

# SCIENCE & VIE

MENSUEL - N° 900

SEPTEMBRE 1992

● La vie  
secrète  
de la Terre

● Les folies  
du  
recrutement

● Hi-fi  
et vidéo :  
les unités  
trompeuses

## LE VRAI VISAGE DE NOSTRADAMUS

M 2578 - 900 - 22,00 F



160 FB - 6,50 FS - \$ can 3,75 - 750 Plac - 625 Esc - 30 Dh - 3000 Dt - 5500 L - 4,75 \$US NYC - RCI - 1595 F CFA - 1035 CFP





SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES



# SCIENCE & VIE

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.  
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans  
1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15  
Tél. : (1) 46 48 48 48. Fax : (1) 46 48 48 67  
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS  
Principaux associés : 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  
Directeur commercial publicité : PATRICIA BRAULT  
Directeur marketing et commercial : FRANCIS JALUZOT  
Directeur marketing et commercial adjoint : JEAN-CHARLES GUÉRAULT  
Directeur des études : ROGER GOLDBERGER

## ● RÉDACTION

Rédacteur en chef : PHILIPPE COUSIN  
Rédacteur en chef adjoint : GERALD MESSADIÉ  
Chef des informations,  
rédacteur en chef adjoint : JEAN-RENÉ GERMAIN  
Rédacteur en chef adjoint : GÉRARD MORICE,  
assisté de MONIQUE VOGT

Rédacteur en chef édition : ÉLIAS AWAD  
Secrétaires de rédaction : FRANÇOISE SERGENT,  
NADINE RAGUET, CHANTAL MASSON, ANNE-MARIE GETTEN  
Rédacteurs : RENAUD DE LA TAILLE, ALEXANDRE DOROZYNSKI,  
PIERRE ROSSION, JACQUES MARSAULT, PIERRE COURBIER,  
CHRISTINE MERCIER, JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR,  
MARIE-LAURE MOINET, ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER,  
DIDIER DUBRANA, HENRI-PIERRE PENEL, MARC MENNESSIER,  
ISABELLE BOURDIAL, THIERRY PILORGE  
Secrétaires : MARIE-ANNE GUFFROY, PAULE DARCONNAT

## ● ILLUSTRATION

ANNE LÉVY  
Photographe : MILTOS TOSCAS

## ● DOCUMENTATION

EMMANUELLE BILLOIN-BERNHEIM

## ● CONCEPTION GRAPHIQUE

CHRISTINE VAN DAËLE

## ● MAQUETTE

LIONEL CROOSON, ELISABETH DE GARRIGUES

## ● RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHÈLE HILLING, assistée de NATHALIE HAPILLON

## ● SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements et marketing direct : PATRICK-ALEXANDRE SARRADEIL  
Vente au numéro : PIERRE BIEURON, assisté de MARIE CRIBIER  
Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires)  
Belgique : A.M.P., 1 rue de la Petite-Isle, 10.70 Bruxelles

## ● CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT, PO Box 1860, Hemlock Farms,  
Hawley PA 18428 - USA

## ● PUBLICITÉ

EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDECO  
27 rue de Berri, 75008 Paris. Tél. : (1) 44 35 11 98  
Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER  
Chef de publicité : KARINE PARENT

## ● À NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT, tél. : 46 48 48 66  
Vente anciens numéros et reliures : CHANTAL POIRIER, tél. : 46 48 47 18

## ● ABONNEMENT

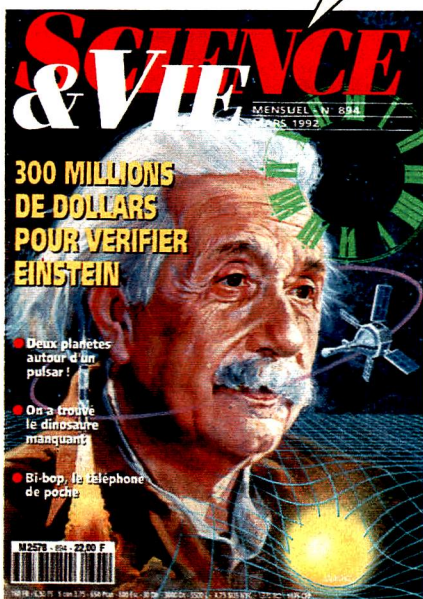
Relations abonnés : Service abonnements,  
1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15  
Tél. : (1) 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h)  
Au Canada : Periodica Inc. - C. P. 444, Outremont - Québec,  
Canada H2V 4R6  
En Suisse : Naville - Case postale 1211 - Genève 1 - Suisse

