules de styrènes d'unir les longues chaînes de polyester les unes aux autres en constituant une sorte de filet. Ce phénomène, dit de réticulation,

provoque le durcissement de la résine et confère au bois une grande solidité.

## 2 Imprégnation-lyophilisation

Dans un premier temps, l'objet, ici une pirogue, est plongé dans un bain de polyéthylène glycol, ou PEG (d), résine polymère hydrosoluble de faible masse moléculaire (200 ou 400). Dotée d'un fort pouvoir de pénétration, la résine prend la place de l'eau tout en renforçant les parois cellulaires du bois. Au bout de quelques mois ou de quelques années (selon la taille et l'épaisseur), la pirogue est imprégnée de PEG de masse moléculaire plus importante (4 000) destiné, lui, à tapisser les vaisseaux du bois (e) pour éviter la destruction des cellules lors de la lyophilisation.

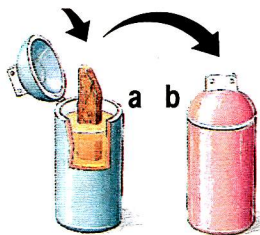
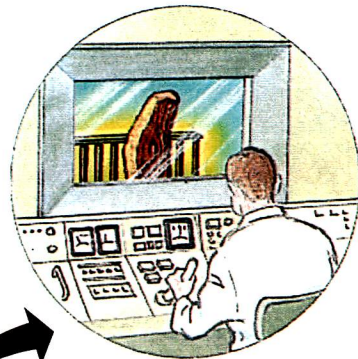
Cette dernière opération consiste à évacuer l'eau résiduelle en congelant l'ob-



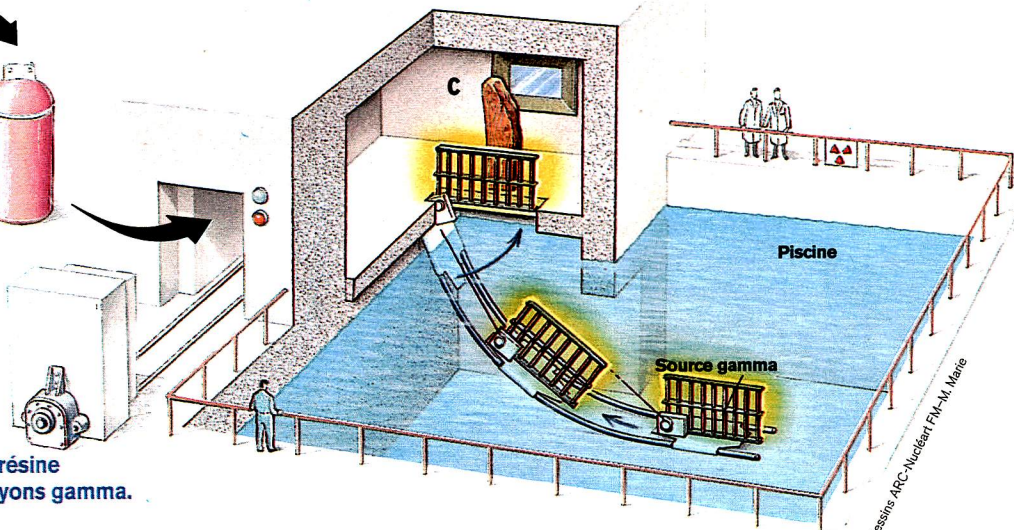
## 2 Bateaux moyens : l'eau sublimée.

jet à -60 °C (f), puis en le chauffant de façon à sublimer l'eau, c'est-à-dire à la faire passer directement de l'état solide à l'état gazeux (g).

Long de 5 m pour 1 m de diamètre, le lyophilisateur installé en 1989 dans les locaux d'ARC-Nucléart a été initialement conçu pour trai-

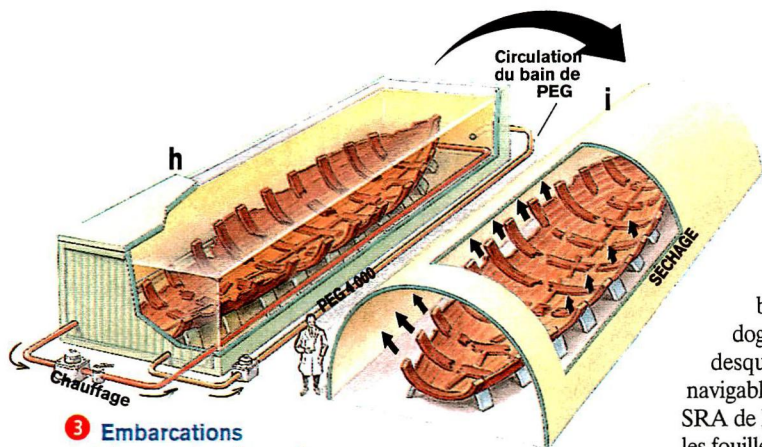


## 1 Petites pièces : imbibées de résine durcie aux rayons gamma.



Dessins ARC-Nucléart FM-M. Marie





**3 Embarcations de très grandes dimensions : jusqu'à plusieurs années de séchage.**

ter la pirogue du lac de Paladru (Isère), superbe embarcation monoxyle de 4,17 m de long datant du XIV<sup>e</sup> siècle. C'était la première fois qu'une pièce de dimensions si importantes était restaurée selon cette méthode.

**3 Imprégnation-séchage contrôlé**

Si grand soit-il, le caisson du lyophilisateur de Grenoble est tout de même limité en volume. Pour traiter certaines épaves de très grande taille les spécialistes d'ARC-Nucléart se contentent d'imprégner le bois de PEG 4 000 jusqu'à saturation. Pour cela,

l'objet est immergé dans une grande piscine (h) remplie d'une solution de PEG 4 000 chauffée à 60 °C pour fluidifier la résine et faciliter sa pénétration dans le bois. L'opération dure jusqu'à ce que de 95 à 98 % de l'eau présente au départ soit évacuée. Ce qui prend, selon la taille des pièces, entre plusieurs mois et plusieurs années.

En fin de traitement, l'objet est retiré du bain et le reliquat d'eau est éliminé par séchage contrôlé à l'intérieur d'une enceinte climatisée (i). Là, lorsque l'épave revient à la température ambiante, le PEG 4 000 retrouve son état solide initial.

*suite de la page 93*

ve lors de la construction d'un pont. La première était une embarcation fluviale à fond plat de 14,90 m de long pour 3,30 m de large. L'étude des pollens contenus dans les mousses de calfatage indique que ce bateau a été construit dans la vallée supérieure de la Dordogne ou du Lot. Jusqu'à l'avènement du chemin de fer, au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, les cours d'eau étaient en effet le principal moyen de transport des marchandises, loin devant le réseau routier, infiniment moins dense qu'aujourd'hui et impraticable une bonne partie de l'année.

Maniables et relativement légers, les bateaux comme celui retrouvé à Bouliac acheminaient en une quinzaine de jours, en descendant vers l'estuaire, du bois, du charbon, des vins mais aussi des hommes qui allaient se louer pour une saison comme membres d'équipage sur les navires de

pêche en partance pour Terre-Neuve et ses fameux bancs de morues. Ces matelots d'eau douce avaient donc aussi le pied marin ! «Lors de la remontée, le bateau, chargé de produits manufacturés introuvables dans le haut pays, était halé à bras d'homme jusqu'à Souillac, sur la Dordogne, ou Enraygues sur le Lot, villes au-delà desquelles ces deux cours d'eau n'étaient plus navigables», indique Bruno Bizot, archéologue au SRA de Provence-Alpes-Côte d'Azur, qui a dirigé les fouilles avec Eric Rieth, chercheur au CNRS et au musée de la Marine à Paris. D'après les résultats de la datation dendrochronologique – technique qui consiste à dater un bois fossile en étudiant ses cernes de croissance (voir encadré p. 96) – l'épave fluviale de Bouliac aurait été construite avec des arbres abattus dans les années 1660-1670.

Un peu plus ancienne (début du XVII<sup>e</sup> siècle) et de taille plus modeste (5,12 m de long) que la précédente, la deuxième épave était adaptée à la navigation maritime et estuarienne, dans la Gironde et le long des côtes toutes proches. Baptisée le *Bateau sans nom*, cette embarcation était propulsée à la rame, mais aussi à la voile comme en témoigne l'emplanture du mât disposée sur le fond de la coque. Ce type de bateau était relativement courant jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, mais c'est la première fois que l'on retrouve un spécimen de cette époque.

**Trop altéré pour être restauré, le Bateau sans nom a été laissé en place**

une fois les fouilles terminées. Mais une réplique grandeur nature (voir photo p. 96, en bas à droite) vient d'être réalisée en utilisant les méthodes de charpenterie de marine traditionnelles, sous l'égide du SRA d'Aquitaine et de l'association Armédis. Mise à l'eau le 9 octobre dernier, cette réplique permettra, selon Anne Debaumarché, archéologue à Armédis, «de redécouvrir les méthodes de construction navale et de navigation utilisées par nos ancêtres pratiquement jusqu'au début de ce siècle. Nous vivons actuellement une période de rupture technologique de grande ampleur. Si nous ne voulons pas perdre les fils, il est urgent de conserver non seulement les objets mais aussi les savoirs du passé avant qu'ils ne disparaissent entièrement».

La richesse de l'archéologie subaquatique, dont nous n'avons mentionné ici que trois des principaux sites parmi les plus récents, s'explique aisément : les pièces en bois (bateaux, pieux d'appontement, charpentes, manches d'outils, etc.) ou en cuir (chaussures, tablettes à écrire) se conservent mieux dans les sédiments humides et anaérobies que dans les terrains secs et aérés, où elles sont ra-

## LIRE LES CERNES DU TEMPS

Les arbres sont comme les hommes : ils prennent des rides en vieillissant. Sous nos latitudes, ils ont même le bon goût d'en prendre une nouvelle à chaque printemps ! Si bien que l'on peut, en comptant et en mesurant ces raies concentriques, ou cernes de croissance, dater à l'année près des échantillons de bois fossiles (charpentes, épaves de bateaux, outils, etc.) vieux de plusieurs millénaires !

En effet, l'épaisseur de chaque cerne de croissance (de 0,1 à 5 millimètres) est directement liée aux conditions climatiques de l'année. Une pluviométrie abondante donne un cerne large. En revanche, si l'année est sèche, la croissance de l'arbre est perturbée par le stress hydrique et le cerne correspondant est plus mince.

La succession de ces mesures donne ce que l'on appelle un profil dendrochronologique. La datation se fait en comparant le profil de l'échantillon à des séquences de référence, ou étalons, dont la chronologie est déjà établie. Ces étalons s'élaborent, au départ, à partir d'indices ar-

chéologiques (certains bois fossiles sont retrouvés sur des sites bien répertoriés) et s'enrichissent au fur et à mesure que l'on réussit à dater de nouveaux échantillons. Une pièce de bois est datable si elle compte au minimum 80 cernes, seuil en deçà duquel il est impossible d'établir des corrélations fiables.

Les Allemands, qui se sont lancés dans la dendrochronologie dès la fin de la Deuxième Guerre mondiale, disposent maintenant, pour le chêne (1), d'une chronologie continue sur plus de 9 000 ans, soit de 7 300 ans avant J.-C. à nos jours !

**En France, cette discipline ne s'est vraiment lancée qu'en 1981** sous la houlette de Georges Lambert, chargé de recherche du CNRS au sein du laboratoire de chrono-écologie de l'université de Besançon. Si bien qu'on ne dispose encore, toujours pour le chêne, que de quatre référentiels qui ne couvrent que la moitié nord du pays. «L'idéal serait de quadriller tout le territoire national en se dotant d'un référentiel pour chaque grande région», explique ce chercheur.

De ce point de vue, les nombreux échantillons de bois fossiles retrouvés lors de la fouille de la place Jules Verne, à Marseille (voir article), devraient permettre d'élaborer une courbe dendrochronologique pour la Méditerranée occidentale qui remontera jus-



qu'au VI<sup>e</sup> siècle avant J.-C. Mais à cette discontinuité spatiale se superpose également une discontinuité temporelle. Pour des raisons encore inconnues, l'âge du fer et la période mérovingienne, par exemple, sont des époques pauvres en bois fossiles et pour lesquelles on ne dispose pour l'instant, en France, d'aucun référentiel.

(1) Cette essence concerne environ 70 % des échantillons de bois fossiles retrouvés.



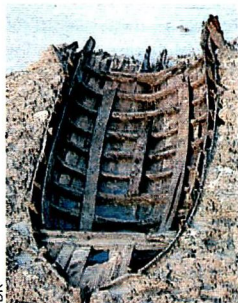
DR

### LE GRAND PALAIS PERD SES "BÉQUILLES"

L'eau conserve le bois. Qu'elle parte, c'est la catastrophe. Fermé depuis le 21 novembre, le Grand Palais, à Paris, menace... de s'effondrer. Les 3 500 pieux en chêne qui avaient été plantés dans le sol pour renforcer ses fondations sont en piteux état. Initialement, ces poteaux (dont on voit ici un exemplaire) étaient protégés par la nappe phréatique de la Seine, dans laquelle ils baignaient. Mais cette dernière ayant baissé d'environ 1,50 m, le bois s'est désagrégé, remettant en cause la stabilité de l'édifice.

### LA SECONDE NAISSANCE DU BATEAU SANS NOM

Lorsqu'une épave est trop altérée pour être conservée, il peut être intéressant d'en fabriquer une réplique comme ce fut le cas avec celle du *Bateau sans nom*, datée du XVII<sup>e</sup> siècle et retrouvée elle aussi à Bouliac, sur les bords de la Garonne. Ce travail d'archéologie "expérimentale" permet de redécouvrir les méthodes de construction navale et de navigation utilisées par nos ancêtres avant qu'elles ne sombrent dans l'oubli.



DR



DR

*suite de la page 95*

pidement dégradées par les micro-organismes (bactéries, champignons...). En clair, on retrouve sous l'eau des objets que l'on ne retrouve plus sous terre ! Ainsi, à Marseille, les archéologues ont récupéré, outre les épaves de navires, plus d'un millier de pièces en bois (vaisselle, éléments d'accastillage, outils de marine, etc.) en parfait état.

Mais, nous l'avons vu, la médaille a son revers. Une fois sortis du bain, après des centaines voire des milliers d'années d'immersion, ces bois gorgés d'eau courent un danger mortel : celui de se dessécher. En effet, l'eau, qui représente jusqu'à 70 % du volume de l'objet, provoque en s'évaporant des lésions irréversibles. Le bois se fissure, se craquèle et ne tarde pas à se désagréger.

Dès lors, comment conserver ces précieux objets qui ont traversé les siècles pour parvenir jusqu'à nous ? «En luttant contre les processus de dégradation naturelle, c'est-à-dire en remplaçant l'eau par des résines spéciales qui vont assurer la cohésion et la conservation de ces vieux bois», répond Michèle Giffault, conservateur à l'Atelier régional de conservation-Nucléart (ARC-Nucléart) de Grenoble. Cet établissement scientifique et culturel, qui dépend depuis 1989 de la Direction des musées de France, du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), de la région Rhône-Alpes, du conseil général de l'Isère et de la ville de Grenoble, a recours à trois méthodes.

La première consiste à imprégner la pièce que l'on veut conserver d'une résine spéciale qui a la propriété de se durcir après une exposition prolongée aux rayons gamma (voir encadré p. 94). Baptisé Nucléart, ce procédé confère au bois une solidité à toute épreuve. Pour cette raison, il est surtout réservé aux objets très dégradés nécessitant un traitement de choc. De plus, le rayonnement détruit les insectes et les micro-organismes prédateurs du bois. Ce qui améliore encore la qualité de la conservation. ARC-Nucléart procède d'ailleurs, indépendamment du traitement des bois gorgés d'eau, à la désinsectisation et à la stérilisation préventives ou curatives de pièces de musée ou d'ébénisterie menacées par les attaques parasitaires.

Les deux autres techniques de conservation utilisées par ARC-Nucléart consistent à lyophiliser ou à sécher progressivement les bois préalablement imprégnés de polyéthylène glycol (PEG), une résine polymère hydrosoluble dont la masse moléculaire varie entre 200 et 4 000 suivant la longueur de la molécule.

Le choix entre ces trois méthodes est fonction, nous l'avons dit, de l'état de dégradation de l'objet, mais aussi de sa taille. En effet, les dimensions de la chambre d'irradiation (4 x 4 x 2,60 m) ne permettent pas d'accueillir des pièces aussi volumi-

neuses que des épaves de bateaux. Pour cette raison, ces dernières sont traitées, le plus souvent, par imprégnation au PEG dans des cuves ou des piscines d'un volume suffisant. Le choix dépend également de l'essence botanique du bois ainsi que du devenir de l'objet (exposition, musée, etc.).

Sur les dix pirogues découvertes à Bercy, six sont en cours de restauration à Grenoble, dont une au moyen du procédé Nucléart. Il s'agit de la pirogue P3, malencontreusement sciée en deux lors de son extraction ! Résultat : sa longueur n'étant plus un obstacle, les deux morceaux peuvent, du coup, être introduits dans la chambre d'irradiation. Mais, surtout, le radiodurcissement les rendra suffisamment solides pour être ensuite réassemblés en redonnant à la pirogue sa forme d'origine.

#### **L'épave du bateau grec datant de la fondation de Marseille**

vient d'être expédiée, quant à elle, à Grenoble, où une piscine spéciale va être aménagée à son intention. Pour "imprégner" cette pièce de 14 m de long, Michèle Giffault prévoit d'utiliser la bagatelle de 70 tonnes de PEG 4 000 ! A 12 F le kilo (coût du recyclage du produit inclus), une telle quantité de résine représente une dépense de 840 000 F, sans compter les frais de chauffage de la solution (1), dont la température doit être maintenue à 60 °C pendant plusieurs années. Si l'on inclut l'aménagement de la piscine, l'opération devrait revenir à 2,5 millions de francs, auxquels il faut ajouter 1 million de francs pour le traitement de deux autres épaves grecque et romaine et de 500 petits objets en bois. Ce qui représente une facture totale de 3,5 millions de francs !

Dans le même ordre de grandeur, le coût de la restauration des pirogues de Bercy est estimé à 1,3 million de francs et celui de l'épave fluviale de Bouliac, entre 1,2 et 1,5 million de francs... Bien que «facturés au prix coûtant», comme le précise Michèle Giffault, ces travaux n'en représentent pas moins une charge financière très lourde pour les maîtres d'ouvrage, en l'occurrence les villes de Marseille, Paris et Bordeaux. Pour preuve, l'épave de Bouliac, toujours en attente de traitement, est conservée à Grenoble en chambre froide depuis deux ans... D'un autre côté, ces objets ont une valeur patrimoniale et scientifique inestimable. Et c'est seulement à ce prix qu'ils pourront être conservés et exposés à la curiosité des chercheurs et du grand public. Sauf imprévu, les pirogues de Bercy seront visibles, une fois restaurées, au musée Carnavalet, à Paris, les épaves grecques et romaines de Marseille éliront domicile au musée d'histoire de la ville, tandis que l'embarcation de Bouliac sera vraisemblablement exposée au musée d'Aquitaine, à Bordeaux. ■

(1) Du fait de son poids moléculaire élevé, le PEG 4 000 est solide à température ambiante, où il a l'aspect d'une paraffine. D'où la nécessité de le chauffer pour le rendre liquide.

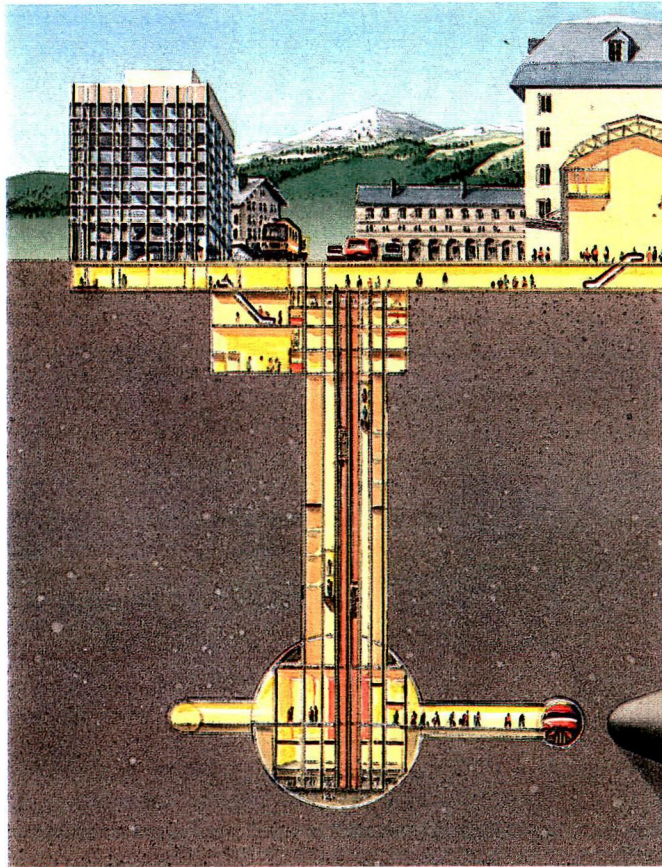
PAR PHILIPPE RICHARD

**D**epuis 1950, le trafic passager a été multiplié par trois en Suisse. Plus de 80 % de ces déplacements se font aujourd'hui par la route et non plus par le rail, comme c'était le cas il y a trente ans. La croissance du trafic se poursuit, mais le réseau routier est maintenant saturé et ses possibilités d'extension sont limitées. De plus, la pollution et les embouteillages engendrés par la circulation automobile coûtent très cher à une Confédération helvétique touchée par la crise économique.

Alors, développer le transport ferroviaire ? Aujourd'hui, il n'est plus possible de construire de nouvelles voies de communication en surface et à grande échelle en Suisse, affirment différents experts. Quatre raisons sont avancées : un taux d'urbanisation élevé, un relief défavorable, des mesures de plus en plus sévères en faveur de l'environnement et, enfin, des difficultés croissantes d'expropriation.

«Le Swissmetro permettrait de s'affranchir complètement de ces contraintes», estime Francis-Luc Perret, professeur d'économie à l'institut des transports et planification de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Imaginé en 1974 par Rodolphe Nieth (1), ce projet semble extrait d'un roman de science-fiction. Ce super-métro automatique relierait les principales villes en filant jusqu'à 500 km/h dans un réseau de tunnels souterrains. La Suisse deviendrait alors une grande métropole longue de 300 km. Les principaux centre-villes, distants de 40 à 80 km, seraient des stations de métro. Genève ne serait plus qu'à vingt-sept minutes de Berne et Bâle à douze minutes de Lucerne. Douze minutes sera d'ailleurs la durée standard du trajet entre deux stations (2) ; pour la maintenir, la vitesse variera entre 400 et 500 km/h. Résultat, tous les chefs-lieux cantonaux pourraient être reliés entre eux en moins de quatre-vingt-dix minutes.

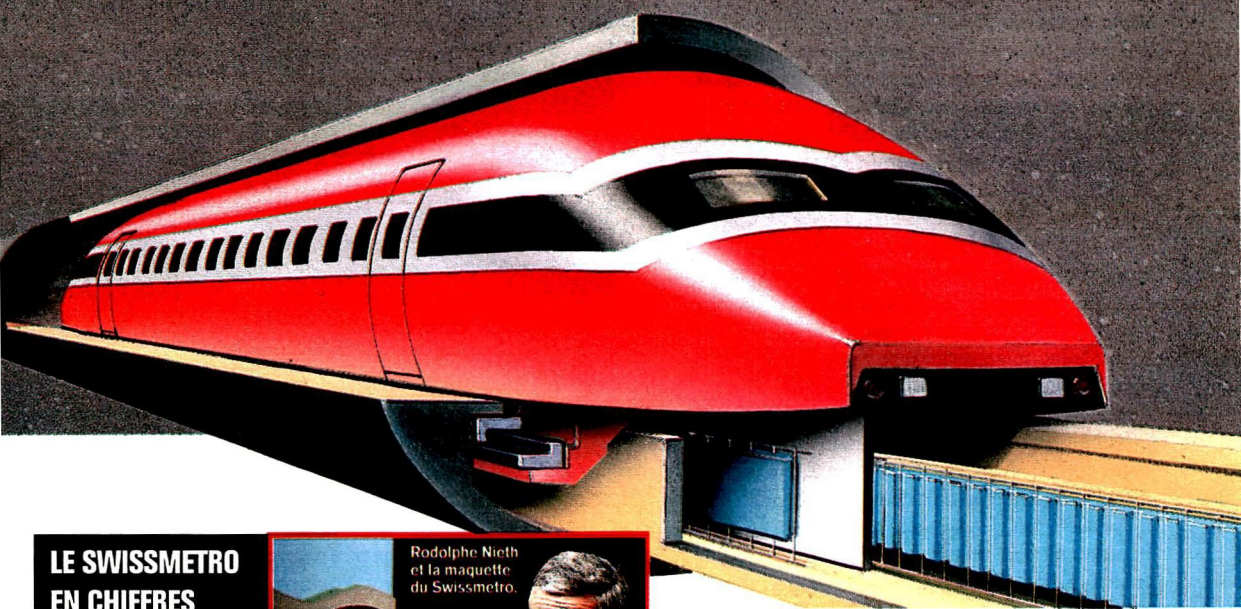
Pour atteindre de telles vitesses, le Swissmetro circulera dans des tunnels à vide partiel et "flottera" à 20 mm au-dessus de la voie grâce à la lévitation magnétique (voir encadré p.100). Il fera ainsi appel à deux technologies bientôt centenaires qui ont motivé différents projets. En novembre 1909, Robbert H. Goddard, père de l'industrie aérospatiale américaine et des premières fusées, publie dans la revue *Scientific American* un article sur un



C. Lacroix

**Construire un réseau souterrain qui permettrait à un train "flottant" de relier les principales villes suisses en douze minutes ! Les inventeurs du Swissmetro y voient la seule solution pour éviter l'asphyxie du pays.**

# La Suisse en métro à 500 km/h



## LE SWISSMETRO EN CHIFFRES

- Longueur : 200 m.
- Diamètre : 3,6 m.
- Poids : 100 t à vide.
- Capacité : 800 passagers assis.
- Vitesse : de 370 à 500 km/h.
- Prix : 30 millions de francs suisses.
- Fréquence moyenne : une rame toutes les 15 min (soit 3 200 passagers/heure).
- Temps de parcours entre deux stations : 12 min.
- Temps d'arrêt à chaque station : 3 min.
- Temps moyen d'embarquement : 1 min.



Rodolphe Nieth et la maquette du Swissmetro.

Studio X

## Rouler sous vide

«Les différents projets de train à lévitation magnétique, explique l'ingénieur Rodolphe Nieth qui a imaginé le Swissmetro, butent avant tout sur le frottement de l'air, qui empêche d'atteindre des vitesses importantes. La solution consiste donc à supprimer l'air !»

“train volant” qui relierait Boston à New York. Mais les hommes politiques n’y croient pas.

Trois ans plus tard, l'ingénieur français Emile Bachelet dépose un brevet pour un train à lévitation magnétique. Malheureusement, son prototype de 15 kg s'écrase contre un mur dans son laboratoire. Dans les années soixante, James Powell, du laboratoire de Brookhaven, est l'un des premiers à utiliser des aimants supraconducteurs et la force de champs magnétiques pour soulever des charges de 40 à 50 t. Intrigué par tous ces projets, le Congrès américain lance un programme de recherche en 1965. Huit ans plus tard, l'institut de recherche de Stanford présente un modèle au 1/25, pesant environ 500 kg. Faute de crédits, ce projet n'ira pas plus loin.

Les expériences menées en Allemagne et au ▶

suite de la page 99

Japon ont donné de meilleurs résultats. Né au début des années soixante-dix, le Transrapid, appelé également Magnetbahn (train magnétique), a approché les 450 km/h sur la voie d'Emsland, au nord-ouest du pays. La version la plus récente, le Transrapid 07, mesure 25 m de long, 4 m de haut et 3,7 m de large. Ce monstre de 122 t, soit presque deux fois le poids d'une motrice de TGV, pourrait emmener 200 passagers. Mais ce projet n'est pas encore parfaitement au point, et il se heurte à des obstacles financiers (coût de la ligne Hambourg-Berlin : environ 14 milliards de francs). Si le Transrapid a bien obtenu, début 1993, la concession d'une ligne, il n'a pas reçu de financement. Une des raisons invoquées est que l'étude du tracé a déclenché, là aussi, une vive opposition des riverains.

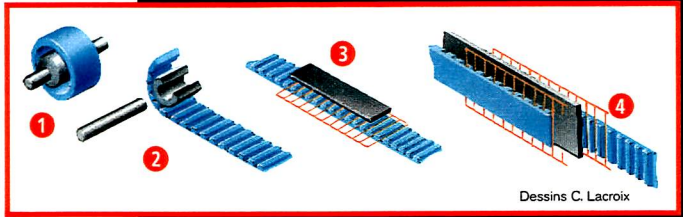
La situation est à peu près identique au Japon. Même si un prototype, le MLU002, a atteint la vitesse de 517 km/h sur la voie de Miyazaki, en décembre 1979, le Maglev piétine. Comme les Allemands, les Japonais se heurtent à des difficultés financières. La construction de la ligne Osaka-Tokyo (500 km) serait d'ailleurs au point mort.

«Ces différents projets butent avant tout sur le frottement de l'air, qui empêche d'atteindre des vitesses importantes, estime Rodolphe Nieth. La solution consiste donc à supprimer l'air !» Plus facile à dire qu'à faire.

Mais selon un groupe d'experts de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, qui a rendu son rapport en mars dernier après trois ans d'études, le projet est «techniquement réalisable, avantageux pour le système suisse des transports et économiquement rentable». En avril 1988, l'entreprise Dornier (filiale du groupe Daimler-Benz), qui a participé à la construction du Transrapid, était arrivée aux mêmes conclusions.

**La construction du réseau souterrain du Swissmetro ne devrait pas poser de problème.**

«Les conditions géologiques sont relativement bien connues et favorables au creusement par tunnelier, expliquent les concepteurs de ce projet. De nombreuses galeries de diamètres comparables à ceux du projet ont été forcées dans le cadre de différents ouvrages, tels que les accélérateurs souterrains du CERN de Genève (laboratoire européen de physique des particules) et les tunnels d'autoroute.» Pour simplifier l'exploitation, il y aura certainement deux galeries parallèles (une pour chaque sens), séparées par une distance de 25 m environ. Creusés entre 40 et 100 m de profondeur, ces deux tunnels auront un diamètre de 5 m, soit deux fois moins



Dessins C. Lacroix

**MOTEUR LINÉAIRE...**

Dans un moteur électrique simplifié 1, le rotor est un aimant rond dont les pôles se trouvent tour à tour attirés par les bobinages du stator. Si on déroule le stator à plat 2 et que l'on déroule de même le rotor, qui devient ainsi un simple aimant rectangulaire 3, la succession de courants dans les bobinages tire à chaque fois l'aimant d'un cran - c'est le principe de la carotte qu'on avance sous le nez de l'âne. Pour obtenir un meilleur rendement, on met un aimant de chaque côté du stator mis à plat, ce qui a pour effet de doubler la force de traction. En pratique, les enroulements des deux stators sont disposés verticalement et l'aimant est remplacé par une barrette d'électroaimants 4 (voir aussi dessin ci-contre) dont les forces d'attraction et de répulsion sont beaucoup plus intenses. Le Swissmetro sera propulsé par un moteur linéaire synchrone homopolaire de 5 m de long et disposé tous les 190 m (la rame, qui fait 200 m, sera ainsi toujours propulsée par un moteur).

que ceux empruntés par les trains classiques.

Si l'un des deux "tubes" se trouve hors service entre deux stations, le trafic se fera de manière alternée dans l'autre. Dans les stations, un système de ripage latéral (voie de communication entre les deux tunnels placée dans les stations) ou un barillet (structure métallique avec trois alvéoles de 200 m de long) permettra à la rame de passer d'un tunnel à l'autre. Une troisième galerie permettra le passage des câbles, l'évacuation des passagers et la remise rapide d'air en cas d'incident.

Les tunnels seront à vide partiel. «Il n'y a guère d'autre solution pour atteindre 400 à 500 km/h dans un tunnel de gabarit limité à celui du véhicule», souligne Rodolphe Nieth. L'effet de piston deviendrait rapidement un obstacle incompatible avec de telles vitesses. En se déplaçant à environ 400 km/h (soit Mach 0,3) dans une galerie qui a une section de 20 % plus grande que celle du véhicule, «il se produit un "blocage sonique" : la vitesse d'écoulement de l'air ne peut pas dépasser la vitesse du son. Une certaine quantité d'air s'accumule devant le véhicule, explique Marcel Jufer,

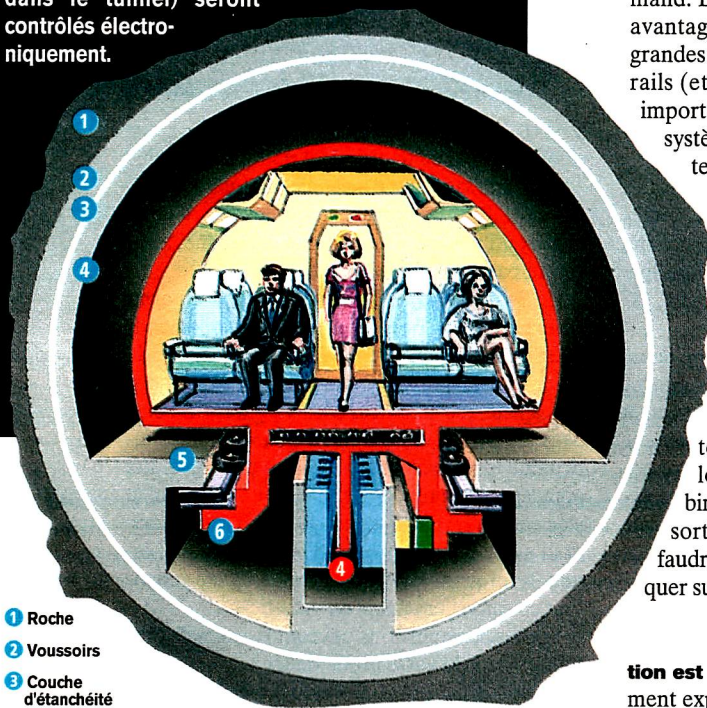
(1) L'ingénieur R. Nieth a travaillé pendant seize ans aux CFF où il dirigeait les études et les travaux de raccordement ferroviaire à l'aéroport de Genève.

(2) Selon une étude économique réalisée par Swissmetro, le meilleur rapport rapidité/coût est atteint à douze minutes. Descendre à neuf minutes aurait nécessité un investissement en moyens de propulsion quatre fois plus important.

(3) Selon les experts suisses, la circulation de l'air dans les stations permettra de refroidir tout le véhicule.