## 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 2,50 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  
COPYRIGHT 1989 SCIENCE & VIE



Et si vous vous abonnez  
à SCIENCE & VIE...



## BULLETIN D'ABONNEMENT

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

OUI, je m'abonne à SCIENCE & VIE  
en cochant la formule de votre choix

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

☐ CIEF 2 ANS + 8 hors série (32 N°) :  
590 F au lieu de 728 F\*

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

☐ CIEC 2 ANS / 24 N° : 440 F  
au lieu de 528 F

Cochez SVP \*Prix de vente chez votre marchand de journaux

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.

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1992.

ET RESERVÉE À LA FRANCE METROPOLITAINE.

ETRANGER: NOUS CONSULTER

RC PARIS B 572 134 773

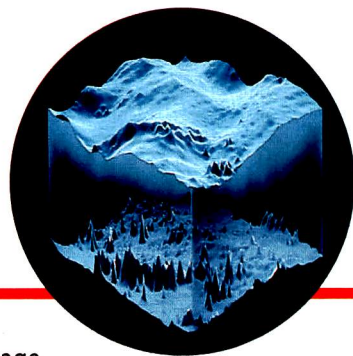
S&V 900





**Noyer le CO<sub>2</sub> !** Nous en expirons 1 litre toutes les 5 minutes. L'industrie, elle, des tonnes ! Comment s'en débarrasser ? Au fond des océans !  
**p. 82**

**Pour nous dire le climat futur,** le satellite *Topex-Poséidon* fait, à 1 336 km de la Terre, une carte des reliefs marins.  
**p. 42**



## SAVOIR

Forum

4

"La faute à la science ?"

Jean-Claude Pecker

18

La vie secrète de la Terre

Isabelle Bourdial

28

Le premier Catalan revit à Tautavel

Louis-Paul Delplanque  
et Catherine Revault

38

Les secrets du climat dans le relief  
des océans

Hélène Guillemot

42

Tchernobyl : les animaux prennent  
le pouvoir

Alexandre Dorozynski

50

Mucoviscidose :  
la longue marche des généticiens

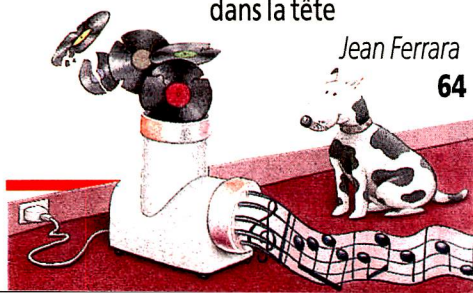
Jean-Michel Bader

54

A quoi servent les aimants  
dans la tête

Jean Ferrara

64



Le vrai visage  
de Nostradamus

Michel Rouzé et Igor Ziegler

66

Echos de la recherche

Dirigés par Gerald Messadié

73

## POUVOIR

Le CO<sub>2</sub> au rebut

Valérie Brénugat

82

Le prix de nos déchets

Didier Dubrana

90

Les folies du recrutement

Vincent Frézal

102

Echos de l'industrie

Dirigés par Gérard Morice

111

Des marchés à saisir

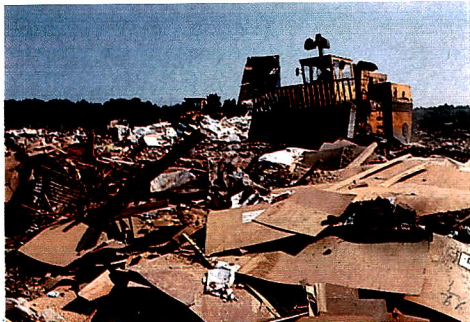
116

Encart abonnement *Science & Vie*,  
2 pages, entre les pages 84 et 85,  
diffusion : vente au numéro France métropolitaine.  
Encart *Time Life*,  
6 pages entre la 2<sup>e</sup> de couverture et la p. 1,  
diffusion : France métropolitaine avec abonnés.