## ... ET LÉVITATION MAGNÉTIQUE

La force de sustentation sera fournie par l'attraction entre des électroaimants fixés sur la rame et des éléments ferromagnétiques disposés sur la voie (dessin ci-dessous). Les Suisses ont ainsi opté pour la voie passive : pas de bobinages et pas de courant sur la voie, ce qui est plus pratique et plus économique qu'une voie active. Et pour une sustentation par attraction, et non par répulsion : avec une voie passive, une sustentation par répulsion ne fonctionne que lorsque la rame est en mouvement, d'où la nécessité de trains de roues pour décoller et se poser. A l'arrêt comme en mouvement, le Swissmetro sera en lévitation magnétique à 20 mm des rampes. Cet écart, ou entrefer, entre électroaimants et éléments ferromagnétiques, de même que le guidage latéral (pour maintenir la rame centrée dans le tunnel) seront contrôlés électriquement.



- 1 Roche
- 2 Voussoirs
- 3 Couche d'étanchéité
- 4 Coffrage
- 5 Rampe (+ éléments ferro-magnétiques)
- 6 Rame (électroaimants)

du Laboratoire d'électromécanique et de machines électriques (LEME) et responsable du groupe d'étude Swissmetro à l'EPFL. Pour résoudre ce problème, nous développons des modèles numériques et des éléments de test afin de réduire les effets de la traînée (résistance à l'avancement et frottements) par une diminution de la pression à l'intérieur du tunnel.»

La pression d'air pourrait ainsi être ramenée à 10 000 voire 1 000 Pa (0,1 voire 0,01 atmosphère), l'équivalent de celles qui règnent respectivement à 20 000 et 42 000 m d'altitude – grâce à des pompes au débit unitaire de 20 000 m<sup>3</sup>/h. En réduisant sensiblement la traînée, ce vide partiel

permettra d'économiser l'énergie de propulsion et de réduire les coûts d'exploitation, puisque le Swissmetro consommera environ trois fois moins qu'une rame ferroviaire classique.

La propulsion se fera par des moteurs linéaires fixés au tunnel et alimentés à partir du réseau haute tension 50 Hz. Lors du freinage, les moteurs se transformeront en "dynamos", convertissant l'énergie du freinage en courant électrique. On doit arriver ainsi à récupérer environ 80 % de l'énergie cinétique au ralentissement.

Le Swissmetro flottera à 20 mm environ au-dessus des rampes, grâce à la sustentation magnétique. A quelques différences près, c'est un dispositif de ce type qu'utilise le Transrapid allemand. La lévitation magnétique présente trois avantages : un guidage efficace même aux très grandes vitesses, une suppression de l'usure des rails (et donc de l'entretien) et une réduction importante du bruit. Une panne éventuelle du système de propulsion n'affectera pas la sustentation, car la source d'alimentation est différente. Dans le pire des cas, le véhicule se posera sur des patins et sera freiné mécaniquement, par frottement. Un moteur autonome permettra, alors, de rejoindre une station ou une sortie de secours.

L'utilisation de tunnels à vide partiel a obligé les ingénieurs suisses à concevoir des véhicules et des stations parfaitement adaptés. Les rames, de 200 m de long, seront pressurisées comme les cabines d'avion. Pour permettre l'entrée et la sortie des 800 passagers de chaque train, il faudra passer par un sas global venant s'appliquer sur l'ensemble du véhicule.

### Quant aux stations, leur conception est plus complexe,

car elles seront entièrement exploitées sous pression atmosphérique (il n'est pas question, bien sûr, d'exposer les passagers à un vide, même partiel). Aucune zone de vide ne sera donc en contact direct avec la station. Placées principalement sous les gares des Chemins de fer fédéraux (CFF), les stations seront divisées en deux parties : le hall de surface, connecté aux autres transports publics, et le quai d'embarquement, véritable galerie souterraine. Pour le rejoindre, il faudra prendre un des huit ascenseurs à deux étages (100 personnes par ascenseur). La profondeur de ces puits, tout comme celle des tunnels, variera en fonction des conditions géologiques.

La facture d'un projet aussi ambitieux sera élevée : plus de 28 milliards de francs suisses !

suite de la page 101

L'infrastructure souterraine représente les trois quarts de l'investissement. Mais les experts de l'EPFL sont très confiants, le Swissmetro sera malgré tout rentable : pour le tronçon Genève-Saint-Gall, par exemple, les recettes atteindraient 500 millions de francs suisses en 2004. Ils avancent deux arguments. Premièrement : «Si on rapporte le coût total du génie civil (sans les stations) au kilomètre de ligne, on atteint environ 32 millions de francs suisses, ce qui est plus bas que le coût moyen de réalisation d'un kilomètre d'autoroute en Suisse», précise Francis-Luc Perret.

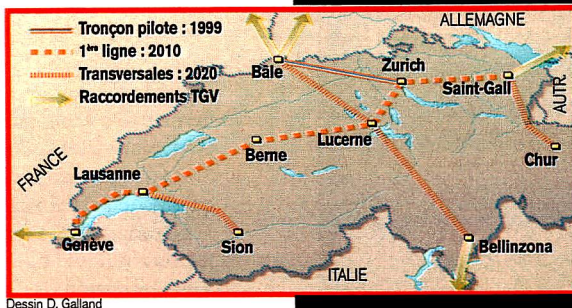
Deuxièmement, les experts suisses sont persuadés que leurs concitoyens se précipiteront dans ce train : ils prévoient quatre milliards de passagers/km transportés en 2010 et 4,5 milliards trente ans plus tard.

Conclusion, le Swissmetro n'aura pas besoin d'être subventionné. Bien au contraire, enlevant du réseau de surface une partie des trains rapides, «on homogénéise et on rationalise beaucoup plus l'exploitation de ce réseau», estime Francis-Luc Perret.

Malgré tous ses avantages, ce projet pose encore beaucoup de questions. Par exemple, comment remettre rapidement de l'air dans les galeries en cas d'incident ? Les ingénieurs de l'EPFL pensent qu'une mise en pression rapide pourrait être obtenue en cinq secondes. «Nous devons être capables de prouver que la réintroduction de l'air sera quasi-immédiate si nous voulons obtenir l'homologation de notre projet auprès des offices fédéraux», souligne Rodolphe Nieth.

**Par quel moyen ? «La solution la moins coûteuse»,** commente Marcel Jufer, consisterait à utiliser les puits de sécurité pour réinjecter de l'air. Mais cela ne suffira pas, car les puits principaux seront distants de 15 km (avec peut-être des puits intermédiaires tous les 5 km). Il se créerait une onde de pression trop importante. «La seconde solution, plus onéreuse mais plus performante, serait de creuser à cet effet une galerie spéciale reliée aux deux tunnels.» Quelle que soit la solution retenue, les passagers auront à leur disposition des masques à oxygène.

En cas d'accident, comment évacuer les 800 passagers d'une rame ? L'étroitesse des tunnels pose un problème, surtout s'il s'agit d'un attentat. Pour les responsables de Swissmetro, le sabotage représente, en effet, le seul danger. Le déraillement



Dessin D. Galland

## Cinq fois plus vite qu'en voiture

Le premier tronçon pilote du Swissmetro, reliant Bâle à Zurich, pourrait être construit dès 1999. Et la première liaison, Genève-Saint-Gall, vers

2010. Dix ans plus tard, ce sera au tour de Bâle-Bellinzona (190 km). Lorsque le réseau Swissmetro sera installé, tous les chefs-lieux cantonaux pourraient être reliés entre eux en moins de 90 min. En voiture, il faut de 30 à 60 min pour faire Lausanne-Genève (de 2,5 à 5 fois plus qu'en Swissmetro). Quant au train, il met 1 h 42 min pour relier Genève à Berne (au lieu de 27 min avec le nouveau système). Autre intérêt de ce métro, une économie de 190 à 350 millions de litres de carburant par an, soit de 7 à 13 % de la consommation automobile.

est impossible vu le diamètre du tunnel. Exclue également les risques d'incendie puisqu'il n'y aura pas assez d'air. Précaution supplémentaire, les matériaux utilisés seront ininflammables et ne dégageront pas de fumées toxiques.

Le Swissmetro ne fait pas l'unanimité parmi les experts. Des spécialistes français et allemands que nous avons interrogés vont même jusqu'à le juger «infaisable». Par exemple, ils ne sont pas convaincus que la chaleur dégagée par les moteurs dans les tunnels pourra être évacuée comme l'affirment les experts suisses, à savoir grâce aux pompes qui assurent en permanence l'entretien du vide et dans les quelques minutes des arrêts. Il faudrait au minimum un quart d'heure à chaque station, rétorquent les contradicteurs, ce qui remettrait en cause l'ensemble du projet.

Toutes ces questions devront trouver des réponses dans la vaste étude de trois ans qui doit être lancée cet hiver. Si tout va bien, les différentes options auront été retenues d'ici à fin 1996.

Le réseau pourrait être géré par les CFF. La société Swissmetro SA, fondée en janvier 1992 et chargée du développement du projet, compte déjà une cinquantaine d'actionnaires se partageant un capital d'environ deux millions de francs suisses. A l'occasion d'une prochaine augmentation de capital, des entreprises étrangères pourraient devenir actionnaires. ABB (la plus grosse entreprise suisse d'électromécanique), AEG, les Allemands de Daimler-Benz et même un groupe japonais auraient manifesté un vif intérêt pour ce projet. D'autant qu'à plus long terme, on parle d'un Eurometro qui relierait les principales capitales du continent. ■



**J**  
L'ÉVÈNEMENT

# comme le jour où j'ai expliqué le GATT au dîner.

L'Événement du Jeudi lance l'Événement Junior, le 1<sup>er</sup> hebdo d'actualité des 10-15 ans.

Un contenu sérieux mais pas triste. Tous les sujets, toutes les idées, toutes

les infos ou les grands événements qui permettent de réagir

avec les copains, les profs et les parents. L'Événement Junior,

c'est le regard de l'Événement du Jeudi et

les yeux des 10-15 ans.

**L'ÉVÈNEMENT**  
*du Jeudi*  
**junior**

Moi aussi j'ai mon hebdo.



s é c u r i t é r o u t i è r e

# Camions contre autos

PAR RENAUD DE LA TAILLE

**Ni les radars ni les PV  
n'éviteront un autre Mirambeau.  
La seule prévention est  
technique : freins antiblocage,  
réservoirs imperçables,  
voitures ignifugées.**



Il est 19 h 30, ce mercredi veille des congés du 11 novembre, quand un camion frigorifique anglais se range sur la bande d'arrêt d'urgence de l'autoroute A10, à 70 km au nord de Bordeaux, non loin du village de Mirambeau. La nuit est tombée, la circulation est dense mais rapide ; une petite pluie mouille le sol et la visibilité est moyenne. Dans son rétroviseur, le chauffeur anglais avait soudain aperçu, à hauteur de ses roues arrière gauches, une fumée dense éclairée de courtes flammes.

Il descend de sa cabine voir de près, puis décroche sa remorque dont les roues commencent à flamber en répandant une épaisse fumée. Un camion-citerne survient et s'arrête alors sur la chaussée même de l'autoroute ; son conducteur met les clignotants de détresse. Arrive ensuite un camion portugais, qui

voit trop tard l'obstacle noyé dans la fumée : il percute la citerne et l'envoie en travers de la chaussée ; ses deux occupants sont tués dans le choc. Un quatrième camion vient heurter le portugais.

L'autoroute est maintenant complètement fermée et un premier groupe de sept ou huit voitures arrive sur cet obstacle infranchissable. Freinages en catastrophe, glissades les quatre roues bloquées et collisions en chaîne ; un des automobilistes y trouve la mort, et le feu se propage. Une seconde vague d'une douzaine de voitures, sans doute alertée par la clarté de l'incendie, parvient à s'arrêter sans trop de casse. Vient enfin une troisième vague d'une vingtaine de voitures qui, là encore, bloquent leurs freins sur la chaussée mouillée, partent en travers et se cognent mutuellement, mais sans grand mal. Les conducteurs et leurs passagers, dont certains sont plus ou moins choqués, commencent à sortir de leurs voitures arrêtées quand deux grands phares surgissent de la nuit derrière eux, puis deux autres encore : des poids-lourds lancés à bonne allure.

Le premier prend les voitures de côté, les projetant sur le talus ou les coinçant contre la glissière de sécurité. Le second, un 40-tonnes chargé de bobines de papier, emboutit de plein fouet les voitures arrêtées, les écrasant et les traînant sous lui. Dans un râlement formidable, il continue sur sa lancée, tassant devant lui sur une vingtaine de mètres des carrosseries d'où tentent de s'échapper conducteurs et passagers.

**Pots catalytiques et turbocompresseurs portés à 700 °C enflamment immédiatement les vapeurs d'essence** qui s'échappent des réservoirs éventrés. Une explosion sourde, une lueur aveuglante, et aussitôt des flammes atroces, hautes de vingt mètres, qui tordent des volutes épaisses de fumée noire semées d'éclairs et se propagent dans un ronflement d'enfer tout le long de l'enchevêtrement de voitures et de camions. Gendarmes et pompiers dégageront dans la nuit 15 morts et 49 blessés.

La réaction des pouvoirs publics le lendemain sera d'une scandaleuse indécence. Avant même que soient connues les circonstances exactes du drame et les conclusions de la commission d'enquête, la cause première du carambolage meurtrier est déjà trouvée : c'est la vitesse. Non pas celle de telle voiture ou de tel camion, mais celle de tous les conducteurs ce soir-là.

Donc tous responsables (vitesse, excès de vitesse, c'est un pléonasme ici), tous dans le même sac : victimes et rescapés, camions et voitures, écraseurs et écrasés. Cette réaction est d'autant plus honteuse qu'il faut tout de même rappeler que la majorité des victimes ont été brûlées vives au moment où



10 novembre  
1993 sur la A10 :  
un carambolage  
transformé  
en hécatombe.

P. Meaule/Gamma

suite de la page 105

elles quittaient – ou s'apprêtaient à quitter – des voitures qui étaient toutes à l'arrêt.

Dans la foulée, on a bien sûr entendu les grandes promesses : davantage de radars, encore plus de traitements de permis. Or, rien ne prouve que les automobilistes victimes du carambolage avaient dépassé les 130 km/h réglementaires ; il est même plus que probable que la plupart d'entre eux roulaient bien tranquillement et sans commettre la moindre infraction au code de la route. Autrement dit, radars et PV n'auraient nullement empêché Mirambeau.

En revanche, il est des moyens techniques qui permettent d'éviter dans une large mesure les carambolages meurtriers de ce type et, à tout le moins, d'en limiter les conséquences : freins antiblocage, réservoirs increvables, valves auto-obturatrices, extincteurs automatiques, matériaux ignifugés.

**Regardons tout d'abord les lieux où la catastrophe s'est déroulée :** l'autoroute à cet endroit, direction Bordeaux, commence par une montée qui culmine dans une courbe à gauche ; ensuite elle redescend en pente douce. Le camion anglais s'est arrêté quelques centaines de mètres après la courbe, dans la descente ; la citerne a stoppé à sa hauteur. La fumée dégagée par la roue enflammée est maintenue au ras de la chaussée par la pluie qui tombe alors, formant un brouillard qui, de loin, masque sans doute les deux véhicules à l'arrêt. Le chauffeur portugais qui sort de la courbe à ce moment se trouve soudain devant un changement de conditions : il roulait sous la pluie mais sur une chaussée dégagée, et soudain il a devant lui, dans la brève clarté des phares, une brume qui l'empêche de voir plus loin. Il est en situation d'incertitude car il ignore s'il s'agit d'une simple nappe de brouillard, d'un feu de paille dans un champ voisin ou d'un incident plus grave. Sa réaction est probablement celle de tout conducteur en ce cas : il lève d'abord le pied, puis le pose sur la pédale de frein.

A 72 km/h (par exemple), ce temps d'attente le rapproche de l'obstacle à raison de 20 mètres par seconde. Quand il découvre le camion-citerne, il freine en force. Mais il est trop tard. Le même scénario se reproduit pour les voitures qui sortent à leur tour de la courbe : les conducteurs ralentissent d'abord et freinent ensuite. Freinant en catastrophe, ils bloquent leurs quatre roues, ce qui a le double inconvénient d'allonger de beaucoup la distance d'arrêt et d'enlever toute possibilité de manœuvre pour éviter l'obstacle : une voiture roues bloquées se comporte comme un savon mouillé sur un dallage.

Or, c'est la conduite habituelle coulée, avec ralentissement en douceur, qui mène directement à ce blocage d'urgence quand l'obstacle se révèle trop tard. En fait, ce type de conduite constitue exacte-

## MORTS POUR LA

On ne fait pas jouer dans la même cour des bambins de 4 ans et des lycéens de 15 ans, on ne serre pas dans le même pré des chevaux de trait et des moutons, on ne met pas sur la même piste des voitures et des wagons. Ou plutôt si, en ce dernier cas, on le fait : les semi-remorques de 40 tonnes sont aussi lourds que les wagons de marchandises de la SNCF et vont aussi vite.

La disproportion de poids entre deux mobiles constituera toujours une menace permanente et grave pour le plus léger : l'expérience le prouve, la dynamique des chocs l'a mis en équations. Entre un vélo et une voiture il y a déjà un écart de poids de 15 fois ; entre un poids lourd et la même voiture l'écart se creuse encore : il est de 30 fois. De ce fait, une voiture ne fera jamais le moindre mal à un camion ; inversement, un camion peut écraser une dizaine de voitures, et ceux qui sont dedans avec.

Il est donc contre nature de faire rouler sur les mêmes voies et pratiquement à la même vitesse des véhicules de 1 200 kg et des camions de 36 000 kg. Contre nature, mais rentable : tout est là. Les tonnes de marchandises seraient à leur place sur des wagons, mais le coût du transport serait augmenté, cela pour deux raisons : d'abord, il faudrait une multitude de petits camions pour apporter les marchandises des lieux de production aux gares et une autre multitude pour les emporter de la gare d'arrivée chez les distributeurs : perte de temps, perte d'argent.

Ensuite, la SNCF roule sur ses voies, les camions roulent sur nos routes : deuxième

économie, non des moindres.

En fait, le transport routier satisfait à ce qu'on appelle en économie le système des flux tendus : ni le producteur ni le distributeur ne stockent plus. Les stocks coûtent cher : en terrain pour les hangars, en manutention et en frais de garde. De plus, tout stock représente une somme d'argent qui a été versée pour payer les matières premières et le travail et qui tarde à être remboursée par le biais de la vente. C'est donc de l'argent qui coûte, alors que la même somme placée pendant la durée de stockage aurait rapporté des intérêts.

**Le système des flux tendus a donc pour but de ne pas immobiliser d'argent** et pour moyen de raccourcir au maximum les délais entre l'arrivée des composants dans l'usine et la remise du produit fini au client. Exemple schématique : un distributeur commande des assiettes jaunes ; l'usine qui les fabrique commence par mettre en chauffe les fours à céramique et, dans le même temps, commande de l'argile et de la peinture jaune.

Le producteur de peinture met en route ses machines et, dès que les bidons sont pleins, les lance dans un camion qui part immédiatement pour la faïencerie. Même chose pour le producteur d'argile, et les deux camions convergent à toute allure pour arriver au moment où les fours sont à bonne température. A peine refroidies, les assiettes partent à leur tour dans un troisième camion qui file chez le distributeur.

Composants et produits finis sont donc sur les routes, dans des camions qui doivent aller le plus vite possible du producteur – ou importateur,

## RENTABILITÉ

soyons réalistes – au distributeur : toute perte de temps est perte d'argent. Et voilà pourquoi il y a de plus en plus de camions sur nos routes, des camions de plus en plus grands, de plus en plus lourds, de plus en plus pressés.

**Vu la menace permanente qu'ils représentent** pour des véhicules trente fois plus légers qu'eux, on pourrait attendre des gens qui les conduisent cette vigilance à l'égard des autres qu'on retrouve, par exemple, chez tout conducteur d'engin de chantier : du moment où il met en marche son bulldozer ou sa pelleuse, celui qui est aux commandes garde le sentiment permanent d'avoir entre les mains un engin dont la force, la taille et le poids sont tels que toute imprudence, ou toute négligence, peut être mortelle pour ceux qui partagent le terrain avec lui : la moindre fausse manœuvre d'une excavatrice peut écri-

ser la camionnette de l'électricien – et l'électricien avec.

Cet état d'esprit ne semble pas être le point fort de certains camionneurs, à preuve ce cas d'espèce classique que tout le monde a connu sur route : ralentir pour une cause quelconque et voir s'encadrer dans la vitre arrière la calandre immense du 30-tonnes lancé plein pot qui vous colle rageusement à ras du pare-chocs. Freiner, dans ces conditions, c'est être sûr de se faire aplâtrer, et il le sait.

**Mais il sait aussi que s'il refuse de faire vite, un autre** prendra sa place. En fait, si l'on regarde la cause dernière de la catastrophe de Mirambeau, on est en droit de se demander quelle urgence vitale – ou plutôt mortelle – il y avait à faire transiter des tonnes de rouleaux de papier le soir du 10 novembre ? Une seule : celle des flux tendus.

ment ce qu'il ne faut pas faire lorsque se présente une situation inattendue. Dans pareil cas, un essayeur professionnel ou un conducteur de rallye fait l'inverse : il freine tout de suite en force, pour faire tomber la vitesse et approcher l'obstacle – si obstacle il y a – à une allure réduite qui lui permettra soit de manœuvrer pour l'éviter ou le heurter seulement de côté, soit de s'arrêter à temps.

Ce style de conduite est évidemment beaucoup plus brutal, mais il mène à des distances d'arrêt étonnamment courtes – ayant eu l'occasion d'être conduit par des professionnels du volant, nous avons été sidéré de voir à quel point ils savent s'arrêter de manière quasi immédiate, même en roulant à 130 km/h. Ce freinage en force n'est nullement enseigné dans les auto-écoles, et de plus il requiert un certain entraînement qui est le contraire de la conduite en douceur pratiquée habituellement.

**Mais, devant une situation imprévue, il ne faut pas hésiter à freiner brutalement d'emblée** pour faire chuter tout de suite la vitesse et se donner ainsi la possibilité de se dégager. Bien sûr, il y a le risque d'être tamponné à l'arrière par la voiture qui suit, mais en général la différence de vitesse entre les deux véhicules n'est pas énorme et le choc reste léger – et, de toute façon, il est moins dangereux d'être heurté à l'arrière que d'entrer de face dans un obstacle.

Le second inconvénient du freinage en force, c'est qu'il est difficile, à moins d'y être bien entraîné, de ne pas bloquer les roues. Il existe toutefois une parade technique à ce problème, à savoir les systèmes antiblocage ; ceux-ci – ABS de Bosch, ALB Honda, SCS Girling, Teves et autres – interdisent tout arrêt brusque de la roue en rotation sur son axe. Le freinage en force, qui est un réflexe de survie, devient accessible à tous : en cas d'urgence, il suffit de sauter sur la pédale de frein pour obtenir la décélération maximale tout en gardant un contrôle total de manœuvre puisqu'aucune roue ne se bloque jamais.

Qui plus est, l'efficacité de freinage optimale est conservée quel que soit l'état de la chaussée : les systèmes antiblocage sont seuls à permettre de s'arrêter au plus court sur une route mouillée, enneigée ou verglacée. On peut même écraser le frein en virage (c'est souvent en milieu de courbe qu'on découvre une charrette mal garée) sans risquer la moindre glissade. À la limite, le système antiblocage est seul à permettre de freiner en virage avec les



De plus en plus  
**grands,**  
de plus en plus  
**lourds,**  
de plus en plus  
**pressés.**

suite de la page 107

deux roues d'un côté sur du bitume dégagé et les deux autres sur un reste de neige.

Depuis 1991, le système antiblocage est obligatoire sur les camions tirant une remorque de plus de 10 tonnes ou dont le véhicule tracteur fait plus de 16 t. Depuis juillet 1993, il est obligatoire aussi sur les camions de plus de 16 t transportant des matières dangereuses. En revanche, il reste facultatif sur les voitures alors qu'il constitue l'élément de sécurité le plus important qui ait été mis au point depuis quinze ans.

**Lors du carambolage de Mirambeau, voitures et camions** se sont tous trouvés obligés de freiner d'urgence sur une chaussée mouillée ; beaucoup sont partis en glissade des quatre roues, perdant ainsi toute capacité de manœuvre et donc toute possibilité d'éviter le voisin ou de trouver une échappatoire. De plus, nous l'avons dit, la distance d'arrêt est considérablement allongée et on se retrouve vite sur l'obstacle. Si tous les véhicules mis en jeu ce soir-là avaient été équipés d'un système antiblocage – seules les voitures d'un prix certain en sont munies d'origine – bien des dégâts auraient déjà été évités.

Voilà en tout cas un premier montage technique qui est autrement efficace pour sauver des vies que les radars dont on entend parsemer les routes – et par le biais de la TVA, il rapporterait sans doute autant que les PV. Reste toutefois le risque, nous l'avons dit, d'être heurté par le véhicule qui suit, et c'est là qu'intervient un élément propre au conducteur : dès que la circulation est dense et rapide, respecter l'espacement entre voitures.

Il est rare que cet espacement, qui doit être d'autant plus grand que la vitesse de groupe est plus élevée, soit maintenu par tous. Or, dans tout carambolage, c'est lui qui est en cause et non l'excès de vitesse. A Mirambeau, cet écart entre voitures

n'était pas respecté puisque les voitures sont arrivées serrées ; on peut supposer que l'espacement entre véhicules était celui qu'on rencontre habituellement sur autoroute autour de 120 km/h, soit de 10 à 25 m. L'expérience a prouvé depuis longtemps que, compte tenu du délai de réaction entre l'apparition des feux stop de la voiture qui précède et l'action sur les freins (de 3/4 de seconde à plus d'une seconde vu la baisse de vigilance propre à la conduite sur autoroute), cet espacement était trop faible : si la voiture en tête de vague s'arrête brusquement, celles qui suivent vont finir par se heurter.

Ces collisions restent le plus souvent sans gravité si les véhicules mis en jeu ont des poids comparables ; il en va tout autrement si les rapports de poids sont disproportionnés, ce qui est justement le cas avec les camions dont les distances d'arrêt sont par ailleurs supérieures de 20 % à celles des voitures. Dans la catastrophe de l'autoroute A10, il y avait justement des poids-lourds, en fait des semi-remorques dont le poids est trente fois celui d'une voiture : le moindre contact est immédiatement fatal à la voiture.

On doit toutefois noter que c'est le feu qui a transformé un accident déjà très grave en véritable hécatombe. Ce qui est maintenant en cause, c'est l'extraordinaire inflammabilité des voitures : depuis déjà longtemps, des hommes de terrain (gendarmes, pompiers ou policiers) nous avaient confirmé que le casseur le plus débile peut incendier n'importe quelle voiture actuelle en moins de cinq secondes. Autant dire que le conducteur pris dans un accident où se déclare le feu n'a aucune protection, ni même aucun délai permettant aux secours

**Et pourtant, pas une goutte d'essence répandue sur le circuit...**





## Trente fois plus lourd qu'une voiture de tourisme

de venir l'aider à sortir d'une voiture embrasée.

A Mirambeau, la pluie tombait et la chaussée était mouillée ; il est donc douteux que les étincelles dues au frottement des tôles sur le sol aient joué un rôle dans le départ du feu. En revanche, il paraît acquis que ce sont les pots catalytiques et les turbocompresseurs dont le métal est porté à des températures de 650 °C à 800 °C qui ont allumé les vapeurs air/essence engendrées par l'arrachement des tuyaux de liaison entre réservoirs et moteurs ou par l'écrasement des réservoirs eux-mêmes.

**A partir de là, le reste de la voiture s'enflamme comme une boule de papier** sous laquelle on aurait mis une allumette. Il y a là un triple problème, dont les solutions techniques existent mais ne sont pas appliquées : matériaux ignifugés ou incombustibles pour l'équipement intérieur, réservoirs à l'épreuve des chocs, valves auto-obturatrices pour les canalisations. Ajoutons-y une protection renforcée du pot catalytique (qui n'est autre qu'un brûleur installé sous la voiture) ou son élimination au profit d'une autre formule.

Dès la dernière guerre, certains avions possédaient des réservoirs d'essence doublés intérieurement d'un plastique souple qui évitait que la moindre balle traçante ou incendiaire ne détruise l'appareil. Cette formule ne sera reprise que très tardivement sur les voitures de compétition, en particulier celles de formule 1, qui peuvent se fracasser à 300 km/h sans que le réservoir ne perde une goutte de carburant. Ce réservoir est fait d'une outre de plastique spécial d'une extraordinaire résistance à la déchirure, logée dans une enveloppe métallique qui sert seulement à lui donner une forme rigide. Les réservoirs de ce type résistent à des chocs et à des écrasements très supérieurs à ceux que peuvent connaître des voitures de tourisme. Si les voitures impliquées dans l'accident de Mirambeau en avaient été pourvues,

l'une des causes qui ont transformé un départ de feu en brasier aurait été éliminée.

Encore faut-il que les canalisations entre réservoir et moteur ne laissent pas fuir le carburant dès qu'elles sont décrochées de leurs points de départ et d'arrivée. Il existe pour cela des valves auto-obturatrices (autre technique issue de l'aviation) qui se ferment dès que le tuyau est arraché de son support. Utilisées sur les voitures de course, elles sont pour le moment inexistantes sur les voitures de série.

Cela fait, il reste à protéger conducteur et passagers contre tout feu venu d'une autre voiture. Dans l'accident de Mirambeau, les flammes se sont propagées d'une carrosserie à l'autre à une vitesse impressionnante, tout véhicule touché par les flammes devenant en moins de trois minutes un véritable brasier. Ce qui a grandement contribué au désastre, car les personnes qui voulaient porter secours s'en trouvaient très vite empêchées par la chaleur.

La raison en est simple : les matériaux utilisés dans la sellerie – sièges, dossiers, sols et parois latérales – sont très combustibles. Sans aller jusqu'à dire que les coussins sont tissés avec de la poudre à canon, on doit toutefois constater qu'ils brûlent remarquablement bien dès que le feu est amorcé. Il en va de même, quand une certaine température est atteinte, de la peinture qui recouvre la carrosserie, des revêtements destinés à l'insonorisation ou à l'isolation et de tous les composants en plastique de la voiture (des pare-chocs au tableau de bord, en passant par les isolants du câblage électrique).

En gros, on peut dire qu'une voiture comporte en poids de 16 à 20 % de plastiques – de 160 à 200 kg de résines diverses combustibles pour une voiture de 1 000 kg. Or, dans l'immense variété des plastiques, il en existe quantité qui sont très résistants au feu, voire incombustibles. Sans doute coûtent-ils plus cher et sont-ils plus difficiles à mettre en forme, mais eux seuls permettraient de garantir une certaine protection contre l'incendie du véhicule.

Bien sûr, il restera l'effet de parc : même si toutes les voitures étaient modifiées dans ce sens, elles resteraient encore longtemps mêlées à des voitures plus anciennes dans un accident de ce type. La moyenne d'âge du parc automobile est supérieure à cinq ans, et même à Mirambeau cette disparité a dû jouer un rôle, car le réservoir des voitures anciennes est moins bien abrité que celui des productions récentes. Raison de plus pour que le changement se fasse vite.

Il est vraisemblable qu'une voiture ainsi conçue, de surcroît munie d'un frein antiblocage, coûterait au départ sans doute 20 000 F de plus que la version actuelle. C'est beaucoup pour un risque qui semble minime ; c'est très peu pour éviter le supplice du feu. ■

# Newton reconnaît l'écriture de son maître

PAR OLIVIER CADOU

Les utilisateurs de blocs-notes électroniques et autres ordinateurs de même taille apprécieront le Newton MessagePad. Eux qui, pour profiter des multiples services offerts par ce type d'appareil, doivent passer par une saisie plus que fastidieuse en tapant lettre à lettre les textes à entrer. Alors qu'avec un vulgaire calepin ou un agenda, il suffit de quelques secondes pour inscrire, à la bonne page (et peu importe si ce n'est pas dans l'ordre alphabétique), le nom et les coordonnées d'un interlocuteur, ou de noter rendez-vous et choses à faire. Justement, cette petite merveille d'Apple (disponible en anglais, en allemand et, depuis janvier 1994, en français) reconnaît l'écriture courante et la convertit automatiquement en caractères d'imprimerie.

En plus de gérer tout seul la planification des rendez-vous et la mise à jour du répertoire, le MessagePad peut communiquer par infrarouges avec un autre Newton pour échanger des informations, transmettre un brouillon ou échanger des cartes de visite. Il sait aussi imprimer, envoyer un fax et se connecter à une messagerie.

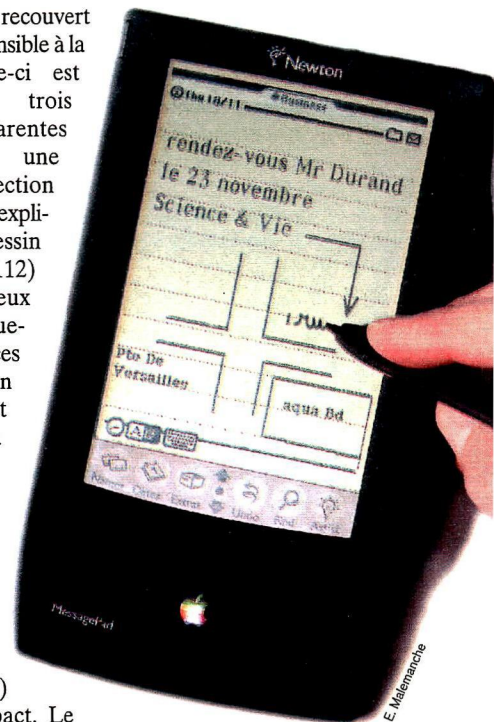
Mais revenons à l'absence de clavier. Elle est rendue possible par le Personal Digital Assistant ("assistant numérique personnel"), la partie principale du MessagePad. Ce PDA se compose d'un écran à cristaux liquides (LCD) et d'un stylet en plastique (n'importe quelle pointe ferait l'affaire).

Comment ça marche ? Le fonctionnement du Newton se décompose en trois étapes : écriture, reconnaissance des formes, assistance intelligente.

**A. L'écriture.** Lorsque l'utilisateur écrit sur l'écran, le contact du stylet produit une "encre numérique", un trait noir fait d'une succession de cristaux liquides. Rien de neuf jusqu'ici, le MessagePad reprend une technologie maîtrisée depuis longtemps par Sharp. Elle met en jeu un écran à

**Bloc-notes, agenda, répertoire, secrétaire, bientôt traducteur et même cicérone, le MessagePad n'a pas de clavier. Il vous suffit d'écrire à la main sur son petit écran...**

cristaux liquides recouvert d'une tablette sensible à la pression. Celle-ci est constituée de trois couches transparentes superposées : une couche de protection (1 - suivre nos explications sur le dessin de la page 112) recouvrant deux autres, électriquement conductrices (2 et 3). En écrivant, le stylet appuie sur la première couche, mettant en contact les deux suivantes ; le voltage mesuré dans ces dernières détermine les coordonnées (x et y) du point d'impact. Le système les communique ensuite à l'écran (4), qui se charge de noircir le pixel corres-





pondant, lequel apparaît alors presque instantanément. Et ainsi de suite, un trait est tracé à mesure que la pointe avance sur l'écran.

**B. La reconnaissance des formes.** L'ordinateur Newton stocke le mot manuscrit – le temps de le traduire en une suite de caractères – sous la forme d'un tableau rempli de 0 et de 1, qu'on appelle un bitmap, matrice qui représente l'image informatique du dessin à l'écran (comme le montre l'exemple illustré ci-contre pour la lettre A). Pour reconnaître le mot ainsi entré, l'ensemble des graphiques tracés à la main vont être mis sous forme de vecteurs (vectorisés). Une droite sera transformée en un couple de points qui la définissent ; un cercle, qui n'est qu'une collection de pixels, deviendra un point (centre de ce cercle) et une valeur numérique (son rayon).

Pour réussir une telle performance, le MessagePad dispose d'une architecture de reconnaissance développée par la société russe Paragraph. Elle lui permet de reconnaître les écritures manuscrites et les graphiques tracés à la main, de les comprendre et de les interpréter. Tant que l'utilisateur maintient le stylet en contact avec l'écran, le système de reconnaissance attend. Lorsque l'utilisateur lève son stylet et donc marque un espace entre les mots, le Newton commence la reconnaissance.

Comme il ne possède que des modules de reconnaissance de mots et non de caractères, le Newton éprouve de grandes difficultés à reconnaître une lettre isolée. En revanche, plus le mot est long, plus son identification sera facile. Le système commence par étudier l'encombrement général du mot manuscrit (longueur, hauteur) et par analyser les hampes et les jambes, leur nombre et leurs emplacements. Puis il répète l'opération, mais cette fois par séquences de caractères qu'il

compare avec les mots contenus dans ses différents dictionnaires. Deux modules vont tenter simultanément de reconnaître le mot écrit par l'utilisateur. Ils commencent respectivement par la première et la dernière lettre du mot ; si celui-ci est, par exemple, **bon**, le pre-

mier module commencera par reconnaître **b**, puis **bo**, et enfin **bon**, tandis que le second commencera par **n**, puis **on** et enfin **bon**. Pour cela, chaque lettre, puis chaque groupe de lettres, est comparé à un "gabarit" mémorisé dans l'appareil, qui retient alors le mot qui s'approche le plus du tracé manuscrit.

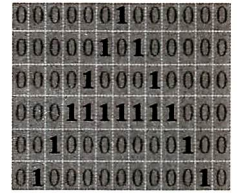
Pour chaque module, la recherche aboutit à une liste de mots candidats, reconnus et présents dans le dictionnaire de la machine. A chacun de ces mots est associé un taux de probabilité. Enfin, un module-arbitre choisit le mot qui rallie le maximum de suffrages. Ainsi, en étudiant le contexte des formes, l'arbitre permet au PDA d'Apple de ne pas confondre un zéro, une lettre o et un cercle. Dans le nombre 303, il reconnaîtra un zéro, dans le prénom Olivier, un o et dans un rond parmi des formes géométriques, un cercle.

Comme les mots affichés par le système de reconnaissance sont issus du dictionnaire interne, on évite les fautes d'orthographe dès la saisie. Mais attention aux accords, car le Newton ne possède pas encore de correcteur grammatical.

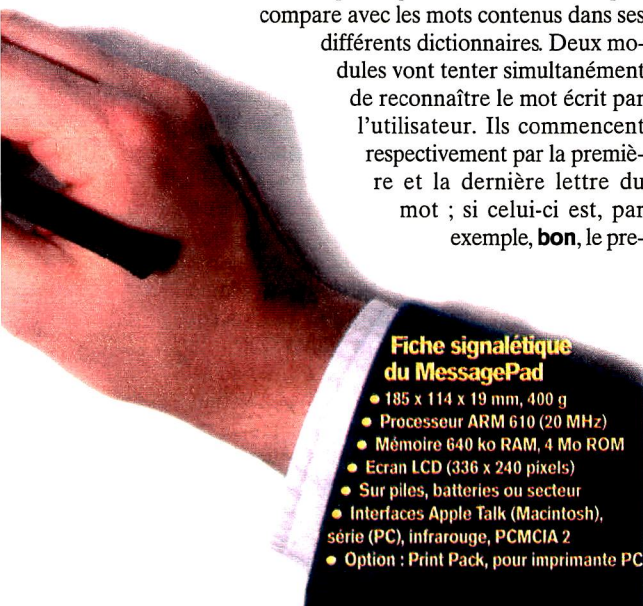
Lorsque le Newton fait une erreur de reconnaissance, il suffit de "cliquer" (taper sur l'écran avec le stylet) sur le mot erroné. Il suggère alors une liste de termes approchants. Si le mot écrit ne fait pas partie de la liste et si, après deux ou trois essais, il n'arrive toujours pas à l'identifier, un double "click" fait apparaître un clavier à l'écran. Il suffit alors de l'entrer au clavier à l'aide du stylet. Le mot est immédiatement remplacé, et le Newton propose de l'ajouter au dictionnaire.

Le module de reconnaissance graphique du Newton offre des outils très utiles d'aide au tracé de schémas. L'un d'entre eux supprime les bavures dans un croquis composé de formes géométriques. Lorsqu'on trace un triangle (d'un coup de crayon), en effet, les segments de droite ne se rejoignent pas toujours en un point ; l'un deux, trop long, peut dépasser un peu et l'autre, trop court, peut ne pas atteindre le point de jonction. Dans ce cas, le Newton va évaluer la distance qui les sépare. En fonction de sa taille il va relier les deux segments ou les laissera tels quels. De même, il interprétera comme deux droites parallèles deux lignes non sécantes tracées rapidement côte à côte.

Pour que le résultat soit satisfaisant, certaines précautions s'imposent. D'abord, toujours écrire ses phrases horizontalement – jamais en biais –, sinon le Newton ne pourra évaluer l'encombrement des mots. Ensuite, le MessagePad dispose de plusieurs options permettant de prendre en compte



La lettre A vue par Newton



#### Fiche signalétique du MessagePad

- 185 x 114 x 19 mm, 400 g
- Processeur ARM 610 (20 MHz)
- Mémoire 640 ko RAM, 4 Mo ROM
- Ecran LCD (336 x 240 pixels)
- Sur piles, batteries ou secteur
- Interfaces Apple Talk (Macintosh), série (PC), infrarouge, PCMCIA 2
- Option : Print Pack, pour imprimante PC

suite de la page 111

les textes, les graphiques ou les deux ensemble. Pour une meilleure efficacité, mieux vaut les sélectionner tour à tour. Ainsi, l'utilisateur validera les modules de reconnaissance textes lorsqu'il écrira du texte à l'écran et le système de reconnaissance graphique lorsqu'il dessinera.

**Pour améliorer le processus de reconnaissance, utilisateur et MessagePad doivent apprendre à se connaître.** grâce à une phase d'apprentissage. Le Newton contient des exercices qui lui permettent de se familiariser plus rapidement avec l'écriture de son propriétaire. Ce dernier inscrira plusieurs fois à l'écran un certain nombre de mots, jusqu'à ce que le Message Pad les reconnaisse parfaitement. Pour cela, il analyse la forme des lettres et des mots écrits par son utilisateur. Il conserve constamment en mémoire ROM (*Read Only Memory*, mémoire accessible en lecture uniquement) plusieurs centaines d'échantillons d'écriture. Ces échantillons ont été préalablement sélectionnés par des graphologues et sont représentatifs de tous les mots et de toutes les écritures. Les ROM sont interchangeable selon la langue pratiquée (anglais, allemand ou français).

Avec leur aide, le MessagePad élimine au fur et à mesure les styles qui ne correspondent pas à celui de son propriétaire. Parallèlement, on requiert de l'utilisateur qu'il use d'une écriture la plus scolaire possible. Il peut néanmoins demander à la machine de s'adapter à ses habitudes, telles que l'espace entre les mots, vitesse d'écriture ou acuité de reconnaissance. Etant entendu, dans ce dernier cas, qu'une reconnaissance plus rapide est synonyme d'un plus grand taux d'erreur.

**C. L'interprétation.** Elle fait appel à l'"assistant intelligent". Lorsque le Newton a reconnu l'ensemble des mots d'une phrase écrite à l'écran, cet assistant informatique se livre alors à une mini-analyse syntaxique de la phrase et y effectue une recherche des mots clés (rendez-vous, déjeuner, téléphone, fax...). Ainsi, dans la phrase «Rendez-vous avec Pierre lundi à 12 h», l'assistant reconnaît la commande "rendez-vous", qui admet plusieurs arguments (avec, jour, à, heure...). Il déclenche alors plusieurs actions du Newton. «Avec Pierre» ouvre le répertoire et recherche la liste des personnes prénommées Pierre ; «lundi à 12 h» ouvre l'agenda et place le rendez-vous fixé à midi, le premier lundi suivant la date courante, avec le premier Pierre de la liste, et affiche même les coordonnées

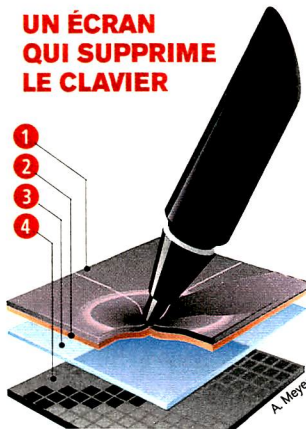
de celui-ci. De même, les commandes "fax", "impression", ou "transmission" permettront l'envoi par fax, l'impression ou la transmission infrarouge du document mentionné. Si le Newton n'est pas connecté, il placera automatiquement les documents dans la corbeille, une file d'attente commune à tous les éléments à traiter.

Le Newton interprète également un certain nombre de "tracés-fonctions". Ainsi, pour effacer une note ou un plan, il suffit de les rayer par un zigzag vertical ; ils disparaissent dans un nuage de fumée. Pour mettre en forme un texte, il suffit d'utiliser des signes typographiques.

De telles tablettes-écrans, couplées à des modules de reconnaissance, remplaceront-elles un jour les claviers d'ordinateurs ? Les avis sont plus que partagés. Il est vrai qu'avec un peu d'entraînement, on arrive à taper sur un clavier et à manier la souris plus facilement qu'en écrivant avec un stylo. De plus, le temps de reconnaissance reste relativement long et les procédés employés ne seront sans doute jamais fiables à 100 %. Et puis, tel qu'il est, le système Newton reste avant tout conçu pour prendre des notes. Il est presque impossible d'y rédiger un rapport. Cependant, il pourra séduire quelques irréductibles que l'informatique rebute ou les personnes qui tapent avec un seul doigt.

**Quoi qu'il en soit, Apple multiplie les projets de nouvelles applications** fondées sur la technologie Newton. Basé sur le même principe, un traducteur six langues devrait apparaître prochainement. Pour l'écolier, une version spécifique du MessagePad pourrait afficher les mots à reproduire, contrôler leur tracé et corriger les erreurs. L'étudiant pourrait recevoir automatiquement sur son "cahier" Newton les notes de cours écrites par le professeur sur un grand écran. Grâce au téléphone intelligent NotePhone (en cours de développement), il suffira d'écrire à l'écran le nom d'un correspondant pour que l'appareil compose son numéro. Dans quelques années, on circulera peut-être à l'aide d'un assistant intelligent qui nous indiquera le plus court chemin pour aller d'une ville à l'autre ou nous guidera dans une agglomération. On peut aussi imaginer le Newton comme une véritable base de données de poche, mise à jour par voie hertzienne, pour réaliser un inventaire ou pour avoir toujours sur soi un grand nombre de références professionnelles (le Vidal pharmaceutique existe déjà, par exemple). ■

**UN ÉCRAN  
QUI SUPPRIME  
LE CLAVIER**



# Un ordinateur dans les jumelles

PAR PAULE SULLY

**D**ésormais, le marché des instruments d'optique aura à compter avec de nouvelles venues et non des moindres, puisque la firme allemande Leica vient de lancer des jumelles, les Géovid, aux performances uniques au monde. Outre la classique possibilité d'observer des sujets éloignés grossis sept fois avec une clarté, un contraste et une richesse de détails exceptionnelle, elles donnent surtout instantanément leur distance, au mètre près, et leur direction calculée à partir du nord géographique, au demi-degré près ; une simple pression sur un bouton suffit pour que l'une de ces valeurs, au choix, s'affiche en moins de trois dixièmes de seconde, en chiffres lumineux, dans le champ observé.

Les jumelles Géovid doivent ces performances à un télémètre à laser et à une boussole électronique, assistés par un micro-ordinateur spécifique de 24 bits, capable de faire quelque 25 millions de calculs par seconde. Long de 20 cm et pesant 1 490 g, cet instrument d'optique informatisé et miniaturisé représente un véritable tour de force technologique ! Prenons le télémètre, tout d'abord : il intègre une diode laser gallium-arsenic de classe 1, c'est-à-dire un émetteur d'impulsions infrarouges, invisibles et inoffensives pour les yeux. Pendant la durée de la mesure de la distance (0,3 s), plusieurs impulsions sont émises ; traversant l'optique de droite, elles parviennent au sujet qui les réfléchit vers l'optique de gauche, où elles sont recueillies sur un récepteur. Le temps mis permet de déterminer avec précision la distance, la portée du télémètre de mesure allant de 25 à 1 000 m. Le calcul est réalisé par le micro-ordinateur couplé au dispositif

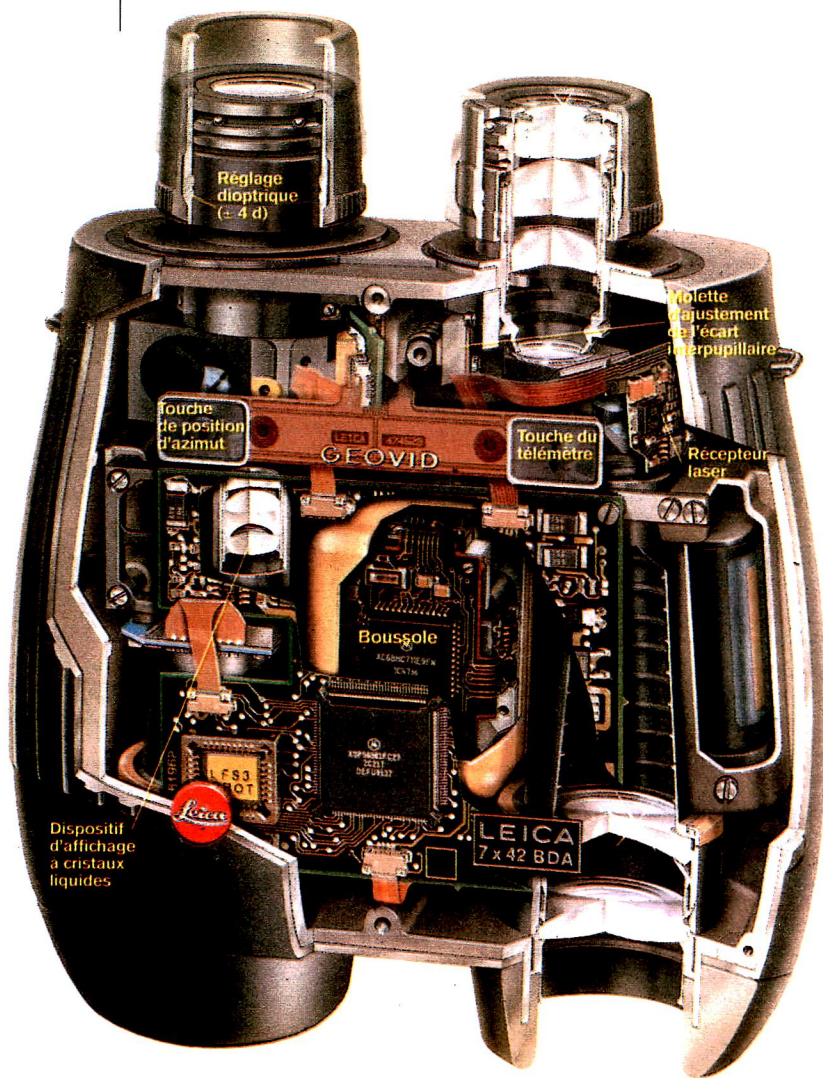


**Ces jumelles sont, actuellement, le premier instrument d'optique qui permette de connaître précisément distance et direction d'un sujet, grâce à son télémètre informatisé et sa boussole magnétique numérique.**

émetteur-récepteur, et la mesure est affichée dans le champ par un jeu de cristaux liquides. Pour l'obtenir, l'utilisateur cible simplement le sujet à l'aide d'un carré situé au centre du champ et appuie sur un bouton au-dessus de l'oculaire droit.

Pour assurer une transmission optimale du rayon laser à travers les diverses surfaces de l'optique, celles-ci sont traitées multicouches : chaque couche ayant pour fonction d'éliminer les réflexions parasites pour une longueur ►

## DEUX ASTUCES POUR VOIR LOIN SANS PERDRE LE NORD

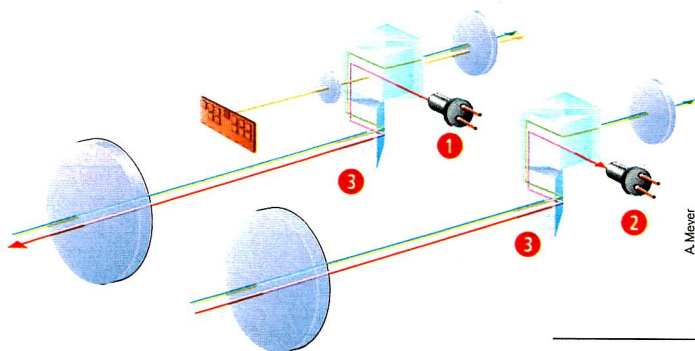


- 1 Boussole :**  
Mesure d'azimut assurée sur 360°.  
Précision : 0,5° (affichage en degrés entiers).  
Angle d'inclinaison accepté pour les mesures : ± 35° ; de déclinaison : ± 90° réglable.
- 2 Télémètre laser (voir dessin ci-dessous) :**  
Mesure de distance de 25 à 1 000 m (pour les objets naturels à la lumière solaire et pour une visibilité à 10 km).  
Précision : ± 1 m.

- AUTRES CARACTÉRISTIQUES :**
- Grossissement : 7X.
  - Pupille : d'entrée, 42 mm ; de sortie, 6 mm.
  - Champ de vision : de 120 m à 1 000 m de distance.
  - Indice crépusculaire : 17,15.
  - Luminosité (ouverture géométrique) : 36.
  - Compensation du champ magnétique parasite effectué par l'utilisateur.
  - Protection contre l'humidité et les embruns.
  - Alimentation : pile au lithium 6V (type 2 CR5).
  - Température de fonctionnement : de -25 °C à + 55 °C.
  - Longueur : de 20 à 22 cm environ selon que les oculaires sont entrés ou sortis.
  - Largeur : environ 17,7 cm.
  - Epaisseur : 8 cm.
  - Poids : 1 490 g.
  - Prix : 23 500 F.

### LE TÉLÉMÈTRE LASER

Il comporte un émetteur **1** et un récepteur **2** d'impulsions infrarouges logés contre les prismes **3**. Les impulsions sont émises vers le sujet et recueillies par le récepteur après réflexion. Un ordinateur calcule la distance à partir du temps que mettent les impulsions pour faire l'aller retour.



suite de la page 113

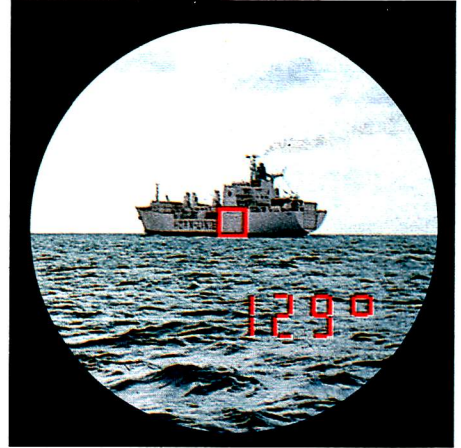
d'onde lumineuse déterminée. Pour couvrir tout le spectre visible, de 6 à 15 couches sont appliquées sur les faces des lentilles et 15 couches sur celles des prismes. Ce traitement se fait par vaporisation sous vide de substances telles que des oxydes de zirconium, de titane ou d'aluminium. L'épaisseur de chaque couche est déterminée avec précision et varie tout au plus de 0,6 à 0,13 angström, soit de 0,6 à 0,13 dix-millièmes de micromètre.

Si le système fonctionne en plein jour, sa portée est cependant améliorée lorsque la lumière ambiante est faible. A l'inverse, par brouillard, la mesure est difficile et la portée très faible. Il en est de même si le sujet a une forte capacité d'absorption des rayons lumineux (le feuillage d'un arbre, par exemple, ou un toit incliné qui ne réfléchira pas le rayon infrarouge vers les jumelles). La présence du télémètre est importante dans bien des circonstances, quand il est utile, par exemple, de connaître la distance du sujet observé : skippers souhaitant connaître l'espace les séparant d'autres bateaux, sauveteurs voulant déterminer exactement la distance du lieu d'un accident en mer ou à la montagne, ou encore pour certaines chasses.

Dans d'autres circonstances (pour la navigation en bateau, sur une piste dans un désert, en déplacement en montgolfière ou en grande randonnée), l'utilisateur recherche aussi sa position ou la direction de sa route. Il l'obtient, grâce à la boussole électronique intégrée, en moins de 0,2 s. Cette fois, le carré, visible au centre du champ, est pointé sur un repère (phare, oasis, arbre, bateau...) et la commande de la boussole est actionnée. L'ordinateur qui lui est associé calcule la direction par rapport au nord géographique, et la valeur, comprise entre 0 et 360°, s'affiche dans le champ visuel. Cette boussole magnétique, créée par Leica, est un composant solide, ce qui élimine tout risque de panne ou de mauvais fonctionnement mécanique.

Le système fait appel à deux groupes de dispositifs :

- Trois détecteurs électroniques à corps solides, ultrasensibles, solidaires du boîtier des jumelles, sont montés à 90° les uns par rapport aux autres, prenant ainsi en compte les trois composantes du champ magnétique terrestre : déclinaison (soit l'angle horizontal par rapport à la direction du nord), inclinaison (soit l'angle vertical par rapport au plan horizontal) et intensité de ce champ.
- Deux gradomètres, reliés à l'ordinateur, déterminent la position de la boussole par rapport au plan horizontal, l'utilisateur pouvant tenir ses ju-



### Au loin, l'objectif

Le carré central étant pointé sur le bateau, il suffit d'appuyer sur le bouton de position pour que l'angle d'azimut s'affiche dans le champ.

melles plus ou moins inclinées, ce qui fausserait les mesures précédentes de détermination du sens de déplacement du champ magnétique. Dans la limite de  $\pm 35^\circ$  d'inclinaison des jumelles, l'ordinateur effectue les corrections utiles ; au-delà le mot "erreur" s'affiche dans le champ visuel. Même par un fort roulis en mer, les mouvements n'exercent aucune influence sur le bon fonctionnement de la boussole.

Quel que soit l'endroit où l'on se trouve sur la planète, les jumelles peuvent donner la direction du pôle Nord géographique, à condition toutefois d'entrer la déclinaison spécifique du lieu où l'on se trouve. Après quoi, cette donnée est prise automatiquement en compte à chaque mesure. Même les petites sources de parasitage magnétique (montre, lunettes, etc.) ne sauraient perturber la fiabilité de la boussole. Seules les masses métalliques importantes, comme celles des bâtiments en béton armé, peuvent introduire des erreurs.

Avec leur télémètre à laser et leur boussole, les jumelles Géovid sont actuellement sans concurrentes. Une version professionnelle (notamment pour les usages militaires), équipée d'un laser différent, existe également. En duralumin gainé de polyuréthane, une matière imperméable à la pluie, la version "grand public" (Géovid 7X42 BDA) n'a toutefois pas une étanchéité totale ; les quelque 5 000 F nécessaires pour l'obtenir auraient rendu prohibitif cet instrument pour les navigateurs, les secouristes, les chasseurs et les randonneurs, que Leica souhaite intéresser. ■

# carrefour de L'INNOVATION

BUREAUTIQUE

## Le téléphone-fax-photocopieur-répondeur-enregistreur

Jusqu'ici, une même ligne ne pouvait transmettre qu'un appel téléphonique ou un fax – pour peu qu'on l'ait "basculé" sur cette dernière position. Il fallait choisir entre les deux, un mode de fonctionnement de la ligne (fax ou téléphone) excluant l'autre.

On ne pouvait donc recevoir de fax que si l'on était prévenu téléphoniquement à l'avance et si l'on affectait sa ligne, le temps du message, à sa fonction télécopie. Faute de quoi, si un fax parvenait sur cette ligne, il ne passait pas ; de même, si l'on restait sur la position fax, on ne pouvait recevoir d'appel téléphonique. Pour ne manquer aucun message, parlé ou écrit, on s'équipait donc généralement de deux lignes, chacune dédiée à une fonction et chacune ayant son propre numéro.

Voilà une contrainte qui saute avec le Galéo 2000, que propose France Telecom : ce poste sait en effet distinguer par lui-même un appel téléphonique d'un fax, et il se met automatiquement en position d'accueillir et de

transmettre l'un ou bien l'autre.

Sous un encombrement réduit, (98 x 260 x 240 mm) et d'un poids de 2,3 kg (ce qui en fait un outil de télécommunication facilement transportable), Galéo 2000 est un téléphone doté de tous les équipements modernes (mémoire de dix numéros, écoute amplifiée, fonction mains libres, etc.) ; et il est aussi un fax expédiant une télécopie en environ dix-huit secondes. Il est équipé d'un chargeur de cinq pages et d'un rouleau de papier thermique de 30 m (une centaine de pages A4). Cette dernière fonction fax se double d'une fonction photocopie.

Enfin, pour faire bon poids bonne mesure, Galéo 2000 est aussi un répondeur-enregistreur numérique interrogeable à distance (là encore, les appels dirigés vers le fax ou vers le répondeur sont discriminés automatiquement). Ce répondeur affiche le nombre de messages ainsi que le jour et l'heure de chaque appel. La durée des messages atteint vingt minutes, et un code confidentiel associé à une sonnerie spécifique permet de sélectionner les appels de correspondants privilégiés.

Ne mobilisant qu'une seule ligne, le Galéo 2000 remplit quatre fonctions différentes et vise un large marché : celui des petites entreprises et celui des particuliers. Diffusé par les boutiques Telecom, il reste en dessous de 4 000 F TTC (3 820 F TTC et 3 280 F HT).

France Telecom propose également Galéo 1000, qui présente aussi les trois fonctions téléphone, fax et photocopieur, mais qui ne fonctionne pas en répondeur-enregistreur. Le Galéo 1000 coûte 2 990 F TTC (2 522 F HT).

## Le 10 000<sup>e</sup> contrat...

● ... vient d'être signé par l'ESA, l'Agence spatiale européenne, après vingt ans d'existence. Pour la conduite de ses programmes de recherche et de développement, l'Agence dépense en effet la majeure partie de son budget en activités industrielles. Ces investissements valent à chaque Etat membre de l'ESA des contrats considérables (18 milliards d'euros depuis 1975, soit environ 123 milliards de francs), qui stimulent l'activité industrielle de façon à la fois directe et indirecte : mise au point de nouvelles techniques, "mariages" technologiques, retombées industrielles, etc.

PROJET

## Une décennie mondiale de l'énergie solaire ?

C'est en tout cas ce que l'UNESCO, l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture, propose de lancer à partir de 1995. Il s'agirait de favoriser le développement et l'utilisation non seulement du solaire mais de toutes les énergies renouvelables. En étudiant la place future de ces dernières, en faisant clairement le point sur leurs avantages et inconvénients, leur potentiel, leurs perspectives de développement technologique, leurs applications, leurs aspects sociaux, financiers, économiques et commerciaux ; et en précisant les besoins et les urgences en matière de recherche et de développement.

**Le petit appareil qui fait tout et sur une seule ligne : Galéo reçoit les fax, enregistre les appels téléphoniques et photocopie vos documents.**



D. Simon

## SOUFFLERIES

# La navette spatiale testée en France

La NASA vient de prêter à l'ONERA, l'Office national d'études et de recherches aérospatiales, une maquette de sa navette spatiale *Orbitor*. Cela permettra à l'organisme français, dès le printemps prochain, de parfaire la qualification de sa soufflerie hypersonique "F4" et de valider les codes de calcul qui sont utilisés pour prévoir le comportement des engins spatiaux lors de leur rentrée dans l'atmosphère.

Implantée au Fauga, près de Toulouse, F4 a été construite pour le programme Hermès et financée majoritairement par le CNES, le Centre national d'études spatiales. Le domaine d'action de F4 se situe entre Mach 12 et Mach 20. F4 vient en complément d'une autre soufflerie de l'ONERA, S4, située à Modane, dont le domaine est limité à Mach 8 et qui vient, fin décembre, de se servir d'*Orbitor* pour confronter ses calculs à la réalité.

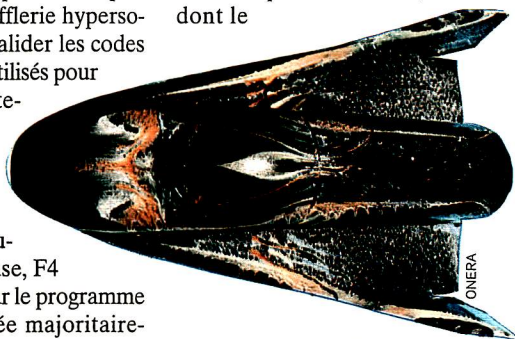
Plusieurs dizaines d'essais sur une maquette d'Hermès au 1/40 ont déjà été effectués sur F4. Quarante-trois tirs ont ainsi eu lieu pour les seuls essais de pesée aérodynamique, qui permettent d'évaluer, à vitesse hypersonique, les effets aérodynamiques sous diverses configurations de l'avion spatial, par exemple avec des braquages variés, des gouvernes de direction et des volets (*hardy flops*).

Aux vitesses atteintes par F4, il y a dissociation de l'oxygène et de l'azote de l'air et on se trouve devant des conditions d'écoulement qu'il est en général impossible de reproduire sur maquette.

La prévision de ce qui se passera en réalité est donc effectuée seulement par le calcul, après valida-

tion de la méthode utilisée et par des expériences sur maquettes réalisées dans des conditions parfaitement connues.

D'où l'importance de pouvoir tester dans F4 la maquette de la navette spatiale *Orbitor*, dont le



"fonctionnement" en conditions réelles est bien connu, afin de confronter les résultats fournis par F4 aux résultats réels.

Toujours pour affiner ses codes de calcul, l'ONERA teste simultanément la maquette d'Electre, qui a servi à une expérience réelle effectuée en 1971 et 1972 au

centre d'essais des Landes. Electre visait notamment à étudier les phénomènes électriques (ionisation) liés à la rentrée des ogives dans l'atmosphère.

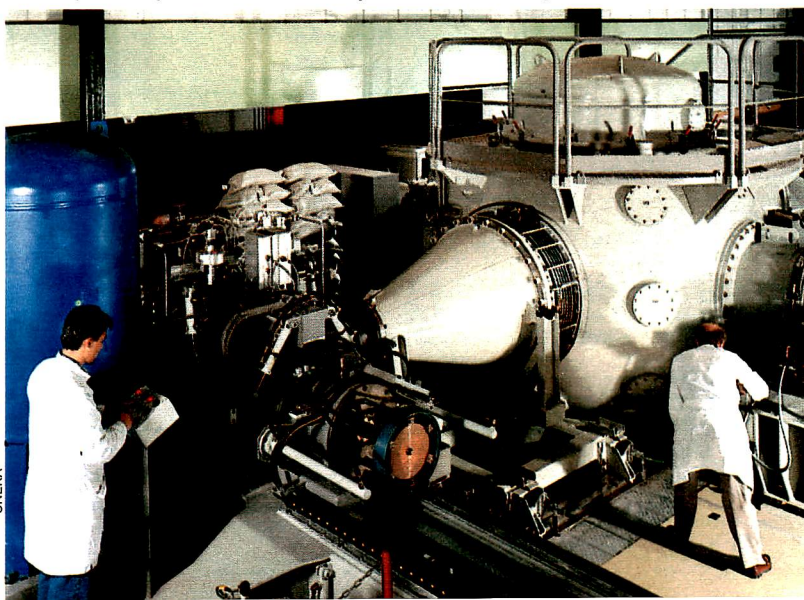
F4 fonctionne grâce à une chambre à arc. Le gaz d'essai (l'air) est chauffé à haute température (jusqu'à 7 000 °K) et porté à haute pression (entre 200 et 750 bars) au moyen d'un arc électrique intense. Le gaz est alors détendu dans une tuyère et acquiert une vitesse de plusieurs kilomètres par seconde. La durée de l'expérience ne dépasse pas soixante millisecondes pendant lesquelles doivent être effectuées toutes les mesures.

Grâce à *Orbitor*, F4 pourra ainsi être utilisée dans le programme européen de capsule habitée qui doit prendre le relais d'Hermès, ainsi que dans le programme français PREPHA, prélude au lanceur spatial récupérable équipé d'un moteur combiné (aérobie dans l'atmosphère, puis moteur-fusée ensuite). G.C.



Visualisation de l'écoulement des gaz sur une maquette d'Hermès à l'ONERA.

Caisson d'essai de la soufflerie F4 du centre de l'ONERA, au Fauga-Mauzac, dans laquelle est testée la maquette de la navette spatiale *Orbitor*.



GESTION

## Toute la fiscalité sur disquettes

**T**VA, bénéfices industriels et commerciaux, droits d'enregistrement, revenus des capitaux mobiliers, etc., le logiciel *l'Intégral fiscal* présente, sous la forme de quelques cassettes constamment actualisées, toute la documentation fiscale en droit des affaires, soit l'équivalent de 12 000 pages. Ses sources : le code général des impôts, la doctrine administrative et la jurisprudence. Avocats, fisca-

listes, financiers peuvent ainsi effectuer leur travail en puisant directement aux sources des textes qu'ils veulent citer. Ils les appellent directement sur leur propre traitement de texte. L'information est mise à jour chaque mois grâce à une disquette fournie par abonnement. Coût du logiciel : 3 850 F HT, avec six mois de mise à jour. Pour toute information : Polyacte, tél. : 1 47 45 50 30.

## 27 000 franchisés

● 550 réseaux et un chiffre d'affaires de 172,3 milliards de francs font de la France le troisième pays au monde et le premier en Europe en matière d'utilisation du système commercial de la franchise. Chiffres d'affaires estimés pour les principaux secteurs (en milliards de francs) : 124,3 pour le commerce ; 31,6 pour les services ; 14,4 pour l'hôtellerie et la restauration, 2 pour le bâtiment.