**Donnez-lui de vieux disques abîmés,** il vous les rendra neufs : c'est le tourne-disque à fibre optique.  
**p. 124**

# SOMMAIRE





**Les déchets devenaient fous.** Il a fallu une loi pour refouler ces vrais "envahisseurs". **p. 90**



## UTILISER

Hi-fi, vidéo : unités trompeuses

*Henri-Pierre Penel*

**118**

Mini-studio pour amateur

*Roger Bellone*

**122**

Le tourne-disque à fibre optique

*Roger Bellone*

**124**

Matériel informatique : la crise de la maturité ?

*Hervé Lhuissier*

**128**

Science & Vie a lu pour vous

**134**

Science & Jeux

*Yves Delaye, Renaud*

*de La Taille et*

*Henri-Pierre Penel* **138**

Echos de la vie pratique

*Dirigés par*

*Roger Bellone*

**154**

**C'est le premier Catalan**, le célèbre homme de Tautavel, tel qu'il revit dans un nouveau (et beau) musée de la Préhistoire. **p. 38**



**Les loups de Tchernobyl.**

Pour eux, et bien d'autres animaux, la civilisation est partie : ils ont repris possession de la forêt radioactive, où l'homme n'ira plus de longtemps. **p. 50**



**RETROUVEZ CHAQUE MOIS  
SCIENCE & VIE  
OFFRE D'ABONNEMENT PAGE 1**



# FORUM

## La carte du Vinland, Juan Peron et les bancs de morue

Le problème de la carte du Vinland, évoqué dans notre Forum du n° 897 p. 14, nous a valu les précisions que voici de M. S.A., de Rouen : « Halldor Laxness, écrivain islandais, prix Nobel 1955 de littérature, n'était pas un scientifique, mais il a observé que la carte en question était un faux, car le Groenland semblait y avoir été dessiné d'après un atlas scolaire moderne. C'est une observation de bon sens, car même Jules Verne, dans son roman "Sens dessus dessous", dans lequel un savant farfelu construit en Afrique un énorme canon pour déplacer l'axe de rotation de la Terre afin de dégeler le pôle Nord, ignorait encore que le Groenland fût une île. La carte des Frères Zeno, publiée au XVI<sup>e</sup> siècle, mais qui date du XIV<sup>e</sup>, montre d'ailleurs le Groenland comme une péninsule, à l'instar de toutes les cartes anciennes... D'après une enquête publiée par le "National Geographic Magazine", il y a quelques années, la carte du Vinland aurait été fabriquée en Espagne, à l'intention du général Peron, grand amateur de cartes anciennes, et n'avait pas pu lui être vendue, en raison de la destitution de ce dictateur ».

Précisons que l'hypothèse est plausible, mais que ce n'est qu'une hypothèse..

M. M.D., de Paris, estime pour sa part « que la carte du Vinland représente en fait les hauts-fonds de l'Amérique du Nord (Terre-Neuve, Nouvelle-Ecosse, cap Cod). En effet, sa partie supérieure correspond nettement au plateau continental de Terre-Neuve et pouvait, à ce titre, intéresser les navigateurs vikings qui pêchaient la morue, puisqu'elle leur permettait d'éviter les bancs de sable très mouvants entre Terre-Neuve et la Nouvelle-Ecosse et au sud de celle-ci... Par ailleurs, il faut rappeler l'hypothèse selon laquelle les côtes de l'Amérique du Nord, comme celles des Grands Lacs, auraient subi aux XIV<sup>e</sup>, XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> siècles un changement de configuration, englobant une partie des côtes et asséchant certains hauts-fonds, comme ce qui s'est passé

pour la côte nord de la Bretagne au Haut Moyen Age : la côte des Minguiers disparut, ce qui fut l'origine de la légende de la ville d'Ys...