LABORATOIRE

## Automobile : les perturbations électromagnétiques au banc d'essai

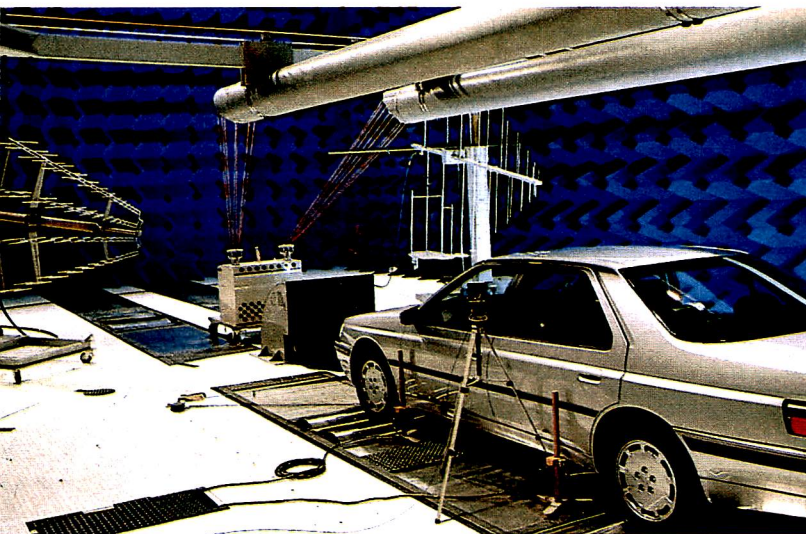
**D**e l'ABS à l'injection, l'électronique a, en quelques années, envahi toute l'automobile, améliorant son confort et sa sécurité. Mais toute cette électronique embarquée est sensible aux perturbations électromagnétiques causées par des sources aussi diverses que les émetteurs radio, les CB, les radiotéléphones ou les radars des aéroports. Il faut donc s'assurer que le fonctionnement des équipements de bord n'est pas altéré par ces perturbations qui peuvent s'avérer dangereuses.

C'est désormais chose possible, grâce à ECSPER (Essais complets de susceptibilité aux perturbations électromagnétiques rayonnées), une chambre de simulation parmi les plus avancées et les plus performantes d'Europe, dont la construction représente un investissement de 54 millions de francs. ECSPER a été conçue selon un cahier des charges défini par les constructeurs et les équipementiers automobiles. Ce laboratoire, construit par l'UTAC - l'Union technique de l'automobile, du

motocycle et du cycle - fonctionne à Linas-Monthéry.

Le cœur de l'installation est une cage de Faraday, longue de 19 m, large de 10 m et haute de 7 m, dans laquelle on place le véhicule à tester, équipé de tous ses systèmes électroniques. Ce véhicule peut être soumis à des champs électromagnétiques intenses : jusqu'à 200 volts par mètre dans la gamme de fréquence comprise entre 10 kilohertz et 2 gigahertz. Un laboratoire annexe pour l'étude de la compatibilité des différents équipements complète l'installation.

Deux cellules de mise au secret ont été prévues, ce qui permet l'utilisation simultanée d'ECSPER par des constructeurs différents.





VOILE

## Une voile sans couture

**T**ranslucide, avec une pointe de jaune (due à l'utilisation du plastique ultra-résistant Kevlar), une voile "3DL" ressemble à s'y méprendre à une voile haut de gamme. De loin seulement. Car la 3DL (3 dimensions en tissu laminé composite) est fabriquée d'une seule pièce : elle ne comporte ni panneaux, ni coutures.

Cette prouesse technologique est due aux patientes recherches de North Sails, le premier fabricant de voiles au monde, qui, dès 1980, se "faisait la main" en brevetant un procédé de fabrication de voile "sans couture" pour planche à voile.

Comme pour un vêtement, le procédé de fabrication classique d'une voile consiste à créer un volume défini par les coutures. Le procédé 3DL utilise, lui, un moule déformable, en fait une table plate qui peut être levée ou abaissée selon les instructions d'un ordinateur. Au-dessus de la table, un pont roulant supporte un dévideur à fibres qui fonctionne en respectant les formes, longueurs, largeurs et hauteurs, préalablement programmées sur une disquette informatique.

Un film plastique en Kevlar est d'abord posé. Puis une couche de fibres et un deuxième film. Enfin on chauffe et "cuit" sous vide le "sandwich" ainsi constitué.

### Normalisation et conquête des marchés

● Ce sera le thème d'un colloque qui se tiendra au palais des congrès de Paris le 11 janvier. Parce que la norme n'est plus seulement pour les entreprises une donnée technique, elle investit peu à peu le champ des politiques de recherche-développement, de la qualité et du marketing, pour s'imposer comme un outil stratégique de conquête des marchés. Contact : AFNOR, Annie Tricoche, tél. : 1 42 91 59 68.



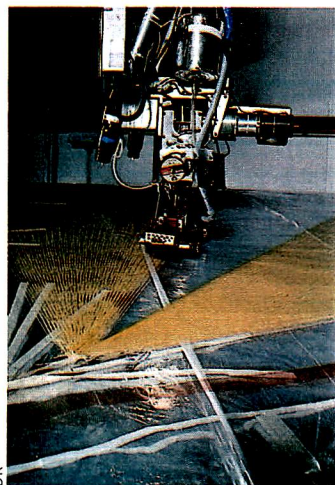
Pour faire une voile de bateau, on applique sur un moule un film de Kevlar, des fibres et un autre film. On chauffe, on cuit, et vogue le navire...

Avantages du procédé ? La suppression des coutures, qui sont toujours les points faibles d'une voile, et un important gain de poids : de 25 % à 30 %, dit-on chez North. Un avantage important puisque, plus une voile est lourde, plus la force de gîte augmente et plus difficilement, donc, le bateau peut se redresser.

Près de cent voiles 3DL ont été fabriquées et testées en compétition. Aujourd'hui North s'attaque au marché de la plaisance en remplaçant le Kevlar par du polyester,

parce qu'il est moins coûteux, et aussi parce que les contraintes subies par les voiles sont – et de loin – moins fortes qu'en compétition. Sa filiale française estime pouvoir réaliser, dès cette année, 30 % de ses voiles en 3DL.

M.L.



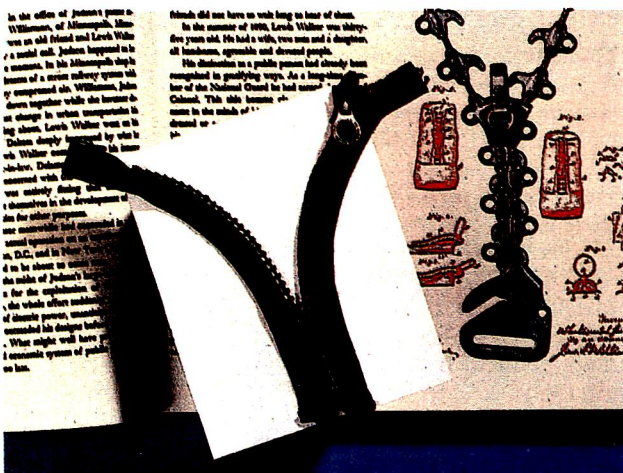
## Le centenaire de la fermeture à glissière

L'origine des fermetures à glissière, autrement dit de la fermeture Eclair (ce dernier terme étant une marque déposée en 1924, propriété de la société Prestil), remonte à plus d'un siècle. Un ingénieur, Whitcomb L. Judson, présenta une fermeture à glissière à l'Exposition de Chicago, en 1893, et prit les premiers brevets pour ce dispositif en 1894. L'invention, à l'origine conçue pour des chaussures, consistait en une série d'attaches séparées dont chaque élément était formé de deux pièces s'emboîtant l'une dans l'autre et pouvant être assemblées soit à la main, soit avec un guide mobile.

Cette même année 1894, le colonel Lewis Walker, de Meadville (Pennsylvanie), frappé par l'ingéniosité du dispositif, fonde la société Universal Fastener, à Chicago, pour fabriquer la fermeture de Judson. Pendant un certain temps les fermetures sont fabriquées à la main et des sommes considérables sont investies pour construire, en 1902, une machine d'après le modèle breveté par Judson. D'un fonctionnement trop compliqué, cette machine doit être abandonnée.

**En 1905, Judson conçoit une nouvelle fermeture plus facilement réalisable** par des opérations mécaniques. Les attaches sont alors simplement fixées au bord d'un ruban de tissu. La société Universal Fastener, réorganisée, prend le nom de société Automatic Hook and Eye, établie à Hoboken, dans le New Jersey, et les nouvelles fermetures sont vendues par l'intermédiaire de colporteurs sous la marque C-Curiry. Les fabricants de vêtements ne s'intéressent cependant pas à cette fermeture, sans doute parce qu'elle conserve certains défauts, notamment celui de s'ouvrir brusquement de façon imprévue...

M. Aronson, l'un des ingénieurs de la société, réussit cependant à perfectionner la fermeture de Judson. En 1909, ce dernier, devenu directeur d'Automatic Hook and Eye, reçoit M. Gidéon Sundback, un jeune ingénieur suédois, et il le met au défi d'améliorer la technique pour rendre le produit plus sûr. Après plusieurs années de travail, Gidéon Sundback fait ainsi breveter un modèle, mais celui-ci ne donne pas satisfaction. Au point que la société frôle la faillite. G. Sundback trouve alors un nouveau dispositif : il invente, en 1912, une fermeture sans agrafe... mais ce modèle s'avère encore peu pratique. G. Sundback poursuit ses recherches pour



Zip, zap ! Depuis son ancêtre, proposée à l'Exposition de Chicago en 1893, la fermeture Eclair a acquis bien de la souplesse...

réaliser une fermeture pouvant être produite en série ainsi qu'une machine pour la fabriquer. En reprenant ses travaux antérieurs, il décide que la nouvelle fermeture doit être souple et il invente la fermeture Hookless, vendue pour la première fois en Amérique en 1914. Il invente également des machines capables de découper les mailles et de les poser sur le ruban.

C'est l'entrée en guerre de l'Amérique en 1918 qui lance la fermeture à glissière. On la trouve alors sur les vêtements d'aviateurs et de marins. Les confectionneurs s'y intéressent enfin. En 1917, la société Kynoch (groupe ICI), à la recherche de nouveaux champs d'activité pour l'après-guerre, achète les droits de G. Sundback pour l'exploitation de ses brevets et, six ans plus tard, cette exploitation donne le jour à la société Lightning Fasteners Ltd, à Birmingham. En décembre 1924, une filiale est créée en France, qui produit la fermeture Eclair, tandis que des sociétés du même groupe s'installent en Allemagne et en Autriche.

**Pendant toutes ces années, les fermetures à glissière sont constituées de mailles métalliques** posées sur des rubans de tissu. C'est seulement en 1960 qu'est créée la première fermeture en filament de nylon spiralé et cousu sur un ruban. Désormais métal et plastique vont de concert. Elles ont chacune leurs adeptes et des applications spécifiques.

Aujourd'hui, soixante-dix ans après, la fermeture Eclair est toujours fabriquée par la société Eclair Prestil, à Bernay, dans l'Eure.

## Payez vos factures par minitel

**T**éléfact, société créée par la BNP, le Crédit Mutuel, le Crédit du Nord, EDF et France Telecom permet depuis l'automne, en Ile-de-France, de régler ses factures par minitel. Après cette phase de rodage et de mise en place sur France Telecom et EDF-GDF, le service Téléfact sera ouvert dès janvier 1994, sur la France entière, à tout type de facture : Compagnie des eaux, assurances, Trésor public, etc.

Après le traditionnel paiement des factures par chèque, puis par prélèvement automatique, voici enfin l'avènement, annoncé depuis longtemps, de la "monnaie électronique": Pour accéder à Téléfact,

### 36 17 VAE

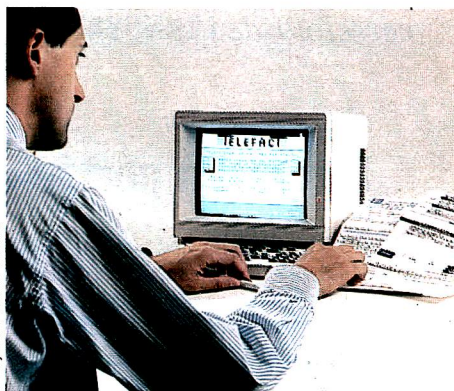
● C'est un nouveau service télématique qui permet à chacun, professionnels ou grand public, d'avoir accès aux annonces détaillées des ventes aux enchères, qui restaient jusqu'ici le plus souvent réservées à un public d'initiés.

deux possibilités sont offertes :

● 36 15 Téléfact : le client retourne à l'émetteur de facture sa demande d'adhésion au service Téléfact. Après réception de sa facture, il se connecte sur le 36 15 Téléfact pour utiliser le télépaiement. En suivant les instructions des pages-écrans, il donne son accord de paiement et obtient le numéro d'enregistrement qui atteste son règlement.

● Les services de banque à domicile : les clients des banques adhérentes n'ont pas besoin d'inscription préalable. En se connectant sur le service de la BNP, du Crédit du Nord ou du Crédit Mutuel, ils se voient proposer automatiquement l'accès au télépaiement. Quel que soit le système retenu, le client garde dans tous les cas l'initiative du règlement de chaque facture.

Téléfact est un service pratique : le client règle ses factures directement à partir d'un minitel, où qu'il soit, vingt-quatre heures sur vingt-quatre et sept jours sur sept, sans même remplir un chèque ; un service sûr : avant de donner son ordre de paiement, le client



M. Reynaud / France Telecom

**Une facture à régler ? 36 15 Téléfact et, en moins de deux minutes, sans chèque et sans courrier, c'est réglé.**

contrôle et valide le montant de sa facture, et chaque paiement est attesté par un numéro d'opération qui en justifie le règlement ; enfin, Téléfact est un service économique et rapide : le règlement d'une facture par minitel prend habituellement moins de deux minutes (prix d'une communication de deux minutes sur le 36 15 Téléfact : 2,19 F).

Les deux plus gros émetteurs de factures, France Telecom et EDF-GDF, estiment qu'à moyen terme 10 % de leurs clients pourraient avoir recours à ce nouveau service. Téléfact offrira bientôt son service aussi par téléphone. Les grands émetteurs de factures effectuent des phases-pilotes en 1994 avant de décider la généralisation du système.

### OUTILLAGE

## La pince qui découpe et dénude les fils électriques

**C**ette nouvelle pince électrique est suffisamment révolutionnaire pour avoir d'emblée séduit Facom, la première marque européenne d'outillage à main. Elle permet, en une seule opération, par serrage à la main comme avec une pince classique, de couper la gaine et de dénuder l'extrémité du fil. Conçue par la société Pram, son concept est né de l'idée d'un utilisateur qui s'est demandé pourquoi deux opérations étaient nécessaires même avec les outils les plus perfectionnés existants sur le marché : tout d'abord

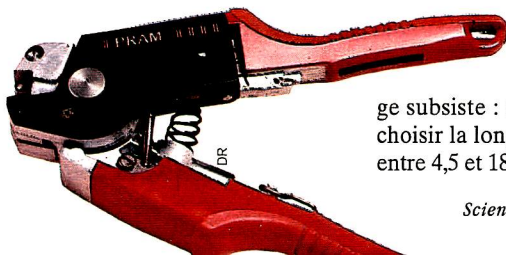
couper la gaine du fil, puis le dénuder, avec le bout de la pince.

Facom, qui a l'exclusivité européenne de diffusion de ce nouvel outil et qui garde secret son mode de fonctionnement, s'est même associée à sa mise au point et à sa réalisation. Un partenariat qui a

permis l'optimisation du produit.

La pince Pram effectue la "coupe-dénudage" de tous les types de fils électriques d'une section allant de 0,5 à 4 mm<sup>2</sup>, cela sans réglage de la pince au diamètre du fil. Celle-ci s'ajuste automatiquement, d'elle-même, au fil utilisé, en fonction de sa section et de l'épaisseur de l'isolant.

Un seul réglage subsiste : celui qui permet de choisir la longueur du dénudage, entre 4,5 et 18 mm.



INFORMATIQUE

## L'expert à portée de main

**P**our un jour ou pour un an, selon les besoins, plus de mille informaticiens indépendants apportent leur savoir-faire aux entreprises françaises. Ils exercent leur activité dans toutes les régions (même si 50 % d'entre eux sont concentrés dans la région parisienne).

Ils interviennent sur un simple coup de fil : c'est vers eux qu'on se tourne pour les problèmes de conseil en informatisation, de formation, de choix de progiciels, etc., quels que soient les équipements et les logiciels sur lesquels "tournent" les machines de l'entreprise.

Ils sont experts techniques agréés par le ministère de la Re-

cherche, ingénieurs-conseils auprès de la Communauté économique européenne, experts auprès des tribunaux ou, simplement... autodidactes. Ils ont entre 22 et 65 ans, une expérience professionnelle de huit ans en moyenne, et ils bénéficient généralement de solides références.

Comment les trouver ? *L'Annuaire des indépendants en informatique* les réunit désormais (contact Fabrice Batty, tél. : 1 45 22 81 71). En un quart de page, l'ouvrage présente le profil de chacun : ses coordonnées complètes, son âge, son expérience, ses coûts journaliers, ses compétences

informatiques (logicielles et matérielles), son domaine d'activité...

Des index figurant en fin d'ouvrage permettent de trouver facilement, dans chaque région et chaque domaine de compétences, la perle rare que l'on recherche.

### Moins de flou dans les lunettes

● Le centrage d'un verre de lunettes sur une monture est désormais effectué à moins de 50 microns près, grâce à une nouvelle machine utilisée par le lunetier Essilor.

## PROTOTYPE

## Le stylo-feutre qui détecte les faux billets

**A** une époque où même l'épicier du coin est équipé d'une caméra qui filme, vingt-quatre heures sur vingt-quatre, ce qui se passe dans son magasin pour décourager les voleurs, le dernier problème majeur en matière de sécurité est celui de la détection de la fausse monnaie. Aucun des détecteurs de faux billets jusqu'ici mis sur le marché ne paraît avoir été bien efficace ni convaincant ; leur principale vertu semble avoir été dissuasive. Ils ont du reste, après un engouement passager, disparu des comptoirs des magasins.

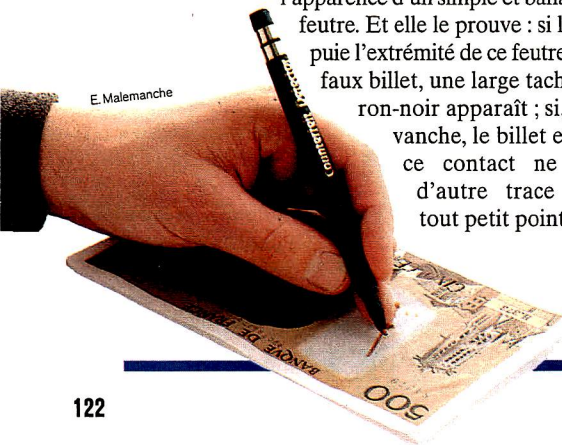
Or, voici que Janet Tatransky, une Canadienne, annonce avoir mis au point le détecteur infailible sous l'apparence d'un simple et banal stylo-feutre. Et elle le prouve : si l'on appuie l'extrémité de ce feutre sur un faux billet, une large tache marron-noir apparaît ; si, en revanche, le billet est bon, ce contact ne laisse d'autre trace qu'un tout petit point jaune,

pratiquement invisible. L'expérience est surprenante...

Aucune magie, aucune source d'électricité ou d'ultraviolet dans ce feutre, aucun tour de passe-passe là-dessous – nous avons nous-mêmes testé le stylo à détecter les faux billets – mais, plus simplement, une réaction chimique. Le feutre contient un produit, dont bien évidemment Janet Tatransky conserve jalousement le secret, qui réagit avec les faux billets, ceux dont le papier est dépourvu d'un acide présent dans tous les papiers-monnaies imprimés par tous les instituts d'émission du monde – sauf, paradoxe, l'institut canadien. Ce qui condamne la firme créée par Janet Tatransky pour fabriquer son feutre, l'International Business Corp (IBC), à s'attaquer d'emblée au marché international.

Janet Tatransky a une certaine expérience en matière de lutte contre la fausse monnaie : elle a travaillé plus de dix ans au service des fraudes de Montréal. Son feutre, qui a sa place dans tout sac à main ou toute caisse enregistreuse, permet de tester jusqu'à 5 000 billets et coûte environ 20 dollars (soit environ 120 F) au détail.

Janet Tatransky ne s'arrête pas en si bon chemin. Elle annonce un feutre également valable pour tester le dollar canadien et – chut, secret – un détecteur de faux papiers d'identité, de faux passeports et même de fausses cartes de crédit...



E. Malemanche

ULM

## L'avion qui a un parachute à la place des ailes...

Ce curieux biplace, le Kestrel, possède une charpente d'avion ultra-léger (il ne pèse que 90 kg à vide), mais ses ailes sont remplacées par un parachute orientable à pression aérodynamique. La force motrice est fournie par un moteur à essence de 50 chevaux entraînant une hélice arrière.

Cela donne un engin très facile à piloter (apprentissage en quatre heures), économique, qui peut être utilisé tant pour le plaisir que professionnellement (agriculture, cartographie, surveillance) ; enfin, l'appareil est d'une grande sûreté, le parachute garantissant une descente en douceur en cas de panne de moteur.



Au décollage, le parachute, disposé à l'arrière, se gonfle sous l'effet de souffle de l'hélice. Lorsqu'il est bien gonflé, on le ramène au-dessus de l'appareil puis on augmente le régime moteur et l'avion s'ébranle.

Après une course de cinquante mètres, il s'élève très rapidement à quinze mètres d'altitude.

En vol, trois commandes suffisent pour diriger l'appareil : l'accélérateur au pied et deux câbles de guidage reliés au parachute. On trouve un seul instrument à bord : un altimètre. C'est l'accélérateur qui permet de monter ou de descendre. La vitesse de croisière est de 56 km/h, la vitesse maximale de 72 km/h.

Conçu en Grande-Bretagne, le Kestrel vient d'être agréé par la direction britannique de l'aviation civile, et il est conforme aux rigoureuses normes européennes de limitation du bruit.

## ... et l'ULM façon "design"

Curieux ULM que le Pegasus Quasar-Microlight ; il fait penser à un jouet de luxe ou à un personnage de dessin animé. Ce deux-places pour le sport, les loisirs ou un usage commercial (sous réserve de l'approbation de la Direction de l'aviation civile) est un ULM revu et repensé par une firme britannique de design. Il vient de recevoir un prix d'esthétique industrielle à un concours organisé outre-Manche, où l'on sait que l'élégance dans la forme d'un produit accroît son succès commercial.

Pegasus possède des atouts techniques : son train d'atterrissage tricycle facilite son transport ; son moteur est moins bruyant que celui de ses concurrents ; sa vitesse maximale atteint 130 km/h ; et sa carcasse et son hélice tripale, en plastique armé de verre, simplifient sa construction, accroissent sa solidité et le rendent plus agréable à l'œil.



DR

SKI

## Les vieilles "planches" n'iront plus dans les décharges

**E**n Suisse, on se sert tellement des skis qu'ils "rendent l'âme" au bout de quatre ans. Jusqu'à présent, quelque 500 000 paires (ce qui remplirait 170 wagons !) partaient chaque année en décharge ou en incinérateur.

Les choses sont en train de changer grâce à l'association du constructeur Völk et d'une société de traitement des déchets, Inter Recycling, qui se sont lancés dans une opération pilote de recyclage des skis, surfs et monoskis. Inter Recycling Ag a mis en œuvre à Küsnacht, près de Lucerne, une installation de

récupération, par traitement mécanique, des composants des skis : acier, aluminium, bois et matières plastiques. D'autres fabricants de skis rejoignent Völk et, à terme, un prélèvement d'environ 3 % sur le prix de vente des skis pourrait couvrir la charge du recyclage.

Dernière heure : la firme française Rossignol, numéro un mondial du ski, annonce une opération pilote surnommée Flocon vert qui vise à récupérer l'ensemble du matériel aussi bien en ski alpin que nordique afin de le recycler. Cette opération est lancée avec trente magasins

«pour récupérer le matériel auprès du consommateur, en attendant que Rossignol fasse la collecte en vue du recyclage».

Dans une première étape, un recycleur professionnel effectuera le tri des matériaux : métaux d'un côté, ABS, fibre de verre, etc. de l'autre. Tout ce qui n'est pas métal sera transformé en briquettes et servira à alimenter les fours des cimenteries. Ces fours, qui consomment beaucoup d'énergie, brûleront les briquettes à des températures extrêmement élevées sans émanations toxiques ni cendres.

### DES MARCHÉS À SAISIR

*Les innovations et les techniques présentées ici ne sont pas encore exploitées sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous*

*sélectionnons sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir", c/o Science & Vie, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.*

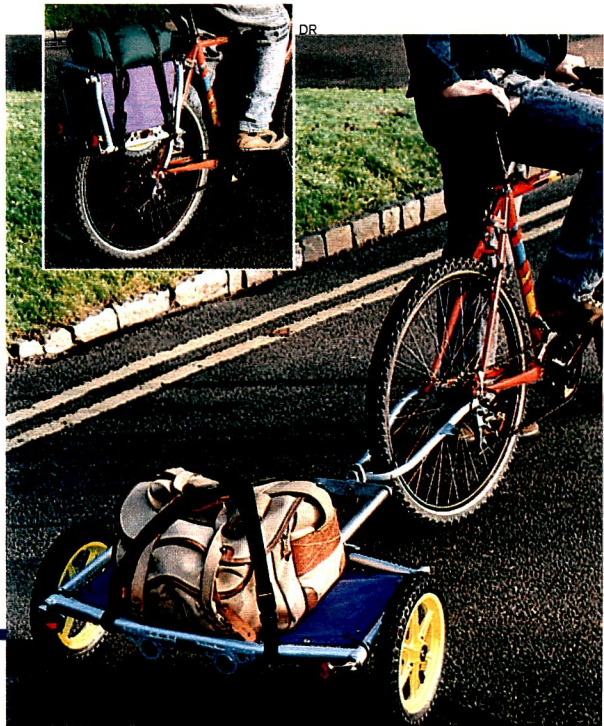
## Le porte-bagages du vélo se transforme en remorque

**R**eplié à l'arrière du vélo, derrière la selle, c'est un porte-bagages anodin apte à transporter une charge classique. Mais, déplié, ce porte-bagages se transforme en une véritable remorque, solidaire de la partie arrière du cadre.

Cette plate-forme roulante (dont le centre de gravité est bas) est capable de transporter des charges encombrantes et lourdes (jusqu'à 40 kg) qui, solidement arrimées, restent si stables que l'invention peut s'adapter aux VTT.

Cette invention anglaise vient d'être primée à l'occasion d'un concours financé par Toshiba et organisé par la confédération des industries britanniques. Un concours – les inventeurs britanniques sont bienheureux – qui en est à sa cinquième édition et qui décerne aux inventeurs plus de cent mille livres sterling (soit environ 870 000 F), leur donnant ainsi la possibilité de transformer leurs idées en sources de revenus.

Nous "laissons la parole" à nos deux photos, sur lesquelles l'inventeur de cette remorque escamotable, Gareth Jones, fait la démonstration du système qu'il a mis au point : il n'y a rien à y ajouter.



## Prévisions démographiques encore plus sombres...

● ... que prévu, selon une étude britannique. En 2020, un Européen sur quatre aura plus de 60 ans, contre un sur cinq actuellement. En 2025, il n'y aura plus que deux actifs pour chaque personne ayant dépassé 60 ans.

## Plastique contre champ magnétique

● Pour offrir un sommeil loin de tout champ magnétique, le sommier Ergoloto, mis au point par la société suisse Superba, est constitué de quelque 180 pièces de plastique et de caoutchouc qui forment le système de suspension. Les rares pièces de métal (vis) ont été chromées afin d'éviter toute influence magnétique. Autre avantage d'Ergoloto : un sommier en plastique ne rouille pas et demeure silencieux...

## LOGICIEL

## Aide à la sécurité incendie

Un logiciel d'aide à la conception des installations anti-feu devant équiper les établissements recevant du public (les "ERP") a été mis au point par Cerberus Guinard. Après l'entrée des données essentielles de l'installation à protéger, telles que sa taille et la nature de son exploitation, ce logiciel précise les réglementations et le type d'alarme applicable à la catégorie dans laquelle se situe l'établissement. Il précise le nombre et le type de détecteurs, de centrales d'alarme et de dispositifs de sécurité à mettre en œuvre. Et il édite un projet de l'installation à effectuer.

## INVENTION

## Genève : une médaille pour le Salon

D'ordinaire ce sont les salons qui distribuent les médailles. Et ce sera bien le cas cette année, pour le Salon international des inventions et produits nouveaux, qui tiendra à Genève sa XXII<sup>e</sup> édition, du 15 au 24 avril. L'un des aspects de ce salon est en effet d'être un concours, primant les meilleures innovations, ce qui les authentifie et leur permet d'arriver plus vite sur le marché. Mais cette année est à marquer d'une pierre blanche. L'OMPI, l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle, a en effet décidé d'offrir sa médaille au salon lui-même, en la personne de son président fondateur, Jean-Luc Vincent.

Cette médaille, destinée à honorer les inventeurs mais également les personnalités qui «ont contribué d'une manière exceptionnelle à la promotion et à l'encouragement des activités inventives et innovatrices», est, pour la première fois, décernée à un organisateur de salon. «En reconnaissance, dit-on à l'OMPI, des services rendus aux inventeurs dans le cadre du salon, qui attire chaque année de plus en plus d'inventeurs du monde entier.»

Nos lecteurs connaissent bien le Salon de Genève, qui met en contact ceux qui ont un produit inédit ou une technique nouvelle et les partenaires indispensables à leur succès : investisseurs, fabricants et distributeurs, venus du monde entier voir chaque année un salon nouveau (on ne peut exposer qu'une fois). C'est la seule manifestation consacrée exclusivement aux inventeurs, et elle constitue le plus impor-

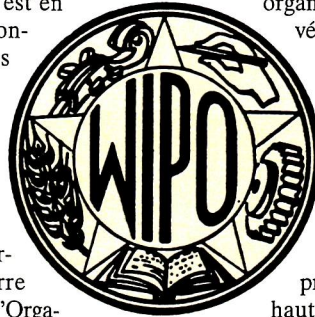
tant marché d'inventions au monde. Le Salon de Genève, c'est : plus de 110 000 visiteurs, 635 exposants de 33 pays et 1 000 inventions, présentées par des chercheurs indépendants mais aussi par des entreprises, des laboratoires, des universités, des organismes d'Etat ou privés.

Des professionnels viennent y "parler affaires" : 45 % des inventions y sont négociées.

Les Français sont toujours les plus nombreux à Genève – les plus primés aussi. Les plus hautes instances technico-économiques françaises apportent leur patronage au Salon, sous forme de prix réservés aux inventeurs français. La section française bénéficie ainsi de l'appui de l'Institut national de la propriété industrielle, de l'Agence nationale de valorisation de la recherche, de l'association France-Brevets, de l'Assemblée des chambres françaises de commerce et d'industrie, de la chambre France-Suisse pour le commerce et l'industrie, de l'Assemblée permanente des chambres de métiers, du Centre des jeunes dirigeants d'entreprise et de la Compagnie nationale des conseils en propriété industrielle (prix de 10 000 F).

*Science & Vie*, pour sa part, invite un inventeur dont la création aura été publiée au cours des douze derniers mois. Renseignements : *Science & Vie*, département Innova, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75015 Paris. Contact Monique Vogt, tél. : 1 46 48 48 66 ; fax : 1 46 48 48 67. ■

Ont collaboré à cette rubrique : **Germain Chambost et Marie Lesure.**



## La lumière électrique

### Deuxième partie

*A la maison, on s'éclaire avec les ampoules à filament mais dès qu'on sort de chez soi on tombe sous la lumière des lampes au sodium, des néons ou des tubes fluorescents. Ce sont toujours les électrons qui brillent en sautant, mais on ne les fait pas sauter de la même manière.*

**L**e courant électrique chauffe tout ce qu'il traverse, et la chaleur ainsi dégagée est d'autant plus forte que le conducteur est plus résistant : cet effet, étudié dès 1850 par le physicien anglais Joule, est à la base des ampoules habituelles qui servent à éclairer la maison. Mais, comme nous l'avons vu le mois dernier, si cette lumière d'origine thermique est agréable à l'œil, elle a en revanche l'inconvénient de consommer beaucoup d'énergie : le rendement est faible.

Il suffit d'approcher la main d'une ampoule et de sentir la chaleur qui s'en dégage pour comprendre qu'une fraction importante du courant consommé part en rayonnement thermique et en chaleur dissipée dans le verre de l'ampoule ou dans son support. Qui plus est, une bonne partie de la lumière est émise au sein même du filament et ne parvient pas à la surface : les métaux ne sont pas transparents. Au total, une lampe à filament ne donne guère plus de 10 à 15 lumens par watt consommé (lumen : unité de flux lumineux).

Or, nous l'avons vu dans le précédent numéro, la matière émet de la lumière quand les électrons d'un atome descendent d'un étage – ces électrons négatifs tournent autour du noyau positif à

des distances bien précises qui correspondent à des niveaux d'énergie ; les électrons sont donc étagés sur des couches de plus en plus distantes et le niveau d'énergie potentielle s'accroît à mesure qu'on s'éloigne du noyau.

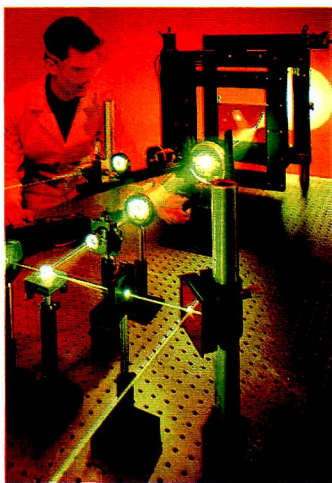
Mais pour que des électrons descendent d'un étage, encore faut-il qu'ils soient montés au niveau supérieur, ce qui n'est pas dans leur nature. Il faut d'abord leur forcer la main, ou plus exactement leur apporter de l'énergie, au même titre qu'il faut pousser un animal réticent pour lui faire monter un escalier. La manière la plus simple de déplacer un électron vers le haut, alors que normalement il tourne à une dis-

tance bien constante du noyau, c'est de chauffer l'atome.

Toute élévation de température s'accompagne d'une augmentation de l'agitation thermique ; cette agitation décroche les électrons de leur orbite habituelle et les fait sauter à un niveau supérieur. Plus l'agitation est forte et plus ils sont projetés loin ; en contrepartie, plus ils retombent de haut et plus ils émettent un rayonnement intense. Le passage du courant électrique suffit à échauffer un conducteur jusqu'à l'incandescence parce que le flux d'électrons qui correspond à ce courant heurte les atomes du conducteur et en augmente l'agitation, donc la température.

Mais, nous l'avons dit, une bonne part de l'énergie part en chaleur dont on n'a ici nul besoin car une ampoule est faite pour éclairer et non pour cuire un œuf. Or, le courant électrique, ou plutôt le champ électrique qui lui donne naissance, peut aussi soulever des électrons sans faire appel à l'effet Joule où la résistance du conducteur provoque son échauffement. Les éclairs observés pendant un orage en sont un bon exemple : bien qu'il y ait aussi une part d'effet Joule, la lueur des éclairs est surtout due à un phénomène d'électroluminescence.

Il en va de même pour les étincelles et pour les décharges électriques dans les gaz à basse pression : cette dernière formule est celle des tubes au néon des enseignes lumineuses et des ampoules des réverbères destinés à l'éclairage des rues ou des routes. Les tubes fluorescents des bureaux ou des couloirs du métro



### La lumière en fil

**Quand les électrons décrochent tous en cadence, le rayonnement émis par un gaz (ici, l'argon) se concentre en un mince trait de lumière intense : c'est l'effet laser.**





P. Boulat/Cosmos

### Éclairage au gaz rare

C'est le passage du courant dans un gaz à basse pression qui le rend lumineux, la couleur ne dépendant que de la nature du gaz en question : le néon est rouge, mais le mercure est vert et le sodium orangé.

font, eux, appel à deux processus distincts : électroluminescence plus photoluminescence.

La lumière directement produite, sans qu'il y ait le moindre échauffement, par le passage du courant à travers un gaz, ou même un solide, s'explique toujours par une modification des orbites électroniques. A l'état normal, l'air et les gaz sont des isolants – sinon le courant passerait directement d'un trou de la prise de courant à l'autre ; toutefois, si le champ électrique est assez puissant (différence de potentiel élevée comme en produisent les machines électrostatiques ou les transformateurs à fort coeffi-

cient, genre bobine d'allumage) le courant passe quand même sous forme d'étincelle.

Cela est dû au fait qu'un gaz n'est pas un isolant parfait comme le vide dans la mesure où il y a toujours des électrons qui ont été détachés d'un atome sous l'action des rayons cosmiques (rayons corpusculaires, et électromagnétiques de très haute fréquence, émis par le Soleil et les étoiles, donc d'origine extraterrestre). On dit alors que le gaz est ionisé ; cette ionisation consiste, en premier lieu, dans le détachement d'un ou de plusieurs électrons d'une molécule primitivement neutre, lesquels forment

alors des ions négatifs. En second lieu, les molécules qui ont perdu un ou plusieurs électrons forment des ions positifs.

Toutes ces particules chargées sont déplacées par un champ électrique, et elles sont d'autant plus accélérées que la différence de potentiel est plus forte. Dans leur mouvement, elles viennent alors heurter les molécules du gaz et, si elles sont suffisamment rapides, le choc va décrocher d'autres électrons des atomes, créant ainsi d'autres ions.

Ceux-ci sont à leur tour accélérés par le champ et viennent heurter d'autres atomes, libérant des électrons qui vont amplifier le mouvement amorcé, et ainsi de suite : on obtient des avalanches d'ions dans ce processus dit d'ionisation par chocs. Ce double mouvement de charges – les ions positifs allant dans un sens et les ions négatifs dans l'autre – constitue un courant électrique qui va circuler à travers le gaz.

Le passage de ce courant s'accompagnera toujours d'une émission lumineuse car, dans l'ionisation par chocs, il y a non seulement des électrons qui sont arrachés aux atomes et participent à la conduction, mais il y en a bien plus encore que le choc fait seulement sauter sur des orbites plus hautes d'où ils retomberont en émettant un rayonnement électromagnétique dont une bonne part aura les fréquences de la lumière visible.

Mais pour que le courant passe, il faut, à pression normale, une différence de potentiel très élevée, faute de quoi les quelques ions toujours présents dans un gaz ne prennent pas une vitesse suffisante, avant de heurter l'atome voisin, pour enclencher le processus. En revanche, à faible pression, les atomes sont plus éloignés les uns des autres et les ions ont assez de distance pour ▶

suite de la page 127

prendre de la vitesse et amorcer le processus, même avec une différence de potentiel moyenne.

A la pression ambiante, il faut donc une tension de l'ordre de 10 000 volts pour franchir quelques millimètres d'air et plus de 100 000 si l'écart entre conducteurs se compte en centimètres. Encore doit-on ajouter que la conductibilité de l'air varie de manière un peu aléatoire entre les deux électrodes, de sorte que le courant passe de l'une à l'autre selon un trajet sinueux et instable caractéristique de tous les éclairs et de toutes les étincelles.

**D'autre part, cette décharge disruptive mettant en jeu des avalanches très brusques et très rapides de particules, les atomes entiers se voient secoués et leur agitation moyenne se trouve augmentée : il y a donc aussi sur le passage de l'étincelle une brusque élévation de température, ce qui n'est pas le but recherché.**

En abaissant la pression du gaz entre les deux électrodes, on facilite la circulation des ions et le phénomène observé se modifie. A 760 mm de mercure, pression normale, c'est l'étincelle classique ; à 100 mm (assez facile à obtenir avec une pompe), l'étincelle est remplacée par un filet lumineux de couleur rose (pour l'air) ayant l'aspect d'une chenille dont le diamètre augmente à mesure que la pression diminue : c'est la colonne lumineuse.

Vers 10 mm, la chenille devient serpent, et elle est alors assez épaisse pour remplir le tube de verre portant une électrode à chaque bout et qui sert à faire les essais : c'est la colonne positive. Sa couleur dépend du gaz mis dans le tube : mauve pour l'azote, rouge pour le néon, vert pour le mercure, pourpre pour l'hydrogène, orangé pour le sodium, etc. Si on abaisse encore la pression, l'électrode négative s'enveloppe d'une gaine lumineuse, dite lumière négative, qui est séparée de la colonne positive par un espace sombre. Le rendement lumineux et le spectre obtenu dépendent du gaz dont est emplie le tube, de la tension appliquée aux électrodes et de la pression. Ce rendement peut atteindre dix fois celui des ampoules à filament, mais la lumière émise n'a pas, le plus sou-

vent, un spectre continu comme celui d'un filament incandescent : le tube, ou plutôt le ballon, de sodium basse pression (3 mm de mercure) a un rendement de 200 lumens par watt, mais sa lumière ne contient

pratiquement que de l'orangé.

L'effet visuel donné par une telle lumière pratiquement monochromatique est peu agréable : tout ce qui est bleu paraît gris et la figure des voisins prend une teinte verdâtre peu seyante – tout le monde a constaté le fait en passant sous certains lampadaires d'éclairage public ou dans certains tunnels.

**Utilisés dès 1930, les ballons au sodium basse pression** cèdent peu à peu la place au sodium haute pression (manière de parler : 150 mm de mercure seulement, soit le cinquième de la pression normale), dont le rendement lumineux est moins bon – 130 lumens par watt – mais le spectre plus large.

D'une manière générale, quand on élève la pression, le spectre s'élargit (la lumière émise comporte plus de couleurs) mais le flux lumineux descend. Comme toujours, il y a donc un compromis à trouver entre le rendement et l'agrément. On a également utilisé des ballons à vapeur de mercure qui donnaient une lumière blanc bleuté, mais leur rendement est peu élevé (40 lm/W). Les tubes à décharge des lampes flash donnent une lumière blanche à spectre très large, qui se rapproche de la lumière solaire, mais le principe reste le même.

En revanche, les tubes fluorescents qu'on trouve dans les bureaux ou les magasins suivent, eux, un double processus : le passage du courant dans le gaz (vapeur de mercure) produit une émission d'ultraviolets, invisibles et dangereux pour l'œil, qui à leur tour produisent une émission de lumière visible dans la peinture qui recouvre les parois du tube – il y a donc électroluminescence, puis photoluminescence. C'est le même principe qui est à la base de la lampe à induction de Philips, où un courant haute



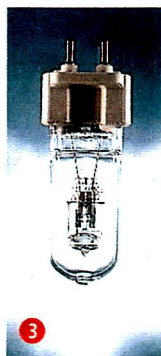
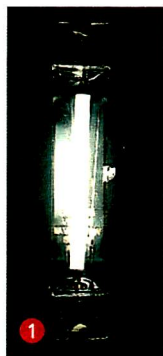
Perlestein/Jerifcan

### L'éclair du xénon

**Le flash qui équipe la plupart des appareils photo comporte toujours un minuscule tube rempli d'un gaz rare de l'air, le xénon, à travers lequel on décharge un condensateur.**

## Un grain de Soleil en tube

L'arc électrique représente la plus haute densité d'énergie lumineuse que l'on sache obtenir sur Terre. Les lampes à arc, dont la lueur est insoutenable à l'œil, servent aussi bien à la projection des films qu'à la simulation du Soleil dans certaines recherches d'optique.



Photos OSRAM

fréquence parcourant un bobinage placé dans l'ampoule induit un courant dans le gaz de remplissage qui émet alors de l'ultraviolet.

L'arc électrique, dont la lueur est littéralement aveuglante, repose aussi sur le passage du courant à travers un gaz mais, en fait, la lumière provient essentiellement de l'électrode par agitation thermique. Sous l'intensité du bombardement ionique, la cathode voit sa température grimper vertigineusement, et c'est elle qui libère des électrons bien plus nombreux que ceux dus à l'ionisation par chocs dans le régime luminescent.

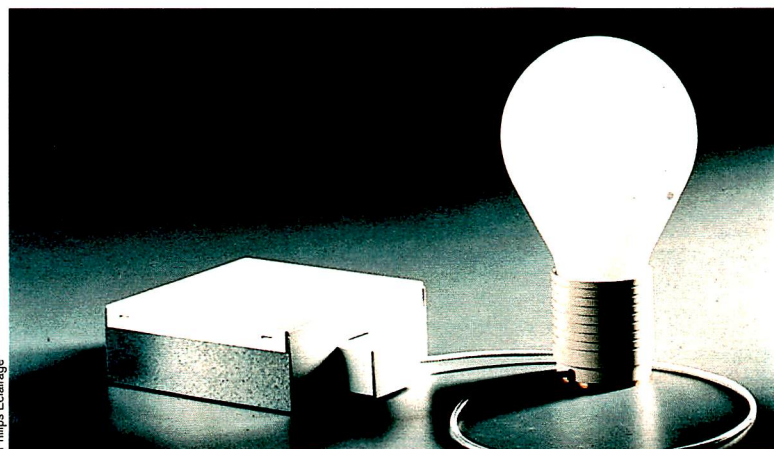
Reste enfin la lumière émise directement par un solide au passage du courant sans qu'il y ait le moindre échauffement. Jusqu'ici nous avons vu que la plupart des gaz deviennent lumineux sous l'influence d'une décharge électrique, et ce d'autant plus facilement qu'ils sont à basse pression, mais il n'en va pas de même avec

les solides. La majorité d'entre eux sont isolants, et ceux qui ne le sont pas sont les métaux et leurs alliages, où il existe d'emblée une masse d'électrons libres : en présence d'un champ électrique, tous ces électrons se déplacent dans le même sens et assurent la conduction.

**Il existe toutefois certains corps solides, comme le sulfure de zinc** (lequel peut déjà être phosphorescent), qui, activés par des métaux ou des sels métalliques, deviennent luminescents en présence d'une variation de champ électrique. On peut alors réaliser des plaques lumineuses qui ne sont autres que des condensateurs dont l'une des armatures est transparente. Ces plaques ne

fonctionnent qu'en présence d'un courant alternatif puisque c'est la variation de champ qui fait sauter les électrons sur la couche supérieure.

Les diodes électroluminescentes sont de même nature, le semi-conducteur servant ici de matériau émetteur de lumière. Il existe même des diodes lasers dont la lumière est cohérente – toutes les ondes sont en phase. On ne s'en sert pas pour éclairer les rues, mais pour lire les codes barres et les disques optiques audio ou vidéo. Car, aujourd'hui, la lumière électrique ce n'est plus seulement l'éclairage, mais aussi la caisse du supermarché ou le CD vidéo multimédia. ■



Philips Eclairage

**LE MOIS PROCHAIN :**  
La photocopie

## Ni filament ni électrodes

La lampe à induction utilise directement le courant induit dans un gaz par le champ magnétique haute fréquence d'un bobinage pour produire un rayonnement ultraviolet. Le revêtement du verre convertit en lumière visible.

## Un détecteur optique de présence

**L**e mois dernier, nous vous proposons de réaliser un dispositif sensible au son. Ce mois-ci, nous nous intéresserons à la lumière. Notre détecteur est de type passif, c'est-à-dire qu'il se contente de détecter les variations de lumière ambiante. Comme son champ d'utilisation est extrêmement large, nous équiperons sa sortie d'un relais aux contacts libres de toute tension. Il pourra ainsi commander aussi bien des appareils basse tension - sonnette ou système d'alarme, par exemple - que des appareils reliés au secteur.

**Précisons qu'il est exclu de l'utiliser pour commander une source lumineuse.** Dans ce dernier cas, les variations d'intensité lumineuse provoquées par l'allumage et l'extinction viendraient perturber le fonctionnement du détecteur. Cela dit, passons donc à l'étude du montage. Son élément sensible est réalisé à l'aide de quatre cellules photorésistives de type LDR, câblées en pont de Weston. Si les quatre cellules sont éclairées avec la même intensité, le pont est équilibré. Aucun écart de tension n'est donc détectable sur sa sortie. Dès que ce n'est plus le cas, une tension

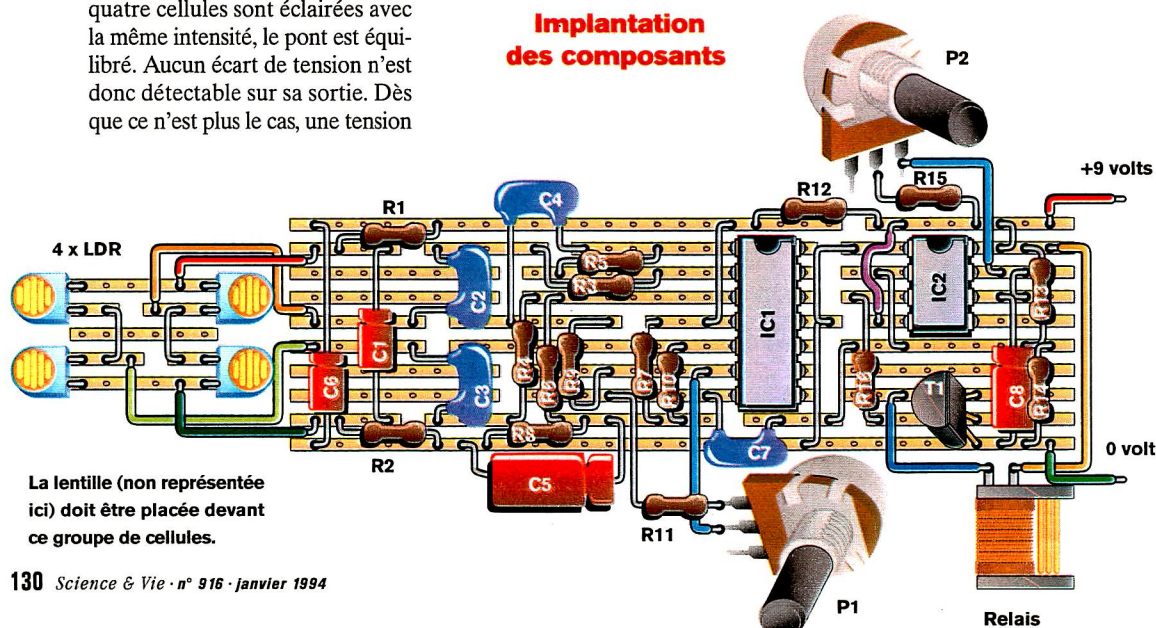
apparaît. En fait ce n'est pas la présence d'une tension stable qui nous intéresse, mais la transition entre deux états stables. En effet, la modification d'éclairement des cellules les unes par rapport aux autres indique que "quelque chose a bougé" dans le champ du détecteur. Nous nous attacherons donc à la mesure des transitions de tension entre deux états stables. Pour cela un premier amplificateur opérationnel travaille en mode différentiel. Il convertit un écart de tension entre deux points électriquement non référencés en une tension unique référencée par rapport au 0 volt. C'est également à ce niveau que nous nous libérons de la composante continue d'un état stable, en insérant, en série avec ses entrées, des condensateurs.

Cette première opération est immédiatement suivie de l'amplification de la tension obtenue. Pour cela, nous utilisons un second amplificateur opérationnel. Notons

qu'un potentiomètre placé dans sa boucle de contre-réaction permet de faire varier le gain global de cet étage d'amplification et, par voie de conséquence, la sensibilité du montage. En fait, les deux amplificateurs opérationnels sont inclus dans un circuit unique du type LM 324. En sortie de celui-ci, tout mouvement devant le détecteur se traduit par l'apparition d'une impulsion électrique. Cette dernière est appliquée à un circuit NE 555 monté en monostable.

**Le but de ce circuit est de générer une impulsion "calibrée" pour commander le relais.** En effet, la forme et la durée de l'impulsion issue des circuits précédents varie fortement en fonction de la transition d'intensité lumineuse. Ici encore, un potentiomètre permet d'ajuster la durée pendant laquelle le relais reste collé. Enfin un transistor, intercalé entre le NE 555 et le relais, se charge de fournir un courant suffisant pour assurer un fonctionnement correct de ce dernier.

Nous attirons votre attention sur le choix du relais lors de son achat. En effet, une multitude de modèles différents sont proposés, à contacts



La lentille (non représentée ici) doit être placée devant ce groupe de cellules.

simples ou multiples. Ce dernier point n'a, dans notre cas, que peu d'importance. Néanmoins, il est impératif que sa bobine ne demande pas plus de 50 mA et que sa tension de déclenchement soit d'environ 9 volts. De même, en ce qui concerne son brochage, il est bon de le faire préciser par le revendeur. Ici encore, diverses dispositions existent.

Si le câblage de ce détecteur est simple, sa réalisation mécanique est un peu plus délicate. En effet, pour qu'il fonctionne correctement, il faut former une image du local sur le groupe de cellules phototensibles. Pour cela, nous utilise-

rons une loupe comme objectif. Celle-ci n'a nullement besoin d'être d'excellente qualité. Les loupes que vendent les libraires, par exemple, ont une qualité optique largement suffisante.

**Néanmoins, il faut en déterminer la distance focale.** Le plus simple est de la placer en vis-à-vis du groupe de cellules en visant une lampe placée à au moins trois mètres et d'ajuster sa distance jusqu'à ce qu'une image à peu près nette se forme. Il suffit alors de mesurer la distance séparant la lentille de la plaquette et de respecter cette cote lors de l'assemblage définitif du montage. Il faut, une fois ce

dernier effectué, que le groupe de cellules soit isolé de la lumière ambiante et ne reçoive que celle ayant traversé la loupe. Souvent le plus simple est d'utiliser un tube cartonné comme porte-lentille.

Une fois le câblage et la réalisation mécanique terminés, le détecteur peut être réglé. Pour ce faire, il suffit de le placer sur le site d'utilisation et d'ajuster les deux potentiomètres jusqu'à obtenir la sensibilité et la durée de commutation du relais souhaitées. ■

**LE MOIS PROCHAIN :  
Un micro ultrasensible**

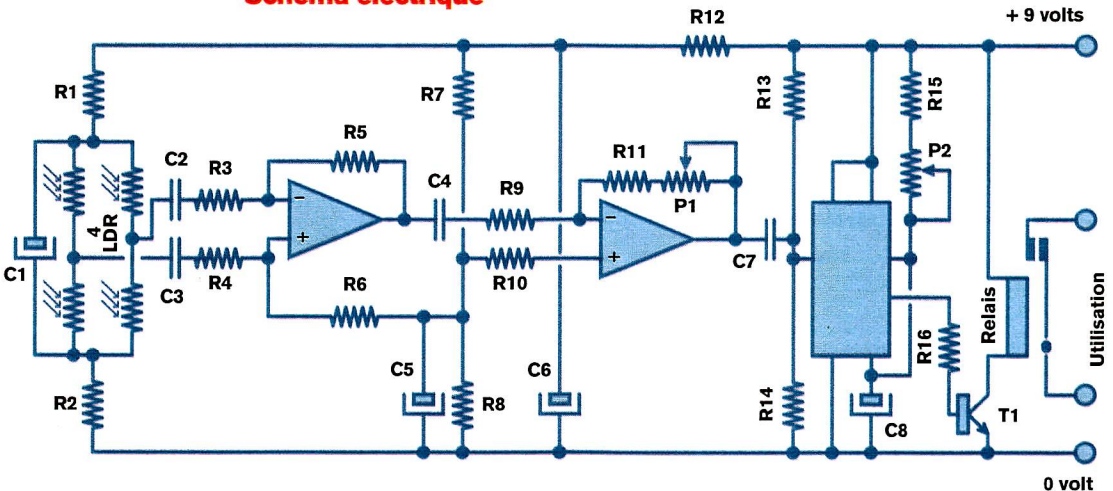
**OÙ SE PROCURER  
LES COMPOSANTS**

- MAGNETIC FRANCE,  
11 place de la Nation,  
75011 Paris.  
Tél. : 1 43 79 39 88.
- PENTASONIC, 10 bd Arago,  
75013 Paris. Tél. : 1 43 36 26 05.
- TSM, 15 rue des Onze-Arpents,  
95130 Franconville.  
Tél. : 1 34 13 37 52.
- URS MEYER ELECTRONIC,  
2052 Fontainemelon, Suisse.  
Ces composants sont également  
disponibles chez la plupart des revendeurs  
régionaux.

**NOMENCLATURE**

R1 = 2,2 kilohms (rouge, rouge, rouge, or)	P1 = potentiomètre 1 mégohm
R2 = 2,2 kilohms (rouge, rouge, rouge, or)	P2 = potentiomètre 10 kilohms
R3 = 220 kilohms (rouge, rouge, jaune, or)	C1 = 4,7 microfarads 12 volts
R4 = 2,2 kilohms (rouge, rouge, rouge, or)	C2 = 470 nanofarads
R5 = 220 kilohms (rouge, rouge, jaune, or)	C5 = 22 microfarads 12 volts
R6 = 470 kilohms (jaune, violet, jaune, or)	C4 = 470 nanofarads
R7 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)	C5 = 22 microfarads 12 volts
R8 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)	C6 = 220 microfarads 12 volts
R9 = 2,2 kilohms (rouge, rouge, rouge, or)	C7 = 22 microfarads 12 volts
R10 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)	C8 = 22 microfarads 12 volts
R11 = 47 kilohms (jaune, violet, orange, or)	IC1 = UA 324
R12 = 220 ohms (rouge, rouge, brun, or)	IC2 = NE 555
R13 = 47 kilohms (jaune, violet, orange, or)	T1 = 2N 3904
R14 = 47 kilohms (jaune, violet, orange, or)	LDR = cellules photorésistives
R15 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)	Relais = relais 1 RT, 9 volts
R16 = 470 ohms (jaune, violet, brun, or)	

**Schéma électrique**



## Jouons avec un satellite

**L**e programme de ce mois-ci va nous permettre de "jouer" sur tous les paramètres régissant l'orbite d'un satellite. Il concerne particulièrement les élèves et professeurs de classe terminale. Son intérêt majeur réside dans le fait que l'ensemble des calculs qu'il effectue sont réalisés à l'aide d'une seule équation (celle de Newton). Elle permet de réaliser le tracé de l'orbite à l'écran, mais le facteur temps est affecté d'un important correctif afin que l'animation présentée soit beaucoup plus rapide qu'elle le serait dans la réalité : dans des conditions de lancement géostationnaire, notre satellite mettrait vingt-quatre heures pour faire le tour du cercle figurant la Terre ! Précisons enfin que ce programme n'est qu'une sous-routine extraite d'un logiciel de jeu beaucoup plus complet, le logiciel *Cosmos*, conçu et réalisé par

M. Raynaud, professeur de mathématiques (voir encadré).

L'écran affiche en permanence les trois paramètres principaux concernant l'état du satellite : sa vitesse de déplacement, sa distance par rapport au centre de la Terre et, enfin, sa quantité d'énergie.

**C'est l'évolution de ce dernier paramètre qui est la plus intéressante à observer.** Tant que sa valeur est négative, le satellite est "captif", c'est-à-dire qu'il évolue sur une orbite elliptique dont la Terre occupe l'un des foyers. Tant que les réacteurs ne sont pas activés, cette valeur est, aux approximations de calcul de la machine près, constante. Chaque mise en route des réacteurs modifie cette énergie. Elle augmente si la poussée s'effectue dans la direction opposée à celle du déplacement (accélération du satellite) et diminue dans le cas contraire. Dès que l'énergie du satellite devient

positive, le cap de libération est franchi. Il n'est plus en orbite et va se perdre au fin fond de l'Univers. Le programme gère sa trajectoire même s'il n'est plus représenté. En suivant l'évolution des indicateurs, il est possible de "guetter" son retour et donc de simuler beaucoup plus qu'une simple satellisation au sens traditionnel du terme. N'oublions pas que les trajectoires très elliptiques sont typiques de certains corps célestes, comme les comètes, par exemple.

Cela dit, passons à l'écriture du programme. Il a été au départ développé en Turbo-Pascal, et cela explique la présence de très nombreuses sous-routines, chacune correspondant aux tâches de base du langage d'origine. En premier lieu nous demanderons à l'ordinateur de passer en mode VGA ; instruction SCREEN 9. Ensuite les variables correspondant aux coordonnées graphiques du centre de l'écran

```

1 REM *****
2 REM * Ce logiciel a été conçu et réalisé par *
3 REM * Monsieur Rayneau, Professeur de *
4 REM * mathématiques à l'Ecole des Roches (27) *
5 REM *****
10 CLS : CLEAR : SCREEN 9
21 REM *****
23 REM * Initialisation coordonnées graphiques *
25 REM *****
30 Ox = 310 : Oy = 180 : fin = 0
41 REM *****
43 REM * Aguillage vers les sous-routines *
45 REM *****
60 GOSUB 1600 : GOSUB 1000 : GOSUB 1200 : GOSUB 1400
70 GOSUB 800 : GOSUB 1900
90 sortie = 0
100 GOSUB 1700 : GOSUB 800 : GOSUB 1400 : GOSUB 2100
120 IF ((sortie = 1) OR (fin = 1)) THEN 130 ELSE 100
130 IF (fin = 1) THEN 150 ELSE 10
150 END
151 REM *****
153 REM * Sous-routine de contrôle des réacteurs. *
155 REM *****
800 COLOR (0) : GOSUB 1100
810 Xi = CINT(Ox + X) : Yi = CINT(Oy + Y)
820 IF ((MoteurA = 1) OR (MoteurB = 1)) THEN 830 ELSE 840
830 Tm = Tm + 1 : GOSUB 1300
840 COLOR (15) : GOSUB 1100
850 IF Tm > TMax THEN 860 ELSE 870
860 MoteurA = 0 : MoteurB = 0 : Tm = 0
870 IF MoteurA = 1 THEN 880 ELSE 910
880 Xdi = CINT(Xi - 4 * CV) : Ydi = CINT(Yi - 4 * SV)
890 Xfi = CINT(Xi - 15 * CV) : Yfi = CINT(Yi - 15 * SV)
900 GOSUB 1300
910 IF MoteurB = 1 THEN 920 ELSE 950

```

```

920 Xdi = CINT(Xi + 4 * CV) : Ydi = CINT(Yi + 4 * SV)
930 Xfi = CINT(Xi + 15 * CV) : Yfi = CINT(Yi + 15 * SV)
940 GOSUB 1300
950 RETURN
951 REM *****
953 REM * Sous-routine de tracé de la terre *
955 REM *****
1000 COLOR (11)
1010 FOR n = 1 TO 12 : CIRCLE (Ox, Oy), n : NEXT n
1020 RETURN
1051 REM *****
1053 REM * Sous-routine de tracé du satellite *
1055 REM *****
1100 CIRCLE (Xi, Yi), 4 : RETURN
1151 REM *****
1153 REM * Sous-routine d'affichage des textes *
1155 REM *****
1200 COLOR (12) : LOCATE 21, 1 : PRINT "Vitesse : "
1220 LOCATE 22, 1 : PRINT "Distance : "
1230 LOCATE 23, 1 : PRINT "Energie Totale : "
1240 RETURN
1251 REM *****
1253 REM * Sous-routine de tracé de la propulsion *
1255 REM *****
1300 LINE (Xdi, Ydi)-(Xfi, Yfi) : RETURN
1351 REM *****
1353 REM * Sous-routine de calcul des valeurs *
1355 REM *****
1400 COLOR (0) : GOSUB 1500
1420 Vi = CLNG(V * 1000) : Di = CLNG(D * 500)
1430 Eti = INT(Et * 1000) : COLOR (15) : GOSUB 1500
1440 RETURN
1491 REM *****
1493 REM * Sous-routine d'affichage des résultats *
1495 REM *****

```

(OX et OY) sont initialisées. Puis le programme s'articule autour d'une ligne lui indiquant dans quel ordre utiliser les diverses sous-routines. Les sous-routines de tracé des éléments graphiques sont au nombre de trois. La première concerne la représentation de la Terre, la seconde celle du satellite et la dernière celle du "jet" des réacteurs.

**D'autres sous-routines concernent les résultats chiffrés des calculs.** Une sous-routine prend en charge le calcul principal de la position du satellite en fonction de ses paramètres (vitesse, énergie et distance). C'est cette dernière qui exploitera l'équation de Newton. Deux autres sous-routines auront pour mission d'adapter les résultats obtenus au format de l'écran.

Enfin deux sous-routines auxiliaires sont également utilisées. La première concerne l'initialisation globale des variables de calcul du programme. La seconde

de scrute les touches du clavier afin de prendre en compte celles qui sont frappées.

L'utilisation de ce programme est très simple. Dès que l'exécution en est demandée, la Terre et le satellite apparaissent. Pour lancer l'animation il suffit de taper la touche "entrée". Dans ce cas l'initialisation est telle que les conditions de satellisation sont respectées. On commande les réacteurs en utilisant les touches de déplacement curseur du clavier. La flèche vers le haut provoque une accélération, donc une augmentation de l'énergie du satellite, la flèche vers le bas un freinage, donc une diminution de l'énergie. Pour chaque modification du niveau d'énergie on observera la modification de trajectoire. De plus il est possible de fixer les conditions de départ avant de lancer l'animation. Il est par exemple possible de donner au satellite une distance orbitale et une énergie correspondant à

**Le logiciel Cosmos**

Cosmos est un jeu de combat spatial où la balistique fait loi. Le programme proposé ici est extrait de l'une de ses sous-routines. Pour se le procurer, en faire la demande auprès de : M. Raynaud, école des Roches, BP 710, 27130 Verneuil-sur-Avre. Une participation de 100 F pour les frais de copie est demandée, participation qui permettra également l'achat d'équipements pour le club d'informatique de l'école.

une orbite géostationnaire. Il faut donc régler la distance à 36 000 km, en utilisant les flèches "vers la droite" ou "vers la gauche" et, en première approximation donner une énergie d'environ - 4 100 kJ. Comme précédemment, l'animation sera lancée en tapant "entrée". Pour obtenir une orbite parfaite il faut ajuster le niveau d'énergie en utilisant les réacteurs, ce qui n'est pas si simple qu'il y paraît... ■

**LE MOIS PROCHAIN :  
Jouons au "pousse-boule"**

```

1500 LOCATE 21, 11: PRINT Vi; " m/s"
1510 LOCATE 22, 12: PRINT Di; " Km"
1520 LOCATE 23, 18: PRINT Eti; " Kj": RETURN
1551 REM *****
1553 REM * Sous-routine d'initialisation *
1555 REM *****
1600 GM = 797.2
1610 D = 40: Di = 40: X = 40: Xi = 40: Y = 0: Yi = 0
1620 Et = -9.965: Eti = -9965: V = 4.464: Vi = 4464: Vx = 0: Vy = 4.464
1630 Tm = 0: TMax = 6: Puissance = .1
1640 fin = 0: MoteurA = 0: MoteurB = 0: sortie = 0
1650 RETURN
1651 REM *****
1653 REM * Sous-routine générale de calcul. *
1655 REM *****
1700 D = SQR(X ^ 2 + Y ^ 2)
1710 IF D < 10 THEN sortie = 1
1720 Cd = X / D: Sd = Y / D: a = GM / (D ^ 2)
1740 Ax = -a * Cd: Ay = -a * Sd
1750 IF MoteurA = 1 THEN Ax = Ax + Puissance * CV
1760 IF MoteurA = 1 THEN Ay = Ay + Puissance * SV
1770 IF MoteurB = 1 THEN Ax = Ax - Puissance * CV
1780 IF MoteurB = 1 THEN Ay = Ay - Puissance * SV
1790 Vx = Vx + Ax: Vy = Vy + Ay
1800 V = SQR(Vx ^ 2 + Vy ^ 2)
1810 CV = Vx / V: SV = Vy / V
1820 X = X + Vx: Y = Y + Vy
1830 Et = ((V ^ 2) / 2) - GM / D
1840 RETURN
1851 REM *****
1853 REM *
1855 REM * Sous-routine de prise en compte
1854 REM * des touches frappées au clavier *
1855 REM *
1856 REM *****
    
```

```

1900 K$ = INKEY$
1905 IF ((K$ <> CHR$(0) + CHR$(72)) AND (K$ <> CHR$(0) +
CHR$(80)) AND (K$ <> CHR$(0) + CHR$(77)) AND (K$ <>
CHR$(0) + CHR$(75)) AND (K$ <> CHR$(13)) AND (K$ <>
CHR$(27))) THEN 1900
1906 IF K$ = CHR$(0) + CHR$(72) THEN 1908 ELSE 1940
1908 IF V < 50 THEN 1920 ELSE 1940
1920 V = V + .1: Vy = Vy + .1: Et = ((V ^ 2) / 2) - GM / D
1930 GOSUB 1400: GOTO 2060
1940 IF K$ = CHR$(0) + CHR$(80) THEN 1950 ELSE 1980
1950 IF V > .1 THEN 1960 ELSE 1980
1960 V = V - .1: Vy = Vy - .1: Et = ((V ^ 2) / 2) - GM / D
1970 GOSUB 1400: GOTO 2060
1980 IF K$ = CHR$(0) + CHR$(75) THEN 1990 ELSE 2020
1990 IF D > 15 THEN 2000 ELSE 2020
2000 D = D - 2: X = X - 2: V = SQR(GM / D): Vy = V
2010 Et = ((V ^ 2) / 2) - GM / D: GOSUB 800: GOSUB 1400
2020 IF K$ = CHR$(0) + CHR$(77) THEN 2030 ELSE 2060
2030 IF D < 280 THEN 2040 ELSE 2060
2040 D = D + 2: X = X + 2: V = SQR(GM / D): Vy = V
2050 Et = ((V ^ 2) / 2) - GM / D: GOSUB 800: GOSUB 1400
2060 IF K$ = CHR$(13) THEN sortie = 1
2070 IF K$ = CHR$(27) THEN fin = 1
2080 IF ((fin = 1) OR (sortie = 1)) THEN 2090 ELSE 1900
2090 RETURN
2100 K$ = INKEY$
2108 IF K$ <> CHR$(0) + CHR$(72) THEN 2130 ELSE 2110
2110 IF ((MoteurA=0) AND (MoteurB=0)) THEN 2120 ELSE 2130
2120 Tm = 0: MoteurA = 1
2130 IF K$ <> CHR$(0) + CHR$(80) THEN 2160 ELSE 2140
2140 IF ((MoteurA=0) AND (MoteurB=0)) THEN 2150 ELSE 2160
2150 Tm = 0: MoteurB = 1
2160 IF K$ <> CHR$(32) THEN sortie = 0 ELSE sortie = 1
2170 IF K$ = CHR$(27) THEN fin = 1
2180 RETURN
    
```

## Et la lumière fut...

L'énergie chimique extraite des molécules organiques par les êtres vivants (voir *Science & Vie*, n° 915, p. 148) a de multiples fonctions. Elle est transformée en énergie thermique (permettant de maintenir constante la température du corps chez les mammifères et les oiseaux), en énergie mécanique (pour le mouvement), en énergie électrique (chez certains poissons, elle permet de détecter des proies ou de communiquer), voire en énergie lumineuse. Cette dernière propriété est plus répandue qu'on ne le pense en général puisqu'elle existe chez plusieurs centaines d'espèces vivantes, aussi diverses que des bactéries, des champignons et des animaux.