... De plus, les parages de Terre-Neuve étaient connus des Européens depuis très longtemps, comme semblent l'indiquer le voyage de saint Brendan sur un "currogh", vers 550, relaté dans deux manuscrits médiévaux de moines irlandais, et encore, vers l'an 1000, les voyages de Bjorn Herjulfson, de Leif Eriksson et de ses deux frères, de Thorfinn Karlsefni et de ses colons, puis, peut-être, celui de la sœur de Leif, selon deux sagas islandaises, reprises dans le "Fletenjonbok" et le "Livre de Hauk", de l'évêque groenlandais Erik, vers 1120, du Gallois Medog ab Owain Gwyned, vers 1190, du Norvégien Poul Knudson vers 1360, du Danois Johannes Scolp avec le Portugais João Vey Corte Real vers 1476, peut-être de nombreux pêcheurs européens, dont des Bretons, Basques, Normands... Terre-Neuve était, en effet, la Terre de la morue, Terra de los bacalaos, Stockfishland ou Estofiland,

citée par le Voyage controversé des Frères Zeno. Les vestiges archéologiques de ces passages s o n t d'ailleurs a s s e z n o m - breux à Terre-Neuve, dans

la baie de l'Ungeva, au nord du Québec... »

Cela fait beaucoup de monde, et il faut donc admettre que si la carte du Vinland est un faux, il y a sans doute eu des cartes authentiques de la côte nord-est de l'Amérique du Nord.

Notre correspondant, dont nous apprécions l'érudition, relève un point intéressant : « Le méridien qui traverse les colonies viking du Groenland est celui qui traverse aussi Belem et Sao Paulo : à peu près, le 50°, qui est une frontière entre les colonies espagnoles et portugaises, selon le traité de Tordesillas, rédigé sous l'autorité du pape Alexandre VI Borgia ».

Précisons ici que ce traité, signé entre l'Espagne et le Portugal le 7 juillet 1494, établissait une ligne de démarcation entre les empires de ces deux pays, située à 100 lieues des îles du Cap-Vert : l'Espagne y gagnait la souveraineté des territoires découverts à l'ouest, le Portugal, de ceux de l'est. Révisé en 1506, ce traité déplaçait la ligne de démarcation entre les 48° et 49° parallèles ouest et il permit au Portugal de revendiquer le Brésil après sa découverte par Alvares Cabral.