La lumière produite par les êtres vivants présente l'inhabituelle caractéristique d'être froide, comme a pu l'expérimenter quiconque a déjà tenu une luciole dans sa main. Pour l'homme, qui connaît essentiellement des sources de lumière chaudes (Soleil, feu et, plus récemment, ampoules électriques), cette particularité a toujours été un sujet d'étonnement. Au Moyen Age, on pensait que cette lumière était produite par les esprits des morts et les vers luisants provoquaient le respect, voire la terreur.

**Aujourd'hui, les mécanismes de la bioluminescence sont assez bien connus** (grâce à la biologie moléculaire), même si leur "utilité" biologique n'est pas toujours claire et si leur évolution reste souvent incomprise. Ils sont même devenus un outil de choix dans divers domaines biotechnologiques.

Dès 1647 paraît un livre consacré à cette question, *De Luce Animalium*, dont l'auteur était un Hollandais, T. Bartholinus. Le savoir de l'époque n'était pas en mesure de donner une explication du phénomène. Les premières expé-

riences scientifiques sur cette question sont dues à R. Boyle (1627-1691), chimiste anglais, membre du "collège invisible", sorte d'association axée sur l'expérimentation scientifique et qui fut à l'origine de la Royal Society britannique.

Grâce à la construction d'une pompe à air avec R. Hooke, alors élève d'Oxford, qu'il avait recruté comme assistant et qui fut l'un des premiers microscopistes (voir *Science & Vie* n° 909, p. 144), il démontra que la bioluminescence ne pouvait avoir lieu en l'absence d'air. Il pensait que "quelque chose dans l'air" devait être indispensable à cette réaction mais ne put démontrer que l'air était un mélange de différents gaz. C'est un autre Anglais, J. Priestley, qui découvrit "l'air déphlogistique", c'est-à-dire l'oxygène, en 1774.

### Observer la bioluminescence

Comme il n'est pas aisé de se procurer des lucioles et qu'il n'est pas non plus indiqué de dépouiller notre environnement des animaux qui le peuplent, nous réaliserons la réaction de bioluminescence *in vitro*, ce qui sera encore plus spectaculaire.

### Où se procurer les produits ?

On demandera de l'extrait de lanterne de luciole (réf. FLE-50) et de l'acide adénosine triphosphorique (ATP, réf. FF-ATP) chez SIGMA, L'Isle-d'Abeau-Chesnes, BP 701, 38070 Saint-Quentin-Fallavier Cedex (Tél. : 16 74 82 28 40). Le flacon d'extrait permettant trois démonstrations, il faudra se procurer trois flacons d'ATP. Cela porte le prix de l'expérience environ à 70 F, mais il est possible d'acheter des kits prévus pour réaliser de 3 à 15 démonstrations, ce qui diminue le prix unitaire.

Les premiers résultats tangibles sur les mécanismes de la bioluminescence sont beaucoup plus tardifs : un biologiste de Lyon, Raphaël Dubois, montre, en 1887, que la bioluminescence peut être obtenue in tube à essai. S'étant fait envoyer des vers luisants de la Jamaïque, il prélève leur lanterne (l'organe lumineux).

**Après broyage dans un mortier avec de l'eau, il observe que le mélange est lumineux** – luminescence d'une belle couleur verte –, à condition que le milieu contienne de l'oxygène. La luminescence obtenue se maintient deux minutes. Lorsqu'il recommence la même expérience en essayant d'obtenir les produits luminescents dans de l'eau bouillante, la bioluminescence n'apparaît pas, comme si l'eau bouillante avait détruit les substances responsables. Pourtant, ayant eu la bonne idée de mélanger de l'extrait fait avec l'eau bouillante avec de

### Comment procéder ?

Il suffit de dissoudre les produits lyophilisés dans l'eau (5 cm<sup>3</sup> pour l'extrait, 1 cm<sup>3</sup> pour l'ATP) puis de verser avec un compte-gouttes ou une seringue le tiers du volume d'extrait dans le flacon d'ATP. Si on a pris soin de faire l'obscurité dans la pièce, le mélange des produits déclenche tout de suite une belle luminescence verte qui persiste plusieurs minutes.

**ATTENTION !** L'extrait de lanterne contient de l'arsenic et ne doit en aucun cas être touché avec les doigts.





l'extrait fait à froid, mais dont la luminescence était épuisée, il constate alors que la luminescence réapparaît. Connaissant la sensibilité des enzymes à la chaleur, il en déduit que la réaction de bioluminescence est due à une enzyme agissant sur un substrat, et ce en présence d'oxygène. L'enzyme est nommée luciférase et le substrat, luciférine.

Bien que ce schéma de base n'ait pas été remis fondamentalement en cause depuis le mémoire de Dubois, de nombreuses précisions y ont été ajoutées. Si le principe reste valable chez de nombreuses espèces (mais pas toutes), les substances chimiques, luciférase et luciférine, diffèrent largement selon les espèces.

**La réaction chimique en cause est complexe.** Un Américain, W.D. McElroy, démontra, après la Seconde Guerre, que la réaction, chez les lucioles, nécessitait, en plus des produits déjà connus, deux cofacteurs supplémentaires, l'ATP (acide adénosine triphosphorique, voir *Science & Vie* n° 915, p. 148), molécule impliquée dans les échanges énergétiques, et une substance minérale, le magnésium. La nécessité de l'ATP fit croire que cette molécule était la source énergétique à l'origine de l'émission de lumière, comme elle est à la source de la plupart des dépenses énergétiques des cellules. En réalité, il n'en est rien. Dans la réaction entre la luciférine et la luciférase, l'ATP sert à activer le substrat de manière à ce qu'il puisse réagir avec l'enzyme, mais il n'apporte pas d'énergie. Quant au magnésium, il ne sert qu'à rendre l'ATP utilisable.

Dans la bioluminescence, l'énergie est apportée par une catégorie de réactions chimiques, les oxydoréductions, catégorie à laquelle appartiennent la plupart des réactions permettant la mobilisation de l'énergie chimique au sein des cellules vivantes. Pour comprendre le mécanisme de la bioluminescence, il faut connaître le principe de la lumi-

nescence, c'est-à-dire de l'émission de lumière qui n'est pas due à la chaleur. Schématiquement, lorsqu'un atome est soumis à un rayonnement, l'énergie qu'il absorbe le porte à un état dit excité dans lequel un électron est déplacé de son orbite habituelle autour du noyau vers une orbite plus éloignée.

L'électron ne reste pas ainsi et revient spontanément à son état précédent en émettant à son tour un rayonnement d'énergie inférieure à celle qu'il a absorbée : c'est la désexcitation. Lorsque le rayonnement de désexcitation est de la lumière visible, il s'agit de luminescence. Dans la bioluminescence, la molécule excitable, la luciférine, n'a pas besoin d'absorber un rayonnement lumineux. C'est l'énergie libérée par la réaction d'oxydoréduction qui sert à porter la luciférine à un état excité, et la désexcitation produit le rayonnement lumineux.

Comme dans les autres transformations énergétiques qui existent chez les êtres vivants, l'énergie chimique libérée par une réaction est transformée directement en une autre forme d'énergie, ici lumineuse, sans avoir à passer par un intermédiaire thermique (alors que, dans une ampoule électrique, par exemple, le passage du courant produit la chaleur qui provoque l'excitation des atomes. L'émission lumineuse est donc indirecte et une grande partie de l'énergie est per-



### Lucioles, bêtes à lumière

Ces petits coléoptères (ici, *Lampyridae* en Nouvelle-Calédonie), qui décorent la nuit venue certains arbres d'une multitude de minuscules lanternes vert fluorescent, doivent leur luminescence à des réactions chimiques qui se déroulent dans la partie postérieure de leur abdomen.

due sous forme de chaleur).

La bioluminescence est maintenant devenue un outil de choix dans divers domaines biotechnologiques. La nécessité de l'ATP dans le système lumineux des lucioles a permis de développer une technique très sensible de microdosage de cette molécule par la mesure de la lumière émise.

**On a obtenu des souches bactériennes qui deviennent lumineuses** en présence d'un composé chimique toxique, par clonage du gène responsable de la bioluminescence chez certaines bactéries. Ces souches sont utilisées pour détecter ce composé dans l'environnement. Le clonage du gène et son insertion dans l'ADN d'un autre organisme permet aussi de l'utiliser comme "rapporteur" s'il ne s'exprime qu'en même temps qu'un autre gène dont le produit n'est pas détectable simplement. Cette technologie (dite des rapporteurs bioluminescents) est appelée à se développer dans un futur proche. ■

**LE MOIS PROCHAIN :**  
**Digérer, quelle histoire !**

## Les rendez-vous du ciel en 1994

L'année 1994 nous réserve de beaux spectacles célestes. Au fil des mois, nous les détaillerons, mais voici un panorama des moments les plus remarquables.

Commençons par les planètes, et la première de toutes : Mercure. Comme chacun sait, elle est difficile à observer en raison de sa proximité avec le Soleil. La période la plus favorable est donc celle de l'élongation, soit le

plus grand écart angulaire avec l'astre du jour. Il y aura six élongations de Mercure cette année, mais certaines sont particulièrement intéressantes, notamment lorsque la planète est en même temps au plus haut dans le ciel. Ce sera le cas pour l'élongation est de février ; on recherchera Mercure aux jumelles pendant la première quinzaine du mois, le soir après le coucher du Soleil vers l'ouest.

Début juin, les conditions seront également favorables le soir mais la clarté du ciel risquera de gêner l'observation. Dans le ciel du matin, c'est au début novembre que la position de Mercure sera optimale car la planète se lèvera alors plus d'une heure trois quarts avant le Soleil.

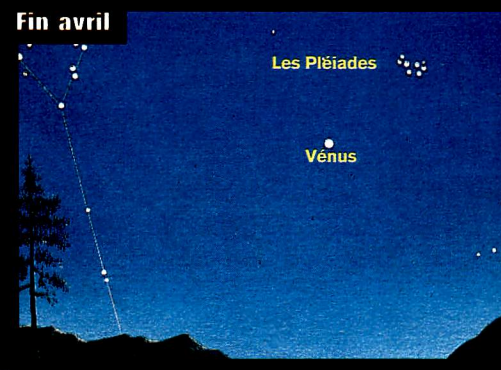
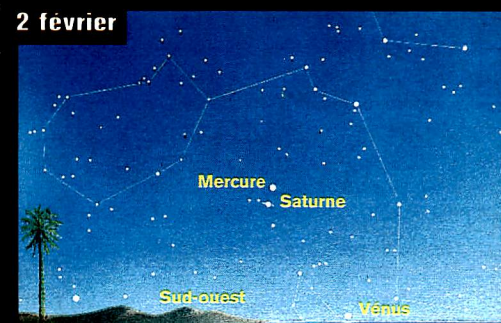
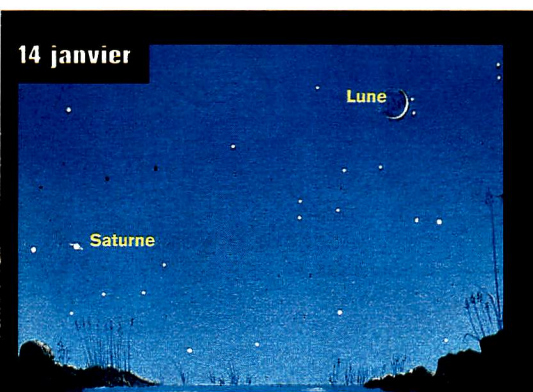
Si, en janvier, Vénus n'est pas observable en raison de sa conjonction avec le Soleil, en revanche, dès février, elle redevient visible le soir et le reste presque toute l'année à l'exception de décembre. L'étoile du berger étincellera de tous ses feux pendant tout le printemps.

1994 est une année intermédiaire pour Mars. En effet, la dernière opposition date de janvier 1993 et la prochaine aura lieu en février 1995. Mars n'est donc pas cette année une planète "vedette". Elle est uniquement visible dans le ciel matinal, les conditions d'observation s'améliorent au fil des mois, donc au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'opposition. C'est en décembre qu'il faudra commencer à suivre la planète rouge, son diamètre apparent, qui atteindra alors dix secondes d'arc, permettant l'observation des détails de surface.

**Jupiter occupera les amateurs pendant tout ce début d'année.** Déjà observable en seconde partie de nuit dès janvier, elle deviendra ensuite de mieux en mieux observable. C'est en avril et mai qu'elle resplendira toute la nuit de sa magnitude  $-2$  ! Son diamètre équatorial sera alors de plus de quarante-quatre secondes d'arc, et on observera avec attention les détails changeants de sa haute atmosphère. Naturellement, grâce aux éphémérides, on suivra le ballet incessant de ses quatre satellites galiléens qui assurent, presque chaque nuit, un spectacle nouveau.

Jupiter commencera à décliner au cours de l'été, et Saturne prendra le relais. La planète aux anneaux sera observable toute la nuit en août et septembre et restera visible dans le ciel vespéral jusqu'à l'hiver 1994-1995. Les anneaux se referment de plus en plus et nous ne sommes plus qu'à dix-sept mois de leur disparition totale. C'est en effet en mai 1995 que la Terre sera exactement située dans leur plan ; à suivre avec attention !

Pour ceux qui sont équipés



### Les événements de l'année

#### Le 14 janvier

La Lune et Saturne ont rendez-vous vers 20 h.

#### Le 2 février

Mercure et Saturne sont en conjonction très serrée vers 18 h.

#### Fin avril

Vénus est en conjonction avec les Pléiades, en soirée.



d'un instrument de 15 à 20 centimètres de diamètre ou plus, c'est à la mi-juillet qu'ils pourront traquer les planètes lointaines : Uranus et Neptune. Elle "navigateur" de conserve toute l'année, à moins de 4° l'une de l'autre, dans la constellation du Sagittaire.

Aux confins du système solaire, Pluton tentera peut-être les possesseurs de télescopes de 30 à 40 centimètres. La planète lointaine se trouve dans la Balance, presque à la limite du Serpent. C'est en mai qu'il faudra essayer de la repérer, sa magnitude étant tout de même de 14,7 !

Sillonnant inlassablement le système solaire, les comètes périodiques reviennent régulièrement à proximité du Soleil. Certaines d'entre elles sont alors observables par les ama-

teurs. L'éclat d'une comète, lors de son passage, est toujours difficile à prévoir et c'est sous toute réserve que nous donnons les chiffres suivants.

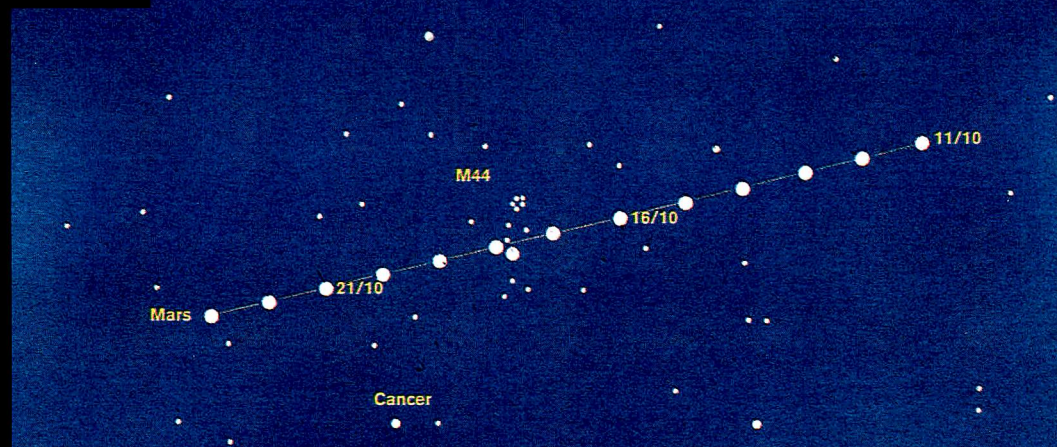
**Trois comètes intéressent ce début d'année.** C'est tout d'abord West-Kohoutek-Ikemura, qu'on suivra de janvier à mars et dont la magnitude maximale pourrait être de 11,1. Pendant la même période, Encke frisera la magnitude 7 et, si c'est bien le cas, elle sera visible dans une paire de jumelles. Enfin, ce duo se complète de Schwassmann-Wachmann, qui sera observable jusqu'en mai avec une magnitude de 11,5. En-

suite, Tempel 1 pourra être suivie de février à octobre ; au printemps, sa magnitude sera de l'ordre de 9,5. Trois autres comètes nous rendront visite de l'été jusqu'à la fin de l'année. Dans l'ordre, nous aurons Harrington (magnitude 12,7), puis Brooks 2 (12,7) et enfin Borrelly (qui pourra parvenir à 8 !). Cela ne présage pas, bien entendu, de la découverte de nouvelles comètes, dont on espère toujours qu'une d'entre elles sera la plus belle du siècle !

Parmi les phénomènes à grand spectacle et dont certains font l'objet d'une illustration dans ►

**Eclipse de Soleil**  
L'éclipse de Soleil du 10 mai 1994 sera annulaire, mais, depuis la France, elle se présentera comme une éclipse partielle.

**En octobre**



Dessins: M. Roux-Saget

**En octobre**

**Mars traverse l'amas de la Crèche M44.**

*suite de la page 137*

ces pages, il faut signaler une très belle conjonction de Mercure avec Saturne le 2 février en soirée. Les deux planètes ne seront séparées que de 1,5° et, avec un oculaire à grand champ, on pourra les observer ensemble dans une lunette ou un télescope. On notera que Mercure est plus brillante que Saturne de plus d'une magnitude et demie, excellente occasion, pour ceux qui n'y seraient pas encore parvenus, de la repérer.

Un beau cliché à saisir le 25 avril lorsque Vénus se trouvera à proximité immédiate de l'amas des Pléiades. L'écart entre l'amas et la planète sera de 4°.

Le mois suivant, aura lieu une éclipse annulaire de Soleil. Pour observer la phase annulaire, il faudra se rendre sur la côte marocaine mais, depuis la France métropolitaine, l'éclipse sera visible comme partielle. A suivre

le 10 mai, peu avant le coucher du Soleil. Naturellement, nous donnerons tous les détails pratiques en temps voulu.

Quinze jours plus tard, le 25, donc, ce sera une éclipse partielle de Lune. Le phénomène ne sera pas observable en entier mais on suivra néanmoins l'entrée dans l'ombre et le maximum de l'éclipse sur presque tout le territoire. A signaler que, pendant l'éclipse, aura lieu une occultation de l'étoile Oméga 1 du Scorpion, de magnitude 4,1.

**Autres occultations intéressantes : celle de la petite planète Vesta**, qui aura lieu le 31 août, et celle d'Epsilon du Taureau qui, le 23 octobre, disparaîtra momentanément derrière le disque lunaire. Ceux qui n'ont jamais suivi ce phénomène doivent porter leur attention sur cette dernière occultation car, fait plutôt rare, l'étoile est de magnitude 3,6 et donc parfaitement identifiable.

En août, comme chaque année, on surveillera l'essaim des Perséides. Selon les derniers calculs, le maximum prévu pour 1993 n'aura peut-être lieu qu'en 1994

ou 1995... Autant ouvrir l'œil, ce qui, par une belle nuit d'été, n'est jamais désagréable.

Mars nous réserve deux soirées intéressantes, alors même qu'elle deviendra mieux observable. D'abord en octobre, lorsqu'elle traversera dans la nuit du 16 au 17 l'amas de la Crèche, M 44 ; puis, le 8 décembre, lors de sa conjonction avec Régulus du Lion, une magnifique étoile que les anciens avaient surnommée "Stella Régina".

Enfin, pour nos lecteurs d'Amérique du Sud ou pour ceux que le voyage tenterait, n'oublions pas la spectaculaire éclipse totale de Soleil qui sera observable depuis les hauts plateaux des Andes chiliennes le 3 novembre. ■

**SCIENCE & VIE VOUS INFORME :**

*Toutes les éphémérides sont en vente à la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris. La liste en sera fournie sur simple demande aux lecteurs de Science & Vie.*

**LE MOIS PROCHAIN :**  
**Le ciel profond**

# Ephémérides

**E**phémérides... A première vue, il s'agit de livres dont les pages sont couvertes de chiffres qui semblent tous plus impénétrables les uns que les autres.

Le mot éphéméride apparaît dans le vieux français en 1537. Il vient du latin qui, lui-même, l'a emprunté au grec. Il s'agit du récit des événements accomplis dans une même journée. Dans l'Antiquité, les éphémérides constituaient un registre de comptabilité. Et, en astronomie, il s'agit d'un ouvrage rassemblant les données des astres mobiles (positions, diamètres apparents, heures des levers et couchers, etc.), ainsi que les phénomènes, telles les éclipses, occultations ou conjonctions, qui doivent se produire pendant l'année en cours.

Les hommes de science se sont toujours évertués à prévoir l'aspect du ciel à l'avance. Mais les premières éphémérides furent publiées en 1474, par Regiomontanus et, aux XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles, Kepler, Simon Marius, Cassini et Picard firent de même. Lors de la Révolution, la Convention nationale créa le Bureau des longitudes, principalement chargé de calculer les éphémérides et de les rédiger dans *Connaissances des temps*, ouvrage qui devint ensuite (et s'appelle encore !) *l'Annuaire du Bureau des longitudes*.

Le calcul des éphémérides a fait l'objet, en 1911, d'une convention internationale, qui a été complétée depuis. Son but est de normaliser les règles de calcul et les données fondamentales prises en compte. On assiste aujourd'hui à des spécialisations, tel pays calculant, par exemple, les phénomènes des satellites de Jupiter pour l'ensemble des nations.

Il faut noter l'apparition, ces dernières années, d'éphémérides simplifiées (éditées, entre autres associations, par la Société astronomique de France).

Pour l'amateur, les éphémérides ne doivent pas apparaître comme un outil savant et inaccessible. La plupart des chiffres publiés sont utilisables directement, sans calculs supplémentaires.

Les éphémérides paraissent chaque année vers le mois de juillet ou d'août pour l'année sui-

vante. Il s'agit d'un véritable carnet de rendez-vous pour les amoureux du ciel qui, pratiquement un an à l'avance, peuvent ainsi programmer leurs observations. Mentionnons également les éphémérides "informatiques", vite calculées par des ordinateurs très puissants au moyen d'algorithmes complexes – loin, bien loin des "calculateurs" d'antan, qui mettaient parfois des années, à faire ces mêmes calculs... à la main et à la plume d'oie !

## Le rendez-vous des débutants

# La nébuleuse d'Orion

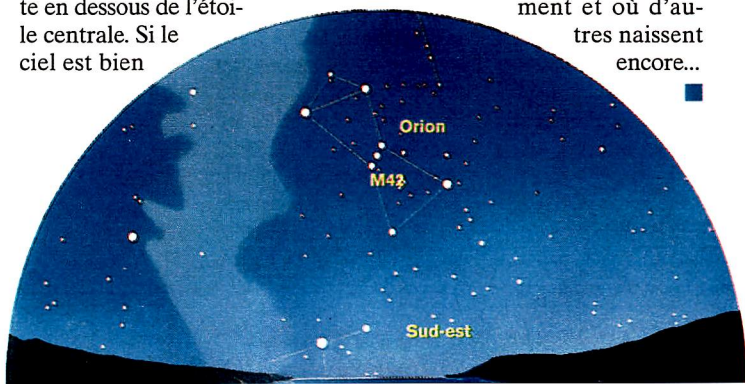
**L**e ciel d'hiver nous offre l'une des plus belles nébuleuses, celle dite de la constellation d'Orion et qui porte le numéro 42 dans le catalogue Messier.

En cette saison, il suffit de regarder le ciel vers le sud-est aux alentours de 20 h, heure légale, pour admirer le géant mythologique. Au ras de l'horizon, on notera la présence de Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel.

Pour repérer M 42, il faut partir des trois étoiles alignées au centre de la constellation et qu'on nomme le Baudrier (ou les Trois Rois). La nébuleuse se trouve juste en dessous de l'étoile centrale. Si le ciel est bien

noir et la transparence bonne, elle est visible à l'œil nu comme une petite tache floue. Dans une paire de jumelles, on discerne parfaitement ses contours. Avec une lunette ou un télescope (à faible grossissement et, si possible, avec des oculaires à grand champ), la vision est féérique, véritable draperie soyeuse légèrement lumineuse, d'un vert fluo !

La nébuleuse d'Orion est située à 1 500 années-lumière de nous. C'est une immense masse de gaz, de plusieurs dizaines de fois la masse du Soleil, où des étoiles se sont formées récemment et où d'autres naissent encore... ■



## La prise du château royal

**E**n anglais, roquer se dit *to castle*, et le substantif *castle* signifie soit «château fort» soit «château royal». Et c'est bien de cela qu'il s'agit : mettre son Roi en sécurité, abrité derrière le mur d'enceinte formé des pions f, g et h. Quand vous aurez roqué, regardez à deux fois avant d'avancer ces pions protecteurs et ne le faites que pour un gain immédiat ou en toute dernière extrémité, pour éviter une perte sinon imparable. Mais calculez la suite avec la plus grande attention. La moindre imprécision peut être fatale...

### Hertneck-Wahls (Allemagne, 1992) :

1. d4 ♟f6 (a) 2. c4 e6 3. ♞c3 (b) ♟b4 (c) 4. ♞c2 c5 5. dxc5 0-0 6. ♟f3 ♟a6 7. g3 (d) ♞xc5 8. ♟g2 ♞ce4 9. 0-0 ♞xc3 10. bxc3 ♟e7 11. e4 d6 12. e5 dxe5 13. ♞xe5 ♞c7 14. ♞e2 ♞e8 (e) 15. ♟d1 (f) f6 16. ♞g4 ♞d6 17. ♟a3 (g) ♟e8 18. c5 ♟f5 19. ♟d2 ♟f8 (h) 20. ♞c4 ♟b8 (i) 21. ♟e1 ♟h8 (j) 22. ♟xe6!! h5 (k) 23. ♟e4 Cd6? (l) 24. ♞d5! ♞xe4 25. ♞xh5+ ♟g8 26. ♞h6! gxh6 (m) 27. ♞g6+ ♟h8 28. ♞xh6+ (n) ♟g8 29. ♞g6+ ♟h8 30. ♟d5 (o) ♞g5 31. ♟xg5! fxg5 32. ♞h5+ ♟g7 33. ♟g6+ ♟f7 34. ♟c6+ (p). Les Noirs abandonnent (q).

(a) Avec 1... d5, la manière la plus courante de s'opposer à l'occupation du centre par les Blancs par 2. e4.

(b) Le plan des Blancs est de pousser e2-e4...

(c) ... et celui des Noirs est de les en empêcher. Ici, en clouant le Cavalier qui défendrait le pion en e4.

(d) Ici, il ne s'agit pas d'un affaiblissement du futur roque blanc, à condition d'installer le Fou en g2, "en fianchetto", ce qui constitue une construction très solide.

(e) Jusqu'à présent, le roque des Noirs était d'une formation parfaite, les trois pions f, g et h sur leurs cases de départ et le Cavalier f6 pour surveiller le tout. Ici, le grand maître allemand Hertneck juge intéressant ce nouveau coup des Noirs. L'idée en est simple : il s'agit de chasser le Cavalier blanc de son magnifique avant-poste en e5 par la poussée f7-f6. C'est pourtant le genre de coup (recul d'une pièce bien

placée pour permettre une poussée de pion affaiblissante) que l'on déconseillera au joueur amateur à qui s'adresse cette rubrique. Il pourra d'ailleurs constater qu'ici, le grand maître Wahls, l'un des meilleurs joueurs allemands, sera finalement victime de son imprudence.

(f) Les Tours sur les colonnes ouvertes !

(g) Pare directement la prise du pion c4 : 17... ♞xc4?? 18. ♞xc4 ♞xc4 19. ♟xe7, ou 17... ♞xc4?? 18. ♟xe7 ♞xe7 19. ♞xc4.

(h) Les Noirs visent la prise du pion c5 mais ils ne trouvent pas le bon coup. Etait impossible immédiatement 19... ♟xc5?? à cause de 20. ♞b5 attaquant le Fou c5 et la Tour e8 mais Hertneck indique la bonne suite : 19. a6! (empêchant ♞b5) et sur 20. ♞c4 protégeant le pion c5, 20... ♟b8 avec l'idée 2... b5 puisque 22. cxb6 (prise en passant) serait impossible à cause de 22... ♞xc4.

(i) Il fallait impérativement se défaire du clouage du pion e6 par 21... ♟h8 pour pouvoir répondre 22... e5 à 22. ♟e1.

(j) Trop tard !

(k) La prise de la Tour par le Fou conduisait au désastre : 22... ♟xe6 23. ♞xe6 g6 (forcé pour défendre le Cavalier qui n'avait plus de case de repli) 24. ♟d7 ♞c8 25. ♟e4 (menace 26. ♟xf5 suivi de 27. ♞xe7) ♟d8 (sinon, 26. c6 gagne) 26. ♟xe7 et 26... ♞xe7?? est impossible à cause de 27. ♞xf6+ ♟g8 28. ♞h6 mat. Le coup du texte représente donc la seule chance pratique. Mais il ne reste plus grand-chose de la forteresse royale noire, et la plus grande vigilance est requise...

(l) ... et elle va faire défaut aux Noirs. Il fallait tenter de colmater les brèches par 23... g6, gardant le Cavalier en défense ou l'abandonnant contre une pièce d'attaque (le Fou e4). Le coup du texte semble brillant : le Cavalier est imprenable, puisque le pion c5 est cloué sur la Dame, et il attaque simultanément la Dame et le Fou blancs... sans compter le Cavalier g4 qui reste en prise ! Mais le dernier dé-

fenseur ayant abandonné la défense du Roi noir, ce dernier est désormais perdu.

(m) Après 26... ♟h7 (ou h8), le gain est également inexorable, par exemple : 27. ♞f5+ ♟g8 28. ♞g6 (menace 29. ♞xg7 mat) ♟f7 29. ♞h6+ ♟h8 (♟f8 30. ♞xf7 mat) 30. ♞xf7+ ♟g8 31. ♞h6+ ♟h8 32. ♞f5 ♟f8 33. ♟xe4, etc.

(n) Les derniers pans de murs sont tombés. La prise du Roi noir est imminente.

(o) Menace 31. ♟h5 mat.

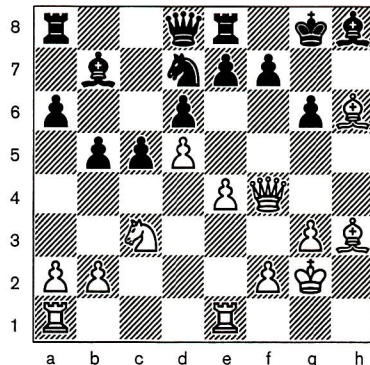
(p) Les Blancs, dans l'euphorie de la victoire et peut-être en *zeitnot* (manque de temps), "oublient" le mat en deux coups 34. ♟h6+ ♟g7 35. ♞g6 mat! Mais...

(q) ... car après 35... ♟g7 (ou g8), outre qu'ils gagnent facilement par 36. ♟xc7, les Blancs peuvent retrouver le tabeau de mat précédent par 36. ♟g6+ ♟f7 37. ♟h6+, etc.

### La solution du n° 915

1... ♟g3!! et il faut abandonner la Dame (par 2. ♟e1, par exemple) pour éviter 2... ♞xh2+ 3. ♟xh2 ♟h6+ 4. ♞h5 ♟xh5 mat (Pereira S.-Pereira R., Portugal, 1978).

## A vous de jouer !



Il manque une pierre à l'édifice du roque noir, le Cavalier défenseur n'est pas à sa place en f6 et le Fou de fianchetto a abandonné son poste en g7. Les Blancs jouent et font mat en quatre coups.

La solution... dans le prochain numéro !



# Phrases autoréférentes

Une phrase est dite autoréférente lorsque son contenu se trouve vérifié sur elle-même. Un exemple des plus simples est : « Cette phrase est composée de sept mots. » Une formulation plus complexe sera par exemple : « Dans cette phrase, on dénombre cent douze lettres qui se répartissent comme suit : soixante-sept consonnes pour quarante-cinq voyelles. » Vous pouvez compter... Vous trouverez bien 67 consonnes et 45 voyelles. A votre tour, essayez de compléter chacune des phrases autoréférentes suivantes. Les nombres à inscrire dans les espaces libres doivent, bien sûr, s'écrire en toutes lettres. Le nombre de points de suspension est évidemment sans signification.

phrases pour que l'ensemble qu'elles constituent forme un système autoréférentiel ?

1. La phrase suivante comporte ... consonnes.
2. La phrase précédente comporte ... voyelles.

Bien sûr, ce petit jeu peut être complexifié à volonté en introduisant dans chacune des phrases le couple nombre de consonnes/nombre de voyelles et même le nombre de lettres (voir l'exemple en début de rubrique).

9 et 55 nombres dont la somme des chiffres est 18.

## Les ascendants

A tout ascendant, on peut associer un nombre binaire constitué de neuf chiffres, commençant éventuellement par 0. Le n° chiffre en partant de la gauche de ce nombre binaire est égal à 1 si l'ascendant comporte le chiffre n et à 0 dans le cas contraire. Ainsi, à l'ascendant 3569 correspond le binaire 001011001. Réciproquement, à chaque binaire correspond un seul ascendant. Le problème se réduit à trouver le nombre de binaires possibles de neuf chiffres. Pour chacun des neuf rangs, il existe deux possibilités (0 et 1) et donc au total  $2^9 = 512$  binaires possibles, desquels il convient d'éliminer le nombre 0, laissant 511 ascendants possibles.

## Classique

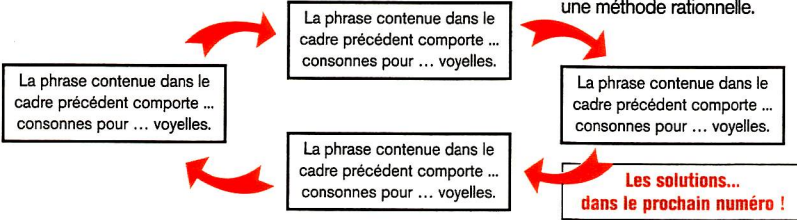
« Cette phrase comporte ... mots de deux lettres, ... mots de trois lettres, ... mots de quatre lettres, ... mots de cinq lettres, ... mots de six lettres, ... mots de sept lettres, ... mot de huit lettres. »

## Autoréférence réciproque

Complicons un peu le problème. La référence peut s'appliquer à une autre phrase. Quels nombres écrits en toutes lettres permettent de compléter chacune de ces deux

## Autoréférence cyclique

Cela nous amène aux suites cycliques de phrases autoréférentes. Sachant que ces quatre phrases (ci-dessous) sont différentes, par quels nombres faut-il les compléter ? Pour ne pas tâtonner, essayez de trouver une méthode rationnelle.



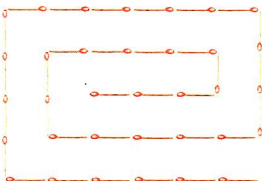
## Les grilles

Toute grille de notre lecteur comporte quatre numéros à deux chiffres et donc un numéro à deux chiffres dans chacune des quatre dernières colonnes. Chaque combinaison autorisée est de la forme :  $\bullet, \bullet, 1\bullet, 2\bullet, 3\bullet, 4\bullet$ . Une fois le zéro placé (quatre possibilités), il reste à placer les cinq chiffres 5, 6, 7, 8, 9 dans les emplacements libres, opération pouvant s'effectuer de  $5! = 120$  façons différentes, portant le nombre de grilles apparemment possibles à  $4 \times 120 = 480$ . L'ordre n'intervenant pas au niveau des deux premiers emplacements (numéros à un chiffre), les numéros correspondants peuvent être échangés, réduisant de moitié le nombre de grilles indiqué ci-dessus. Il y a donc 240 grilles différentes qui répondent aux critères de notre lecteur.

## Les solutions du n° 915

### Spirale d'allumettes

Il suffit de penser à orienter toutes les allumettes dans le même sens, en commençant par le bout souffré. Les bouts des allumettes occupent alors les intersections d'un quadrillage, sauf une, à l'extrémité de la



chaîne. Si n est le nombre d'allumettes en longueur et p le nombre d'allumettes en largeur, le nombre total d'intersections du quadrillage (nombre total d'allumettes) est :  $(n + 1)(p + 1) - 1$ . Pour la spirale  $19 \times 93$  :  $(20 \times 94) - 1 = 1879$ .

### La preuve par 9

A tout nombre ABC (y compris les nombres à un chiffre où A et B sont nuls et ceux à deux chiffres où A = 0) correspond un et un seul nombre  $(999 - ABC)$  dont les trois chiffres sont  $(9 - A), (9 - B)$  et

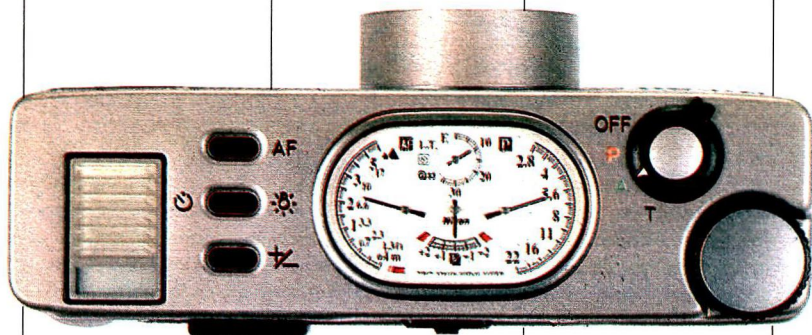
$(9 - C)$  et dont la somme est 18. Parmi les nombres inférieurs à 1 000, il y a donc autant de nombres dont la somme des chiffres est égale à 9 que de nombres dont la somme des chiffres est égale à 18. Ils sont tous multiples de 9. Entre 1 et 999, il y a 111 multiples de 9. La somme des chiffres de 999 est 27. Les 110 autres se répartissent également entre ceux dont la somme des chiffres est 9 et ceux dont la somme des chiffres est 18. Entre 1 et 1 000, il y a donc 55 nombres dont la somme des chiffres est

Dirigé par  
Roger  
Bellone

## AUDIOVISUEL

### Le retour des 24 x 36 tout métal ▼

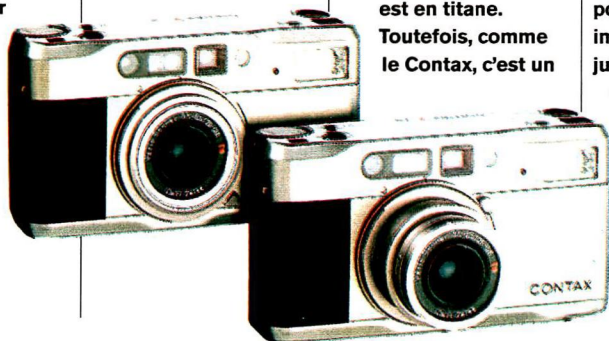
Dans la construction des boîtiers photographiques, le plastique s'est substitué à l'acier et au bronze tandis que l'électronique remplaçait les dispositifs mécaniques. Bien des photographes regrettent cette évolution. Sans doute ce sentiment est-il suffisamment fort et durable pour que quelques constructeurs aient maintenu de petites fabrications d'appareils métalliques et mécaniques. Le plus réputé est le Leica M6. Mais il en est quelques autres, souvent produits presque confidentiellement, comme le Contax T, le Rollei 35, le Nikonos, ou des reflex comme les Canon F1, Nikon F3 ou Olympus OM4 Titane. Et puis, voilà deux ou trois ans, des fabricants ont proposé quelques modèles nouveaux, argumentant pour les vendre autant sur les performances optiques que sur l'esthétique "rétro" (Rollei 35T, Konica Hexar). Depuis la tendance s'est affirmée et les



compacts métalliques et mécaniques (parfois hybrides métal, plastique, électronique) à objectifs de cinq à sept lentilles se sont multipliés : Contax T2, Rollei Prego Tessar et Xénar, Yashica T4. Derniers-nés de ces compacts tout métal aux performances élevées : le Contax TVS et le Nikon 35 TI. Le TVS (ci-dessous) est dérivé du Contax T2 mais, toutefois, les perfectionnements ont intégré les progrès les plus récents de l'électronique : automatismes (débrayables) de la mise au point et de l'exposition, obturateur mécanique à gestion électronique (de 16 s à

1/700 s et pose), sensibilités affichées automatiquement de 25 à 5 000 ISO, flash intégré automatique et à réglage manuel, entraînement motorisé, écran d'informations à cristaux liquides, formats 24 x 36 et panorama. Quant à l'objectif, c'est le fameux Vario-sonnar Carl Zeiss, recalculé pour couvrir les focales de 28-56 mm avec des ouvertures de 3,5 à 6,5 et doté de six groupes de lentilles dont trois de type asphérique (mise au point depuis 50 cm). Avec le 35 TI (ci-dessus), Nikon fait son entrée dans ce domaine des compacts tout métal : le boîtier est en titane. Toutefois, comme le Contax, c'est un

boîtier dont la mécanique est dopée d'électronique, donc tout automatique (exposition, mise au point depuis 0,40 m, entraînement, flash, affichage de la sensibilité de 25 à 5 000 ISO), mais toujours avec possibilité de réglage manuel. La mesure de la lumière est soit matricielle 3D (c'est-à-dire en tenant compte de multiples plages dans le plan image et de la distance du sujet), soit sélective. Rétro, le 35 TI l'est jusqu'à son écran d'informations : pas de cristaux liquides, mais un cadran à aiguilles. L'objectif enfin, est un Nikkor 2,8/35 mm à six lentilles, corrigé pour assurer des images "piquées" jusque sur les bords du champ. Reste, il faut bien le dire, que toute médaille a son revers et, ici, c'est le prix : 7 800 F pour le Nikon 35 TI et 9 900 F pour le Contax TVS.





## Le son venu du froid ▶

Certains mélomanes auraient noté que le son des disques compacts est meilleur quand ceux-ci ont passé une nuit au congélateur... Cette amélioration serait, toujours selon eux, beaucoup plus perceptible sur de la musique classique que sur du rock. Il nous semble qu'un tel phénomène soit parfaitement explicable. Les lecteurs de CD comportent tous un dispositif de correction

des erreurs de lecture. Lorsque celles-ci se présentent, il réalise une extrapolation entre les valeurs correctement lues. Tout porte à penser que le séjour au froid du disque tend à accroître le nombre d'erreurs de lecture, en raison de l'apparition de micro-craquelures. Lors de la correction, l'extrapolation a, entre autres, pour effet de "lisser" le signal sonore : les pics et ruptures de courbes



sont éliminés car non prévisibles. Le son s'en trouve plus feutré. Le classique peut donc y gagner en confort d'écoute, alors que le rock y perd de sa "pêche"... Le son le plus "vrai" n'est pas obligatoirement le meilleur. H.-P.P.

## ▼ Un objectif grand angle très lumineux



Nikon lance ce mois-ci l'AF Nikkor 2,8/18 mm, conçu pour ses reflex et plus particulièrement pour le Nikon F90. Très lumineux pour un 18 mm, cet objectif assure une haute définition d'image grâce à treize lentilles dont plusieurs surfaces sont asphériques et à un déplacement du groupe optique arrière rattrapant la netteté aux courtes distances (jusqu'à 25 cm du sujet). Prix : environ 13 000 F.

## 16/9 : les moniteurs copient les téléviseurs ▼

V2M, fabricant français de moniteurs professionnels, commercialise son propre téléviseur couleur 16/9, le "Grand Large" (modèle 16923). C'est un multistandard PAL, SECAM et NTSC (en option) équipé d'un tube Black Matrix 16/9 de 82 cm. Les images sont reproduites au format 16/9 ou 4/3. Soixante programmes, dont ceux du câble, peuvent être présélectionnés avec affichage des fonctions sur écran. Le son

stéréophonique, d'une puissance confortable (2 x 15 W efficaces), est rendu par quatre haut-parleurs. Enfin, ce téléviseur est muni de deux prises péritel pour la télévision numérique de demain. Le même appareil, en version moniteur informatique (MVI 16921), est capable de passer la vidéo en standards VGA/MAC II

d'une résolution de 1 024 x 768 pixels. Le tube est un 92 cm 16/9. Prix : 52 000 F le téléviseur et 40 000 F le moniteur. J.-M.B.





## ◀ Premier reflex 24 x 36 et panoramique

Depuis quelques mois, les grands constructeurs produisent des compacts double format : 24 x 36 et 13 x 36 mm. Ce dernier est obtenu par la mise en place (à l'aide d'une

commande) d'un cache contre la pellicule afin de limiter l'exposition à cette bande centrale de 13 x 36 mm. Pentax propose aujourd'hui le premier reflex, le Z-50 P, équipé de ce dispositif. Ses caractéristiques, dérivées des Pentax Z10 et Z20, en font un appareil très complet : mise au point avec mémorisation,

exposition selon trois programmes, obturateur de 30 s à 1/2 000 s, retardateur pour 12 s, flash intégré... Tous ces automatismes sont débrayables. La mesure de la lumière se fait sur six plages du viseur ou manuellement en mode spot. Dimensions : 15 x 9 x 6,6 cm. Prix : **3 990 F** avec zoom 35-80 mm.

## Une chaîne midi modulaire ▶

Pour ses Performing Arts Midi, Grundig propose des éléments séparés. La plus perfectionnée, la 310, possède un amplificateur de 2 x 70 W efficaces sous 4 Ω, un tuner RDS, un magnétophone double cassette avec Dolby B, C et HX PRO, un lecteur CD de technique 1 bit. Ses performances : réponse de l'amplificateur de 5 à 100 000 Hz linéaires avec un rapport signal/bruit pondéré de 97 dB ; sensibilité en FM de 48 dB et réponse de 10 à 15 000 Hz avec un taux de distorsion de 0,2 à 0,4 % ; réponse du magnétophone de 40 à 16 000 Hz. Prix : **5 500 F**.

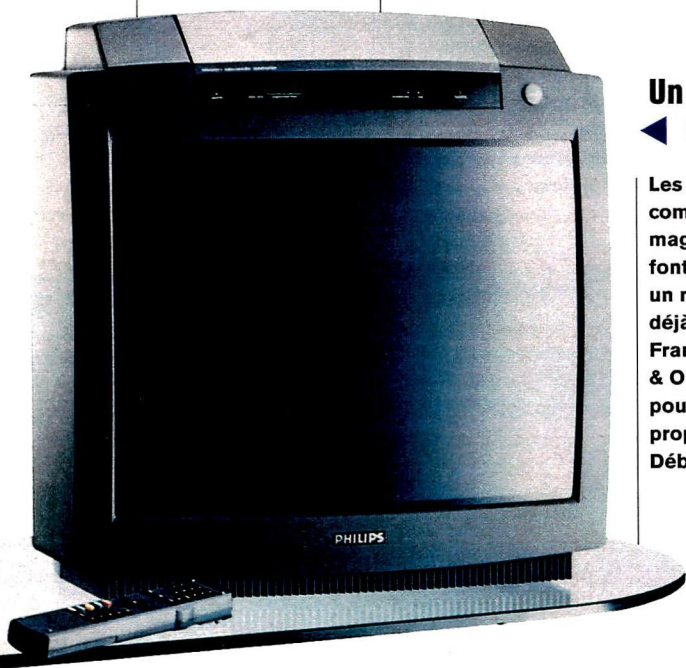
J.-M.B.



## ◀ Un téléviseur avec magnéscope incorporé

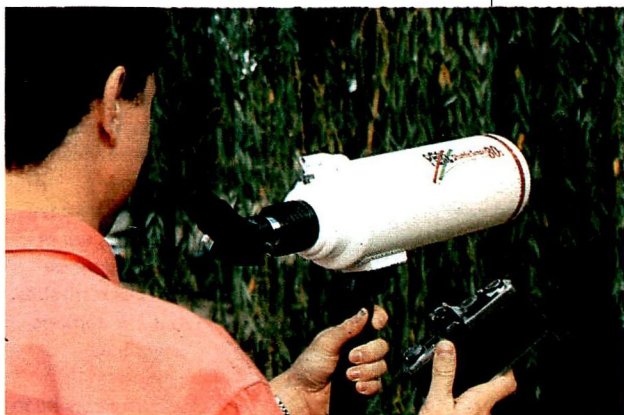
Les "télévidéo", combinés téléviseur-magnéscope, font fureur au Japon : un million d'appareils déjà vendus. En France, seuls Bang & Olufsen et Sony, pour l'instant, proposent un modèle. Début 1994, Philips

lancera à son tour le 21 PT 351A. Donc, plus de câble ni de connexion entre ce téléviseur 55 cm et son magnéscope, et une seule télécommande pour contrôler les deux appareils. Prix non encore fixé. P.S.



## Un objectif pour la photo et... l'astronomie ▼

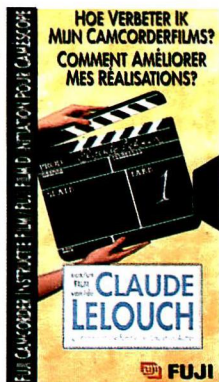
Instrument d'optique universel, le Shuttle Scope 80, construit par Perle et proposé par la Maison de l'Astronomie, permet aussi bien d'observer ou de photographier les planètes et les étoiles que, sur Terre, en gros plan, des fleurs ou des insectes. Il est constitué d'un objectif achromatique pouvant recevoir deux oculaires, d'un viseur et d'un support de fixation sur pied. L'objectif, de 80 mm de diamètre et de 480 mm de focale, est ouvert à 1 : 6.



Il est utilisable pour l'observation des étoiles jusqu'à la magnitude 11,6. Les deux oculaires de 12,5 et 25 mm permettent

des grossissements de 38X et 19X. Pour la photographie, un simple adaptateur transforme l'objectif en téléobjectif puissant. Prix : 3 900 F. F.B.

## Une vidéocassette gratuite ▼



A la vérité, pas tout à fait gratuite : en effet, cette cassette, qui comporte un programme d'initiation à la prise de vue vidéo réalisé par Claude Lelouch, n'est offerte qu'aux acheteurs d'un paquet de trois vidéocassettes VHS-C ou 8 mm de marque Fuji. Quant au programme, d'une durée de dix-huit minutes, il contient des conseils du cinéaste pour préparer et tourner un film au moyen d'un caméscope.

## TÉLÉCOMMUNICATIONS

### Un répertoire à la mémoire infailible ▼

Si l'idée du répertoire téléphonique électronique n'est pas nouvelle, le DC-E700 de Casio supprime, pour la première fois, le risque d'effacement accidentel. Les répertoires, en effet, fonctionnent selon deux modes : le premier pour consulter, entrer, modifier, effacer l'information ; le second pour la sauvegarder. Jusqu'à présent, les deux modes utilisaient l'énergie des piles, avec le risque de panne en cas d'oubli de leur changement lorsqu'elles sont usées. Le DC-E700 fonctionne avec l'énergie solaire pour enregistrer les informations. Pour entrer, modifier ou effacer une donnée, on le place dans un boîtier doté de piles. Identique à une carte de crédit, le DC-E700 est le premier utilisant les cristaux liquides sur film souple. Ainsi, dans la poche, il se plie mais ne rompt pas. D'une capacité de 300 numéros de téléphone, il possède un code secret et peut servir de calculatrice. Prix : 500 F.





## ▼ Des radiotéléphones de poche numériques

Le GSM (Global System for Mobile communication), ou radiotéléphone numérique, vient d'entrer en service.

Normalisé par une vingtaine de pays européens, il permet des appels pour ou depuis ces territoires.

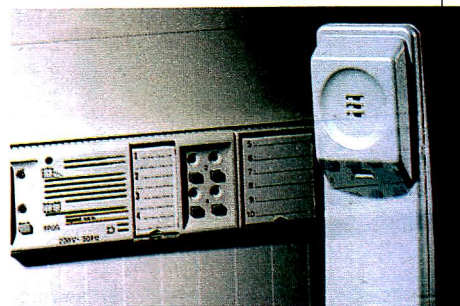
Parmi les derniers combinés figurent le Beocom 9000

de Bang & Olufsen, le CM-D 100 (ci-contre) de Sony et l'EU-2000 de Panasonic. Pour accéder au réseau GSM, il suffit d'insérer dans ces terminaux une carte à puce dite SIM (module d'identification de l'abonné). Les trois combinés sont compacts et légers : 14,7 x 6,2 cm et 295 g pour le premier ; 18,5 x 5,78 cm et 180 g

pour le deuxième ; 15 x 5,3 cm et 145 g pour le dernier. Tous offrent de multiples fonctions qu'on peut visualiser sur un écran à cristaux liquides. Ils sont utilisables en téléphone de voiture, grâce à un kit d'installation "mains libres". Prix : 10 500 F le Beocom 9000, 9 000 F le CM-D 100 et 11 000 F l'EU-2000. P.S. et F.C.

## Mettez vos appareils en marche par téléphone ▼

Sur un coup de téléphone, vous pouvez mettre en marche ou arrêter jusqu'à dix appareils électriques dans votre maison. Pour ce faire, Legrand vous propose Axiophone, un boîtier fonctionnant en duo avec votre téléphone. Ce dispositif, monté à la sortie du disjoncteur général, est relié aux circuits des appareils à piloter. Pour intervenir, composez votre numéro de téléphone et un code de quatre chiffres ; Axiophone vous donne alors, par synthèse vocale, l'état de fonctionnement des appareils ; ensuite, vous lui donnez vos ordres. Prix : 3 100 F. P.S.



## MAISON ET JARDIN

### ▼ Des tables de cuisson modulaires

Mesurant 6 cm d'épaisseur, 29 cm de largeur et, selon les modèles, 38 ou 57 cm de longueur, avec un poids de 3 ou 4 kg, les tables de cuisson Evolutive de Seb se

posent sur n'importe quelle surface de travail et s'utilisent seules ou juxtaposées (pour multiplier les plaques chauffantes). Si l'Evolutive la plus simple possède un seul foyer de fonte d'une puissance de 1 500 W, les modèles perfectionnés sont électroniques, avec une surface en vitrocéramique et un ou deux

foyers (1 200, 1 500 ou 1 800 W). La commande électronique assure la régulation des températures (à l'aide d'une sonde placée sous la vitre) selon qu'il s'agit de cuire, de mijoter, de réchauffer ou de maintenir tiède. La température peut être programmée entre 40 et 580 °C. Six modèles, de 429 F à 1 639 F. F.B.



## Le repassage automatisé ▶

C'est ce que propose Calor avec son fer Pressing Program. Partant du principe connu qui veut que l'application du fer chaud pour repasser le linge soit précédée d'une humidification pour détendre les fibres, une étude a montré que, plus une pièce de linge est petite, plus les mouvements sont rapides et que, de ce fait, les cycles vapeur

et sec doivent être très brefs – et inversement pour les grandes pièces. Sur ces bases, Calor a déterminé deux programmes de repassage, l'un pour les petites pièces, l'autre pour les grandes. La fonction vapeur est ainsi automatisée. Plus besoin de maintenir le doigt sur sa commande : dès qu'on pose le fer, la vapeur s'arrête. Le programme peut être neutralisé si



l'on préfère le mode manuel. Ce fer est doté d'une sécurité (arrêt automatique au bout de vingt-cinq minutes d'inutilisation).

Prix : 2 000 F. F.B.

## SPORT ET LOISIRS

### ▼ Des jumelles zoom

Grâce à un grossissement de 7 à 15X, les Nikon Sporting II Zoom permettent à volonté de cadrer serré ou d'élargir le champ. Un levier commande en douceur cette modification. Pour le reste, ces jumelles possèdent les qualités Nikon : image claire et nette, absence de reflets parasites grâce à un traitement multicouche. Parmi les caractéristiques, mentionnons le diamètre de l'objectif : 35 mm ; le champ angulaire de 40,6° à 7X ; les diamètres de la pupille de sortie : de 5 mm (7X) à 2,3 mm (15X) ; et les indices crépusculaires de 10,2 (7X) à 15,6 (15X). Un revêtement de caoutchouc assure une protection et une bonne prise en main. Poids : 795 g. Prix : 2 290 F.



### Une calculatrice qui tire le portrait ▶

Le Casio ID 5000 permet d'associer, à chaque numéro de téléphone répertorié, le portrait de son titulaire. Une trentaine de types de visage défilent alors sur l'écran ; après un premier choix, il suffit de changer nez, bouche, yeux... d'ajouter lunettes, barbe ou moustache... Au total, plusieurs millions de combinaisons. Ce répertoire, destiné aux 9-13 ans, possède huit autres fonctions : calendrier et agenda, heure des grandes capitales, taux de change, calculette, réveil, petite banque de données, bloc-notes (avec code secret). Ses constructeurs ont cru bon de rajouter une fonction horoscope... Prix : 500 F.



## SOS animaux ▶

Réalisé par les jeux Nathan, SOS animaux est un jeu de société éducatif pour de deux à six enfants à partir de 8 ans. Sa fonction : faire découvrir et reconnaître les animaux menacés ou en voie de disparition. Le jeu se présente un peu comme le bon vieux jeu de l'oie, mais le circuit parcourt tous les continents de notre planète à la rencontre des animaux en péril qui y vivent. Pour jouer, les enfants disposent d'un plateau avec planisphère, de 145 cartes d'animaux, d'un distributeur de cartes, de six pions, d'un "guide d'explorateur". La règle du jeu propose un voyage, semé d'embûches, à travers le monde. Prix : 200 F.

F.B.



## Des jumelles submersibles ▶

Ces jumelles antichoc, conçues par Pentax pour une utilisation tout terrain, sont étanches à l'eau (jusqu'à 5 m de profondeur) et protégées contre la formation de buée par une injection d'azote. Deux modèles sont proposés, PIF 7 x 50 (grossissement 7X) et PIF 10 x 50 (10X), tous deux à six lentilles, prisme de Porro, mise au point minimale à 8 m, écartement interpupillaire de 54 à 78 mm et poids de 1 650 g. La luminosité relative est de 50,4 sur les 7 x 50 et de 25 sur les 10 x 50. Prix : 5 195 F les 7 x 50 et 3 395 F les 10 x 50. P.S.



Ont participé à la rédaction de ces informations : Florence Bellone, Jean-Marie Bret, Frédérique Chapuis, Henri-Pierre Penel et Paule Sully.

## ◀ Des gants antichoc/antifroid

Contrairement au skieur, le "snowboarder" n'utilise pas de bâtons et c'est sa main et son avant-bras qui lui servent d'appui pour commander ses mouvements (pivoter, tourner, sauter...).

Pour réduire les risques de foulure, entorse, fracture du pouce ou du poignet, la société Hoff

propose les gants Kombi Lobster. En fait, ces gants sont doubles.

● Une moufle extérieure : la paume et le pouce sont en cuir ; 40 % de Kevlar renforcent les parties en contact avec la neige pour qu'elles résistent fortement à l'abrasion. La toile extérieure (50 % polyamide doublée) assure l'étanchéité à l'eau, à la neige et au vent.

10 % de Lycra procurent une meilleure élasticité et facilitent le toucher. Enfin, ce gant extérieur est équipé, sur les doigts, de barrettes de protection antifractures. Un large Velcro garde le gant en place, protège et maintient le poignet. ● Un gant intérieur traditionnel, 100 % laine polaire, donc très chaud. Prix : 450 F. F.B.



# LIVRES

Sous la direction de  
Jean-Pierre Changeux

## Fondements naturels de l'éthique

Odile Jacob, 334 p., 150 F

Le thème de l'éthique a pris une urgence particulière ces derniers temps, notamment en novembre, avec l'annonce du clonage d'embryons humains. Treize auteurs, philosophes, psychologues, anthropologues, juristes, neurobiologistes, traitent donc de la question sous le titre ci-dessus, qui nous paraît mal conçu, car il penche d'emblée un peu trop du côté de la fameuse "loi de nature", dont on sait ce qu'elle nous réserve.

La direction de Changeux, dont la contribution se limite à une préface de trois pages, se justifie sans doute par ses prises de position bien connues sur «les prédispositions neuronales à l'éthique», qui distingueraient, selon lui, l'homme d'autres espèces animales et qui seraient soumises aux déterminismes génétiques qui définissent la nature humaine.

Dans son introduction, Marc Kirsch semble se référer à cette notion ambiguë de "naturalité" quand il écrit, nous résumons, que la morale découlerait de notre évolution, «qui est une histoire naturelle». Après cette acrobatie logique, nous sommes invités à prendre connaissance, quand même, «des fondements naturels de l'éthique dans une perspective évolutionniste». Et c'est à Michael Ruse, de l'université de Guelph, qu'est dévolu le redoutable honneur d'exposer «une défense de l'éthique évolutionniste». Sur ce que serait

une telle éthique, nous sommes contraint de reconnaître que les notions du signataire de ces lignes sont restées confuses. Et pour cause : «Il n'y a absolument aucune raison de penser que l'évolution va vers un progrès», écrit Ruse. Autant dire que ce que nous prenons pour une évolution pourrait être son contraire, c'est-à-dire une involution, et que l'éthique pourrait se dégrader au nom du changement, comme incite à le craindre la morale publique. «C'est pourquoi je soutiens que l'éthique évolutionniste traditionnelle se base sur une compréhension erronée du progrès évolutif», conclut Ruse ; ce qui met un comble à la confusion, car on ignore ce que serait l'éthique évolutionniste traditionnelle ? Traditionnelle par rapport à quoi ? Quand nous sommes arrivés à l'assertion suivante : «Les points importants qu'il faut établir, concernant notre propre espèce, c'est que nous sommes hautement "altruistes"» ; là, nous avons "décroché". Les atrocités en cours dans le monde amènent désagréablement à se demander si les auteurs et leur public accordent aux mots les mêmes sens. "Hautement altruistes", en effet ! Mais rendons hommage à la modestie de l'auteur : «Je me rends compte que la position que j'ai adoptée est à bien des égards difficile à saisir intuitivement», écrit-il, après avoir défendu une "nouvelle éthique évolutionniste".

Nous serions-nous laissé emporter ? Faut-il se dire que Ruse s'efforce de traiter de son sujet en s'abstrayant du contexte vécu ? Que non : «La morale ne peut fonctionner

– fonctionner ! – que si les gens croient vraiment qu'elle a bien un fondement objectif», écrit-il encore, en redescendant au niveau quotidien (celui de la *praxis*, comme on dit en langage érudit).

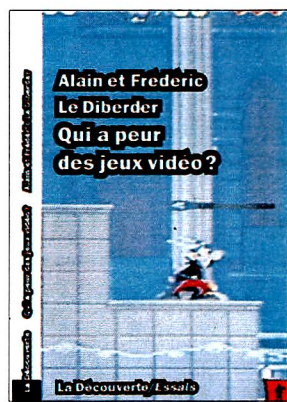
Le reste des contributions est très inégal et parfois déconcertant par son extrême éclectisme. Ainsi, la communication de Nancy Wilmsen Thornhill sur la "Nature du traumatisme psychologique consécutif au viol et quelques implications éthiques" n'apporte-t-elle pas grand-chose au débat sur la présence ou l'absence de structures éthiques innées ; sa place eût été dans un ouvrage de sexologie. Et celle de "Quelques raisonnements théoriques sur des raisonnements pratiques à propos du raisonnement théorique", qui ressemble fort à l'une de ces parodies où excelle Umberto Eco, eût, à notre avis, mieux trouvé sa place dans une revue juridique.

Autant dire que ce livre est décevant. On comprend, d'ailleurs, l'incertitude du projet originel à la lecture des "Remarques anthropologiques sur le relativisme moral", de Dan Sperber, qui renvoie dos à dos tenants et adversaires de l'innéisme éthique.

On eût souhaité un autre livre et plus de simplicité. On eût souhaité qu'un de ces doctes auteurs rappelât ceci : lorsqu'en 1966 un biologiste italien, Petrucci, entreprit de cultiver en éprouvette un embryon humain, le tollé fut tel qu'il dut interrompre l'expérience (voir *Science et Vie* n° 585, p. 72). Un peu plus d'une décennie plus tard, les bébés-éprouvettes étaient chose banale. Lorsqu'en 1886 la préfecture de police de Paris

imposa le raccordement des immeubles au tout-à-l'égoût, savants et autorités morales dénoncèrent à l'envi cette intolérable menace "pour les libertés civiques", aggravée, disaient-ils, par l'introduction des toilettes assises, qui allaient disséminer la syphilis et favoriser la masturbation. A quel moment serait donc née l'éthique neuronale ?

Gerald Messadié



### Alain et Frédéric Le Diberder Qui a peur des jeux vidéo ?

La Découverte, 228 p., 110 F

Plus de 80 millions de consoles de jeu s'activent actuellement de par le monde à "distraire" nos enfants. En France, une famille sur trois possède au moins un jeu de ce type. C'est dire si le phénomène prend de l'importance. Ce livre fait l'historique de la "déferlante" du jeu vidéo et, par ailleurs, étudie l'impact sociologique qu'elle a eu sur les "vidéo-maniaques" les plus atteints.

La psychose du jeu vidéo est-elle fondée ? Qu'apportent- ▶

suite de la page 149

ils ? Rendent-ils asocial ? Peut-on devenir un "accro" de la console ? Autant de questions qui trouvent leur réponse dans cet ouvrage, qui s'adresse aux parents comme aux enfants. Il rassurera les premiers et amusera les seconds, tant par l'exposé chronologique qu'il rapporte que par l'étude approfondie de la plupart des logiciels de jeu proposés sur le marché.

Henri-Pierre Penel

prendre au lecteur à surmonter sa préférence coupable pour la fable au lieu de la réalité et qui comporte une leçon exposée ci-après.

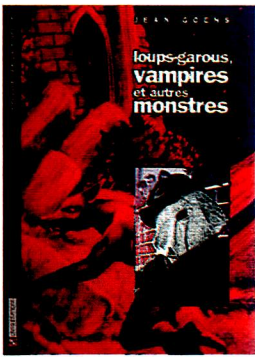
L'homme-éléphant, qui a fait l'objet d'un film, exista bel et bien. Nommé James Merrick, il mourut à 27 ans en 1890, après avoir souffert soit d'une maladie rare et héréditaire de transmission autosomique dominante, la neurofibromatose de Recklinghausen, soit d'une

affection guère plus enviable, appelée le syndrome Protée, résultant de mutations multiples du fœtus. La légende en fit un mal-aimé ; bien au contraire, il fut choyé par sa famille. Il ne fut pas non plus amer. Les légendes, comme on le voit et le reverra, culbutent bien souvent dans des culs-de-basse-fosse.

Lui succède, dans l'inventaire de Goens, Richard III, rendu célèbre par Shakespeare, et

dont les deux ans de règne ne furent, comme le reste de la chronique royale du temps, qu'une succession d'assassinats atroces et de fourberies. Richard III fut-il méchant parce qu'il était laid ? On l'eût cru sur la foi de Shakespeare, qui le décrit physiquement monstrueux (Goens évoque ici une autre maladie génétique rare, le syndrome d'Ellis van Creveld, ou chondrodysplasie ectodermique, qui en eût fait un nain bossu, dont toutes les parties auraient été déformées, du thorax aux dents et des doigts à la mâchoire). En réalité, Richard III semble avoir été surtout victime de Shakespeare, car son visage, sur les portraits de l'époque, est énergique et régulier et les méfaits qu'on lui attribue sont ou bien exagérés ou bien inventés et, en tout cas, guère pires que ceux de bien d'autres rois. Voilà donc un monstre de moins.

Nous avons déjà expliqué dans *Science & Vie* n° 907, p. 49, que les loups-garous, thème abondant dans les mythes et les légendes de nombreuses cultures, sont des créatures



Jean Goens

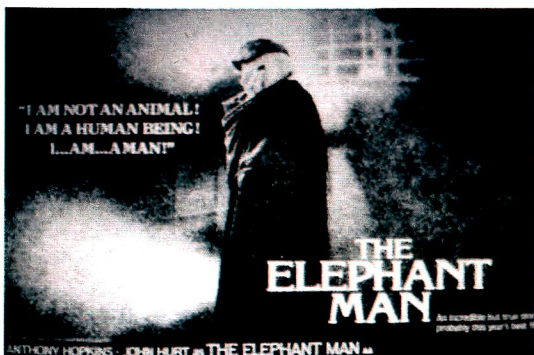
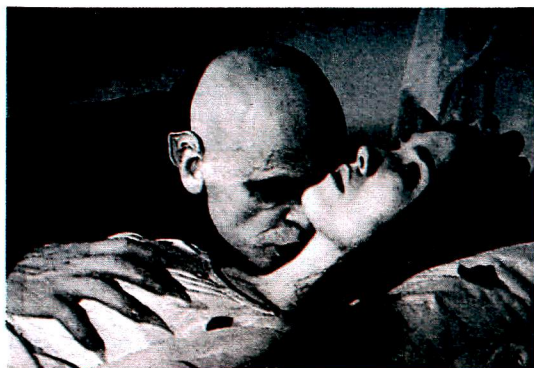
## Loups-garous, Vampires et Autres Monstres

CNRS Ed., alb. ill., 144 p., 220 F

Homme-éléphant, loups-garous, vampires et monstres moraux comme Richard III d'Angleterre, Jack l'Eventreur, tel est le sujet de cet ouvrage original. Chef de clinique-adjoint aux Hôpitaux universitaires de Bruxelles, dermatologue de formation, le Dr Jean Goens offre ici des enquêtes médicales d'une part, mythologiques de l'autre, sur ces humains qui, pour des générations, ont incarné la présence du Mal sur la Terre. Livre louable, qui devrait ap-







Photos extraites du livre

plausibles. L'apparence physique qu'on leur prête, sur laquelle les conteurs et les romanciers ont tant brodé, témoin R.L. Stevenson dans son célèbre Dr Jekyll and Mr Hyde, n'est pas entièrement un produit de l'imagination ; ces malades souffrent de porphyrie, qui les rend excessivement sensibles au soleil et finit par déformer les tissus de leurs traits ; et ils souffrent également d'hypertrichose, qui leur fait des fa-

ciés anormalement poilus. A ces anomalies plus ou moins graves qui, dans les cas aigus, leur prêtent des apparences bestiales, s'ajoutent des atteintes du système nerveux et du psychisme. Bizarrement, l'auteur ne mentionne pas l'hypothèse du loup érythémateux, qui peut aussi expliquer certains cas de lycanthropie.

La littérature sur les lycanthropes est remarquablement abondante, car ces êtres qui paraissent intermédiaires

entre l'homme et l'animal ont évidemment excité les imaginations. On en a fait des dieux dans l'Antiquité et, bien évidemment, des démons quand on a commencé à croire au Diable, c'est-à-dire dans l'Europe post-romaine. Brochant sur ces mythes, on a assimilé les lycanthropes à des obsédés et des pervers sexuels.

Ce sont encore des obsessions salaces qu'on retrouve dans

les dérivés du vampire et de Jack l'Eventreur, plaquées sur des fantômes irrationnels. S'il y a eu quelques cas de vrais vampires qui ont attaqué des hommes, ils auront été bien trop rares et lointains pour inspirer un mythe qui a littéralement obsédé les conteurs depuis des siècles. On regrettera à ce sujet que

l'auteur esquive ►



suite de la page 151

et l'aspect strictement zoologique et l'aspect théologique de ce mythe : en fait, le vampire, avec ses oreilles pointues, ses lèvres rouges, son haleine putride et ses ongles griffus n'est autre qu'une variante du fantôme du Diable, accrochée à quelques cas épars de nécrophilie bien réels. Tout le reste n'est que psychopathologie.

Psychopathologie et délires assortis sont encore la farce qui remplit les variations sur le thème récurrent de Jack l'Eventreur. Assez curieusement, ce que l'excellent ouvrage que voilà révèle le plus clairement, c'est la fascination du public pour le morbide et l'absurde. C'est surtout la leçon qui demeure.

G.M.

René Thom

## Prédire n'est pas expliquer

Champs Flammarion, 172 p., 39 F

Quand un mathématicien a prouvé qu'il était l'un des meilleurs de sa génération en recevant la médaille Fields (l'équivalent du prix Nobel pour les mathématiques), il y gagne de pouvoir parler de philosophie des sciences sans qu'on le prenne pour un philosophe s'égarant sur des chemins qui ne sont pas les siens. Car les sciences, aujourd'hui, qu'il s'agisse de l'informatique, de la physique des particules ou même de la biologie, reposent toutes en dernier ressort sur des modèles mathématiques.

Or, ces modèles, qui permettent de quantifier un phénomène (c'est-à-dire de le mettre en formules) et donc

de prédire son évolution en assignant diverses valeurs aux paramètres de ces formules, n'en donnent pas l'explication pour autant. Intelligence brillante, René Thom montre au cours de ses entretiens avec Emile Noël qu'il existe, à côté de cette approche prédictive, une approche qualitative des processus dont la valeur explicative est sans doute plus fine et plus décisive pour la connaissance.

Car sa passion de chercheur c'est d'expliquer, de faire reculer les limites de l'intelligible. Et il considère que la science actuelle mise trop sur les interprétations chiffrables, au détriment de la compréhension, et surtout qu'elle est trop soumise à des modes. Ainsi de la théorie du chaos, qui a tant la faveur de certains chercheurs : en fait, elle trouve sa source dans un travail de topologie mené par le Français Jacques Hadamard en 1902. Ainsi de l'obsession de tout réduire au discontinu, à une succession de chiffres, au point de considérer que la pensée elle-même repose sur un nombre fini de neurones dont chacun n'a qu'un nombre fini d'états.

Or, note Thom, chaque neurone est composé d'un nombre considérable de molécules dont chacune peut vibrer ; si l'on prend en considération les paramètres de position de ces molécules et que l'on admet que l'espace dans lequel elles vibrent est continu, alors on a des paramètres continus et le continu existe aussi au niveau du cerveau. Même la mécanique quantique n'échappe pas à sa critique : elle constitue pour lui le scandale intellectuel du siècle, car, là, la science a renoncé à l'intelligibilité du monde.

Autant dire que, du point de vue scientifique, ce n'est pas un conformiste. Cela dit, sa critique n'a rien d'une opinion, c'est-à-dire d'une réaction affective ; au contraire, il s'agit d'une réflexion fondée sur des connaissances qui sont celles d'un scientifique de très haut niveau.

Esprit acéré, peu crédule, cartésien dans le bon sens du terme, René Thom nous livre ici des avis sur la philosophie des sciences qui ont le mérite de nous rendre un peu moins crédules vis-à-vis des savants.

Rassurons tout de suite ceux que le sujet intéresse : ce n'est pas un livre de maths, ce n'est pas un exposé de la théorie des catastrophes, et il n'y a ni formules ni équations – tout au plus quelques dessins de surfaces gauches en fin de volume pour aider à la compréhension de certaines notions de topologie. C'est donc un livre qui peut être lu par tous, car il fait appel simplement à la raison et non à des connaissances précises dans tel ou tel domaine des sciences. Mais quand on l'a terminé, on y a réellement gagné une vision très approfondie des choses.

Renaud de La Taille

Marc Sourdod

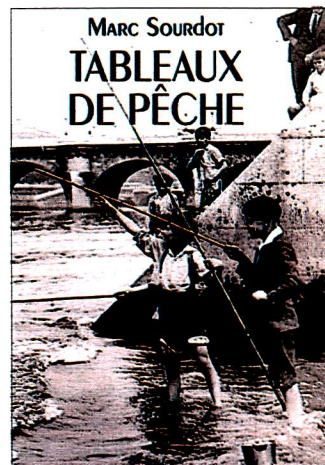
## Tableaux de pêche

Du May, coll. "Album de famille", 96 p., 145 F

«Au commencement était le ver. Toute histoire de la pêche et toute histoire de pêche pourrait débiter ainsi : un ver à l'hameçon, l'hameçon à un fil, le fil à une gaule et, à l'autre bout, un enfant. Un enfant qui pêche au ver dans un ruisseau, une mare, ou un étang,

une rivière ou un fleuve, peu importe. Un enfant qui brise le miroir de l'eau avec son ver, qui trouble le mystère de l'onde pour en extraire, sans doute, quelques poissons, mais plus sûrement, du rêve.»

De fait, c'est bien dans un univers de rêve et de contemplation que le très beau livre de Marc Sourdod, professeur de linguistique à la Sorbonne et grand pêcheur devant l'Éternel, nous conduit : un univers où les mots le cèdent à la puissance de l'image. 76 photos ra-



content un temps, pas si éloigné, où les rivières étaient aussi riches en poissons qu'en... pêcheurs : hommes ou femmes de tout âge et de toute condition guettant le goujon ou la tanche depuis la rive, le quai ou le ponton, l'œil rivé à un fil. Où sont-ils aujourd'hui ces gamins que l'on voyait pêcher debout, les pieds dans l'eau, sous les piles du pont Neuf dans le Paris de l'entre-deux-guerres ? Là où personne n'oserait maintenant tremper ne serait-ce que le bout de son doigt...

Marc Mennessier

*Christian Gerondeau*  
**Les Transports en France**

Ed. Transports Actualités, 327 p., 160 F

En France, 90 % des passagers et 95 % du fret sont transportés par voie routière. Ce n'est pas un hasard, affirme Christian Gerondeau, ancien délégué à la Sécurité routière de 1972 à 1981. C'est tout simplement parce que la route présente les meilleures garanties en termes d'efficacité : 80 % des Français font appel à la route pour se rendre à leur travail ; leur temps moyen de trajet est de dix-huit minutes ; il est de cinquante-trois minutes pour ceux qui utilisent un autre mode de transport. En 1992, les usagers ont dépensé 950 milliards de francs pour l'achat et le fonctionnement de leurs véhicules, alors que les investissements routiers n'ont pas dépassé 60 milliards de francs. Conclusion de celui que l'on appelait naguère "monsieur Sécurité routière" : le système de transport par route est remarquablement économe en infrastructures.

On pourrait donc accroître le montant des investissements sans risque de gaspillage. Ce qui permettrait du même coup de combattre le phénomène de congestion, car, contrairement à une idée reçue, le parc automobile n'augmente plus que lentement. D'ailleurs, dit M. Gerondeau, ce phénomène de congestion routière est tout à fait marginal. Sur 86 millions de déplacements quotidiens, il n'affecte que 10 % du trafic. La période de forte augmentation du trafic et les encombrements qui peu-

vent en résulter sont dépassés. La pollution ? Un phénomène, là encore, largement surestimé. L'oxyde de carbone est un polluant de proximité qui se dissipe très vite : à quelques mètres de sa source d'émission, le pot d'échappement en l'occurrence, il est indétectable. Une cuisine où une ménagère mijote ses petits plats est davantage polluée que le boulevard périphérique parisien. Idem pour le gaz carbonique, accusé de contribuer à l'effet de serre : la route n'y entre que de façon marginale, et 90 % du CO<sub>2</sub> proviennent des centrales thermiques. Ce que personne n'ose dire trop fort, car il faudrait en tirer les conclusions qui s'imposent et prôner les centrales nucléaires...

On le voit, le livre de M. Gerondeau contrarie bien des idées reçues. A ce titre, il est de caractère nettement polémique. Et les arguments avancés par l'auteur seront d'autant plus difficiles à combattre qu'ils s'appuient sur des chiffres peu contestables, provenant de documents officiels, de statistiques de l'INSEE ou de sondages précis auprès de la population. Il ne s'agit donc pas d'une prise de position inspirée par le goût de la provocation. M. Gerondeau est président de l'Union routière de France, organisme qui regroupe l'ensemble des activités liées à la route. De ce fait, il tient à faire entendre la voix de ceux qui n'ont jamais pu se constituer en véritable groupe de pression, constructeurs de voitures, gestionnaires d'autoroutes, pérorateurs, agissant toujours en ordre dispersé. «L'activité d'un groupe de pression est

inversement proportionnelle au poids économique qu'il représente. Il est temps que cela cesse», affirme-t-il.

Reste le problème des accidents et de leur coût pour la collectivité. «Inacceptable», reconnaît-il. Mais, en France (comme ailleurs), la politique de sécurité routière est incohérente et coupable. Près de 100 milliards de francs sont consacrés chaque année à la réparation des accidents, alors que les sommes allouées à la prévention sont dérisoires. «Il est possible de diviser encore par deux en quelques années le nombre des victimes...», affirme-t-il. Des références ? En neuf ans, période durant laquelle Gerondeau était "monsieur Sécurité routière", le nombre des accidents a été divisé par deux... *Germain Chambost*

*François Aulas*  
*et Jean-Paul Vacher*

**Le Doigt dans l'œil**

Lieu commun, 289 p., 120 F

Ces deux auteurs, dont le premier se définit comme "médiateur scientifique" et l'autre comme "scénariste audiovisuel, concepteur d'expositions et traducteur scientifique", se sont mis en tête de dénoncer les bévues ordinaires de ce qu'on appelle la science, c'est-à-dire, tout compte fait, du savoir. Ils ont évidemment beau jeu : la science a commis, en effet, pas mal de bévues. Ils s'en tiennent surtout aux plus récentes... et en commettent à leur tour quelques-unes qui ne sont pas "piquées des hannetons". Ainsi, exposant les péripéties

de la fusion froide, qu'ils résument un peu sommairement d'ailleurs, ils concluent que «cette affaire aura... permis d'envisager d'autres solutions que le gigantisme, que personne, dans la recherche thermonucléaire, ne remettait en question». Bizarre : ils viennent d'expliquer que la fusion froide est une théorie infondée, et, pourtant, elle permettrait de réaliser la fusion thermonucléaire à petite échelle ? A propos des quasi-cristaux, dont la découverte bouleversera, en effet, la cristallographie, ils se gaussent de certains réfractaires qui se refusent à admettre ces incongruités physico-chimiques. Ils reconnaissent pourtant que ces obstinés ne représentent que 1 % des publications sur la question, ce qui n'est pas alarmant. Or, l'affaire est plus simple : les quasi-cristaux, ou cristaux à structures quasi-périodiques, déconcertèrent tant les spécialistes qu'il fallut en discuter longtemps pour en avoir le cœur net. C'est le cas de toutes les découvertes fondamentales. Où est donc la bévue ?

A propos de la "mémoire de l'eau", les auteurs prennent la défense de son inventeur, assurant qu'«il vient de publier (quand ? où ?) deux expériences qui confirment encore, toujours sans explications vraiment valables – «mais doit-il être seul à tout faire dans ce domaine ?» demandent-ils – l'hypothèse d'un "effet sans molécules". Voilà qui est un peu vite dit, non ? La hâte avec laquelle la "mémoire de l'eau" est évoquée contraste, incidemment, avec le fait que nos auteurs ne sont sûrs de rien, puisqu'ils se demandent s'il ▶

suite de la page 153

ne faudra pas «renvoyer le professeur Benveniste et ses collègues à leurs chères études». Pour commencer, Benveniste est docteur, pas professeur.

Souhaitant donc laver plus blanc, nos auteurs jettent le bébé avec l'eau du bain : «La science ne peut servir d'arbitre entre la vérité et l'erreur», déclarent-ils. Ah bon ? Alors, nous avons le droit d'écrire que le Soleil tourne autour de la Terre, que l'ADN n'existe pas et que la génération spontanée est un fait ? Nos auteurs confondent-ils science et révélation ? G.M.

Jean-Paul Jouary et  
Sylvestre Huet

### Sciences : les Français sont-ils nuls ?

Jonas, 140 p., 98 F

Elisabeth Lage

### Lycéens et Pratiques scientifiques

L'Harmattan, 136 p., 80 F

Puisque nous voici dans l'ordinaire détresse que l'on sait, où nous plonge le fait que, selon un sondage récent, 90 % environ des Français ont une pratique affligeante de la chose écrite, ces livres tombent à point.

Celui d'Huet et Jouary n'est pas joyeux, mais enfin, il n'incite pas au cilice. Les Français sont-ils familiers de la mécanique quantique ? Quand on leur demande si la lumière est formée de particules, d'ondes ou des deux, 15 % (les sexes confondus) répondent oui à la première



question, 9 % oui à la deuxième et 29,5 % oui à la troisième. Ce n'est pas mal. Quand on leur demande encore si le noyau d'un atome peut être cassé, 46,5 % répondent oui et seulement 19,5 % répondent non. Cela aussi est encourageant.

Pourtant nos auteurs écrivent que «le bilan d'ensemble est sans appel. Les grandes avancées de la science moderne (pourquoi moderne ?), opérées au tournant des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles restent inconnues de la majorité des personnes interrogées.

Question de classe : la majorité de ceux qui savent que la lumière est à la fois corpusculaire et ondulatoire se situe dans les professions libérales et les cadres supérieurs (sans doute lisent-ils *Science & Vie*). Et c'est encore dans la même classe qu'on trouve la majorité de ceux qui pensent que le noyau d'un atome peut être cassé.

Nous ne partagerons donc pas l'avis mélancolique de nos auteurs ; tout, en effet, indique que la cause n'est pas perdue. Si l'on prend les étudiants en sciences, on trouve que 100 % d'entre

eux optent pour la nature double de la lumière, mais, bizarrement, 78 % seulement pensent que le noyau de l'atome peut être cassé. Cela indique à l'évidence que l'éducation et l'information jouent un rôle déterminant dans l'élévation du niveau scientifique de la nation.

Nos auteurs écrivent que la culture scientifique est une culture historique au sens large ; ils ont raison. Ils auraient encore plus raison de rappeler avec plus de force que c'est un moyen de progression psychologique de l'individu lui-même. On continue trop souvent de présenter la culture scientifique comme un ornement réservé aux chercheurs en laboratoire et aux oisifs pré-tentieux aisés.

Ils dénoncent le mercantilisme et la course au plus bas commun dénominateur qui règne dans les médias, télévision comprise. Juste encore : on ne fera avancer la question que lorsqu'on cessera de soumettre les émissions scientifiques télévisées à la dictature de politicienne de l'Audimat.

Le livre d'Elisabeth Lage est consacré à une minorité : le 1 % des lycéens qui font partie des clubs scientifiques extrascolaires. Mauvais exemple et, tout à la fois, admirable exemple : ces privilégiés témoignent de l'aisance avec laquelle l'esprit des jeunes pénètre les arcanes des sciences les plus variées. Il évoque aussi le préjugé des patrons de laboratoire selon lequel c'est avant 30 ans que la majorité des chercheurs font leurs découvertes ; après, ils cultivent leur jardin.

Déplorons le sempiternel

petit couplet sur les dangers de la «vulgarisation», qui est à la fois banal et superficiel. Mieux vaut une bonne vulgarisation (terme impropre) que pas de vulgarisation du tout, et le jargon impénétrable des chercheurs n'est certes pas la meilleure invitation à fréquenter les sciences.

L'ouvrage est descriptif. Il indique toutefois, en filigrane, qu'il n'est pas de voie privilégiée dans l'accession au goût des sciences. On peut les aimer pour une foule de raisons, mais une constante s'impose : ce goût est profondément lié à des raisons affectives. G.M.

Denis Buican

### Biognoséologie

Kimé, 183 p., 135 F

Partant de la métaphysique pour arriver à l'évolution, notre ami Denis Buican propose un concept nouveau, dont le nom un peu hirsute, qui fait le titre de son livre, implique que l'évolution développe la connaissance. Une vaste culture biologique permet à l'auteur d'asseoir brillamment son postulat, c'est que, de la bactérie au vertébré supérieur, l'on ne vit que par connaissance.

L'évolution ne peut qu'apporter, selon Denis Buican, une meilleure connaissance du monde extérieur, vivant ou inanimé. C'est une théorie idéaliste et «optimiste».

Une extrême abondance de références, d'exemples et de citations rend ces pages attachantes, et, parce qu'assortie des commentaires de l'auteur, elle offre des échappées

pées enrichissantes. On pourra ne pas suivre M. Buican dans ses révérences à Socrate, dont l'empirisme spiritualiste concorde d'ailleurs assez mal avec ses idées, ou à Jung, dont les "archétypes" restent à vérifier. Et certaines autres références n'emportent pas forcément l'assentiment. Mais on pourra prendre plaisir à l'effort de l'auteur pour tenter d'organiser le monceau de connaissances contemporaines sur la connaissance elle-même et en tirer une idée généreuse.

Il est un livre qui vient à l'esprit quand on a refermé celui de Buican, c'est l'*Evolution créatrice* de Bergson. M. Buican ne le cite pourtant pas. G.M.

*Sous la direction de Stephen Jay Gould*

### Le Livre de la vie

Seuil, "Science ouverte", 256 p., 290 F

Il fallait bien dix mains pour écrire l'histoire de la vie sur notre planète depuis un demi-milliard d'années – c'est-à-dire depuis l'apparition des premiers arthropodes, brachiopodes et autres mollusques dans les mers du Cambrien – jusqu'à nos jours. Et quelles mains ! Peter Andrews, Michael Benton, Christine Janis, John Sepkoski et Christopher Singer figurent parmi les plus éminents paléontologistes et biologistes de notre époque. Sous la bannière de Stephen Jay Gould, père de la théorie des "équilibres pon-

tués", les auteurs ont rassemblé là toutes les connaissances sur ce sujet majeur. Format, beauté des illustrations et clarté des schémas ainsi que des tableaux explicatifs font de ce livre à vocation encyclopédique un modèle du genre.

Six grands chapitres retracent les principales étapes de l'évolution du monde vivant, avec, dans l'ordre : apparition de la vie dans les océans, essor des poissons, colonisation des terres émergées par les amphibiens au cours de l'ère primaire puis par les reptiles et les dinosaures pendant l'ère secondaire, avant de finir avec la "victoire par forfait" des mammifères et l'émergence de la lignée humaine. Cette chronologie paraît trop conventionnelle aux yeux de...

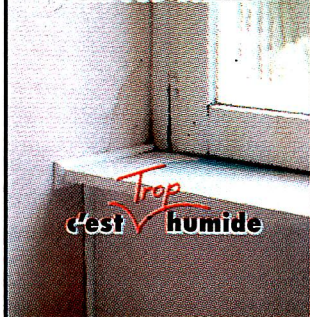
Jay Gould qui écrit dans la préface qu'il faut cesser de «représenter l'histoire entière de la vie comme une marche ascendante menant des invertébrés aux vertébrés et à l'être humain». En effet, poursuit Gould, «tous les lignages doivent les détails de leur histoire en grande partie à des coups de chance contingents plutôt qu'à des développements prédictibles». En clair, selon les aléas de l'histoire (catastrophes climatiques, chutes de météorites, volcanisme, etc.), l'évolution de la vie aurait très bien pu suivre des voies parallèles et ne jamais donner naissance à l'humanité. Visiblement, la "contingence de l'évolution" a du mal à rentrer dans les têtes. Et pas dans n'importe lesquelles. M.M. ■

SI VOS PAPIERS PEINTS  
SE DÉCOLLENT



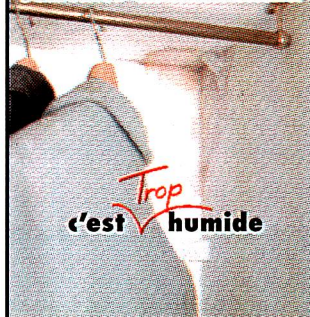
Trop  
c'est humide

SI L'EAU SE CONDENSE  
SUR VOS VITRES



Trop  
c'est humide

SI VOS VÊTEMENTS  
SENTENT LE RENFERMÉ



Trop  
c'est humide



## À L'HUMIDITÉ

En une seule journée, un EBAC peut éliminer de l'atmosphère de votre maison jusqu'à 12 litres d'eau. Un seul appareil suffit pour résoudre vos problèmes d'humidité dans toute l'habitation : branchez simplement le déshumidificateur EBAC sur une prise de terre. Un hygrostat réglable permet alors de sélectionner le taux d'humidité désiré.

**Ebac**  
Des solutions efficaces

1<sup>er</sup> constructeur européen

N°Vert 05.14.12.10



Contactez l'un de nos revendeurs : BOULANGER, BHV, BRICOMARCHÉ, BRICOPRO, BRICORAMA, BRICOSPHÈRE, CASTORAMA, CONNEXION, DARTY, L'ÉCONOMAT, L'INDEX, LA CAMIF, LA MAISON DE VALÉRIE, LA SAMARITAINE, MAISON CONSEIL, OBI, 3 SUISSES...

Par Marielle Vêteau

## ...70 ANS

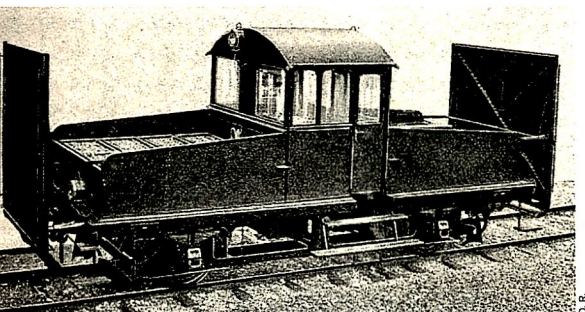


Janvier 1924

«Les futurs dirigeables de guerre américains pourront emporter 60 tonnes : la moitié de la charge en carburant, l'autre en matériel militaire, y compris des avions. Pour s'envoler, ceux-ci seront lâchés dans l'air, comme des oiseaux. Ils pourront aussi atterrir sur la plate-forme.»

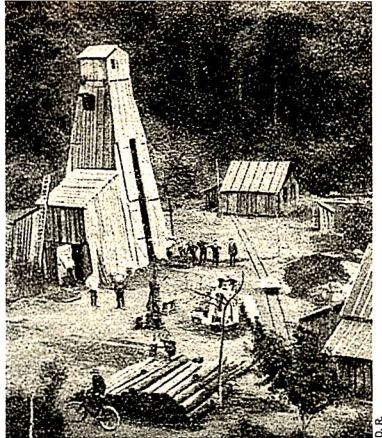
### Locomotive électrique à accumulateurs

«Cette Oerlikon, de 35 000 kilogrammes, est équipée de deux moteurs de 100 chevaux chacun. Sa nouveauté réside dans la batterie, d'une capacité de 260 ampères-heures, rechargeable, au dépôt, sur la locomotive. Ce modèle a servi dans le percement du tunnel du Simplon.»



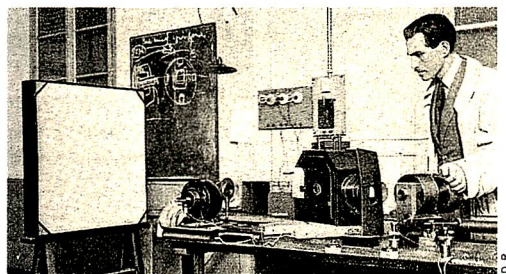
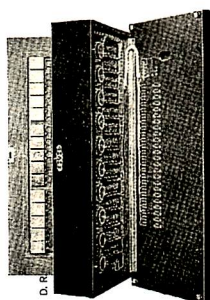
### Du pétrole en France

«L'existence de pétrole liquide a été reconnue en divers points de France, notamment à Vaux-en-Bugey, dans l'Ain. Les recherches entreprises se sont révélées très intéressantes et de beaux espoirs sont permis.»



### Le téléphone automatique

«Ce central téléphonique, de moins d'un mètre de hauteur, concrétise un nouveau principe de téléphonie automatique qui peut s'adapter à des réseaux de plus de vingt-quatre abonnés. L'organe principal, gros comme le poing, en est un commutateur rotatif.»

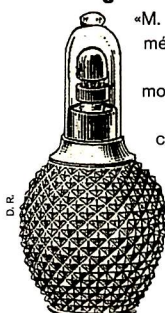


### La télévision pour demain

«D'après l'inventeur Edouard Belin, la télévision sera du cinématographe dont les images, au lieu de se succéder les unes à la suite des autres sur un écran, se déformeront sur elles-mêmes. Cette déformation, pour les objets animés, sera la reproduction même du mouvement.»

### Le générateur d'ozone de M. Berger

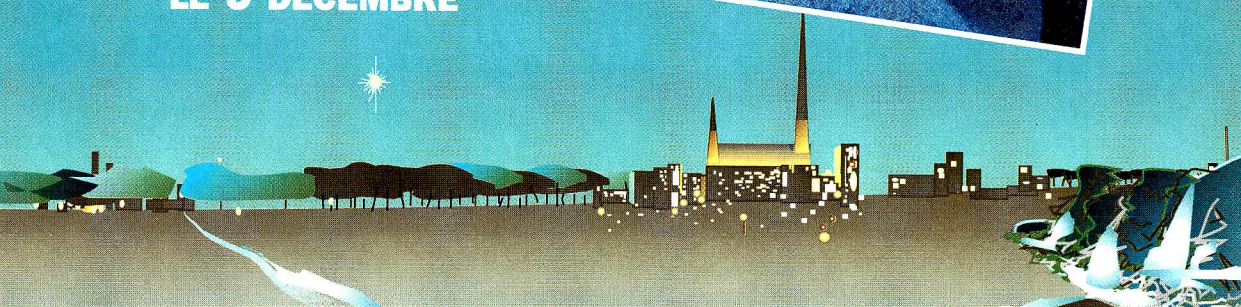
«M. Berger vient de présenter au corps médical une lampe destinée à purifier l'air vicié au moyen d'ozone, modification allotropique de l'oxygène. Dans l'atmosphère, l'ozone se combine rapidement aux substances porteuses de miasmes et les détruit tout en supprimant les mauvaises odeurs.»



# MIEUX COMPRENDRE LE SOMMEIL POUR MIEUX DORMIR



PARUTION  
LE 9 DÉCEMBRE



# La maison des BIBLIOTHEQUES

vous offre son

**nouveau**

catalogue



**NOUVEAU...**  
18 modèles  
spéciaux pour :

- disques compacts,
- cassettes vidéo,
- livres formats poche.



**98 pages**

toutes en couleurs

300 photos, schémas

et illustrations

600 modèles

vitrés ou non

20 lignes et styles

85 versions (coloris, teintes

ou essences de bois)

de nombreux accessoires

et meubles coordonnés.

- CRÉDITS PERSONNALISÉS (après acceptation du dossier)
- DEVIS GRATUITS • EXPÉDITIONS FRANCO DANS TOUTE LA FRANCE • REPRISE EN CAS DE NON-CONVENCANCE.



## VISITEZ NOS MAGASINS

**PARIS :** 61, RUE FROIDEVAUX - 75014 PARIS

à 300 m de la gare Montparnasse  
Magasin ouvert le **lundi de 14 h à 19 h 30** et du **mardi au samedi inclus de 9 h 30 à 19 h 30** sans interruption Métro Montparnasse - Denfert-Rochereau - Gaité - Edgar-Quinet  
Autobus : 28-38-58-68 - RER : Denfert-Rochereau - SNCF : Gare Montparnasse.

**ILE-DE-FRANCE :** ARPAJON : "Ambiances Plus" - 13, Rte Nat. 20 (200 m avant la sortie Arpaçon-centre) Tél. (1) 64 90 05 47 - ENGHEN-LES-BAINS "Espaces d'intérieur" - 10, rue de la Libération Tél. (1) 39 64 45 71 - MELUN 6, quai Hippolyte-Rossignon (près Cité Administrative quai de Seine) Tél. (1) 64 37 02 52 - VERSAILLES 64-70, rue des Chantiers Tél. (1) 39 53 66 09

**ALSACE :** STRASBOURG

11, rue des Bouchers Tél. 88 36 73 78

**AQUITAINE :** BORDEAUX

10, rue Bouffard Tél. 56 44 39 42

**PAU** route de Tarbes, RN 107 Tél. 59 84 54 36

**AUVERGNE :** CLERMONT-FD

22, rue G. Clemenceau Tél. 73 93 97 06

**BOURGOGNE :** DIJON

100, rue Monge Tél. 80 45 02 45

**BRETAGNE :** RENNES

59, bd de la Tour-d'Auvergne Tél. 99 30 56 07

**BREST** 23, rue de la 2<sup>e</sup> DB Tél. 98 80 67 03

**QUIMPER** "Idées Maison"

17, av. de la Libération Tél. 98 90 63 33

**CENTRE :** TOURS

5, rue Henri-Barbusse (près des Halles)

Tél. 47 38 63 66

**FRANCHE-COMTÉ :**

**BESANCON** 38, rue d'Arenes

Tél. 81 82 82 40

**LANGUEDOC-ROUSSILLON :**

**MONTELLIER**

8, rue Sarane (près gare), Tél. 67 58 19 32

**PERPIGNAN** 17, cours Lazare-Escarguel

Tél. 68 35 61 54

**LIMOUSIN :** LIMOGES

57, rue Jules-Norian Tél. 55 79 15 42

**BRIVE** "Ambiances"

30, rue Louis-Latrade Tél. 55 74 07 32

**LOTTRE :** NANCY

8, rue St-Michel (face St-Epvre) Tél. 83 32 84 84

**MIDI-PYRÉNÉES :** TOULOUSE

1, rue des Trois-Renards (près place St-Sernin)

Tél. 61 22 92 40

**NORD :** LILLE

88, rue Esquermoise Tél. 20 55 89 39

**NORMANDIE :** ROUEN 43, rue des

Charrettes Tél. 35 71 96 22

**PAYS-DE-LOIRE :** NANTES

7 bis, rue du Château Tél. 40 47 74 38

**ANGERS** "Espaces Sismo"

87, av. du Général-Patton Tél. 41 48 44 99

**POITOU-CHARENTES :**

**POITIERS**

42, rue du Moulin-à-Vent Tél. 49 41 68 46

**PROVENCE-CÔTE-D'AZUR :**

**MARSEILLE** 109, rue Paradis

(métro Estrangin) Tél. 91 37 60 54

**NICE** 2, rue Offenbach Tél. 93 88 84 55

**TOULON**

61, cours Lafayette Tél. 94 93 55 96

**AVIGNON** "Hemes" Rte de Marseille,

Z. Ciale "La Cristole" Tél. 90 87 72 48

**RHÔNE-ALPES :** LYON

9, rue de la République (métro Hôtel-de-Ville/

Louis-Pradel) Tél. 78 28 38 51

**GRENOBLE**

59, rue Saint-Laurent Tél. 76 42 55 75

**SAINT-ÉTIENNE**

40, rue de la Montat. Tél. 77 25 91 46

## CATALOGUE GRATUIT

Retournez ce coupon à LA MAISON DES BIBLIOTHÈQUES  
75680 PARIS CEDEX 14

J'aimerais recevoir gratuitement et sans engagement votre catalogue avec photos couleurs, dimensions, essences, teintes, contenances, prix de tous vos modèles.

NOM \_\_\_\_\_

PRÉNOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

LOCALITÉ \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_ TEL \_\_\_\_\_

PROFESSION \_\_\_\_\_

CATALOGUE 24H/24 PAR TÉLÉPHONE ENREGISTREUR

**(1) 43 20 73 33**