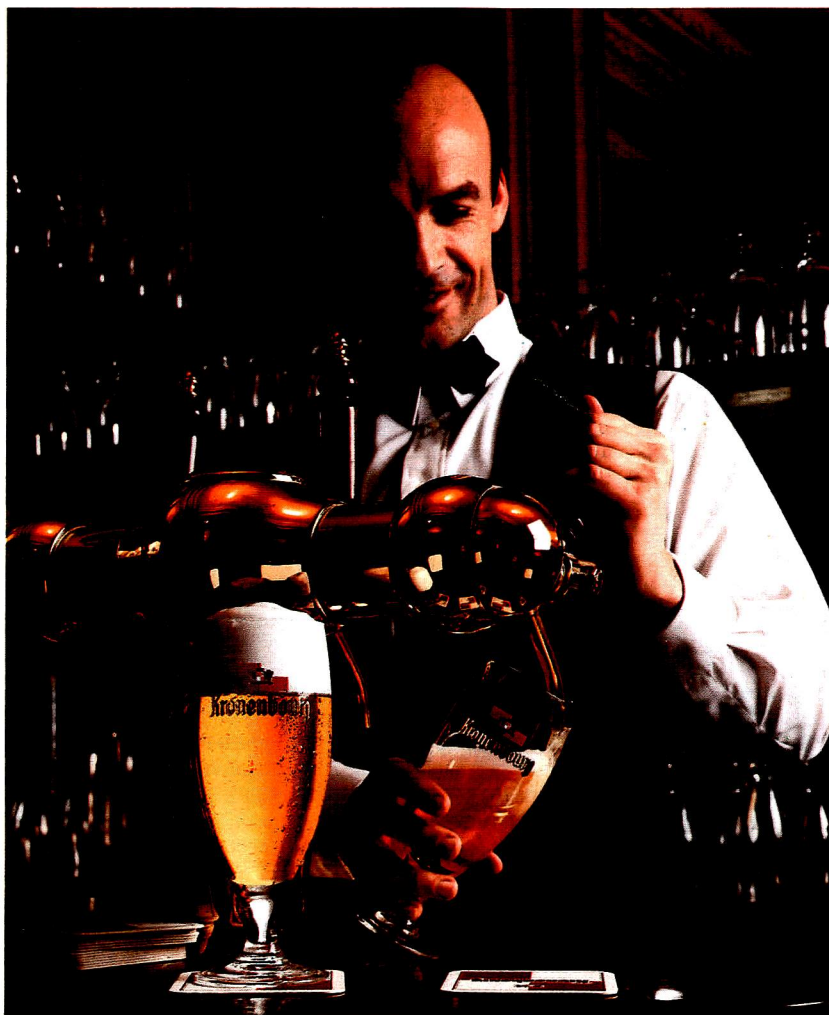
« Ce ne peut être une coïncidence, postule notre lecteur, car cela donne à penser qu'Erik le Rouge a fait faire un relevé astronomique du Groenland et que, sans doute, son épouse, chrétienne militante, a soumis ce relevé à Rome au pape Sylvestre II (le célèbre moine érudit Gerber, inventeur de l'horloge), qui l'aurait fait archiver. Cela aurait servi de point de repère pour le traité de Tordesillas, qui postule qu'aucun explorateur n'a le droit de dispu-

(suite du texte page 6)





*De l'art de servir la bière à la pression.*



*Amorcer le débit en inclinant soigneusement  
le verre sous la pression.  
Laisser couler le blond liquide le long de la paroi...  
puis redresser le verre,  
tout en le descendant. La mousse s'exprime,  
le verre s'illumine. Enfin.*



*3 siècles d'amour de la bière.*



ter ses terres à un possesseur chrétien.»

Hypothèse très intéressante, en effet, à ce détail près que, lors du traité de Tordesillas, les colonies du Groenland avaient disparu. Les 60 églises, la grande cathédrale d'Eardar, les cités, les serres chauffées par des sources chaudes et qui permettaient de faire pousser des pommiers, les industries locales, tout avait disparu. Les colons, en effet, abandonnés, avaient été décimés par le scorbut et puis les Esquimaux. En 1418, les derniers Groenlandais furent emmenés en captivité par les Esquimaux.

Ce lecteur nous demande de publier un article sur cette colonie du Groenland ; nous l'avons publié dans notre n° 546, sous le titre "Eric le Rouge, un modèle pour les Vikings de l'espace", de Gerald Messadié.

## Vigilance

La lettre de M. R.T., de La Brillanne, nous donne l'occasion de publier un erratum : « Dans l'article "Les volcans d'Auvergne peuvent-ils se réveiller ?", de votre n° 887, p. 27, vous écrivez que l'éruption du Vésuve qui ensevelit Pompéi aurait eu lieu en 79 av. J.-C. En fait, c'est en l'an 79 de notre ère ». Hélas, exact ! Pardon.

## Démocrite, la lumière, la masse et le vide

La lettre de M. J.-M.H., de Paris, débute ainsi : « Votre n° 896 commence par "Adieu, Démocrite". J'eusse souhaité que vous l'eussiez lu avant d'entreprendre la rédaction de votre article "La masse et le vide", où, d'ailleurs, vous citez aussi Démocrite ! Bien sûr, aussi bien écrit soit-il, votre article ne cite plus Einstein que pour ses recherches sur la relativité et pour en faire, peu ou prou, l'un des auteurs de la mécanique quantique. Il n'est même plus l'annonciateur d'un Dieu scientifique régissant un nombre restreint de lois naturelles... »

Ce n'est tout de même pas notre faute si la mécanique quantique existe !

Notre correspondant écrit, plus loin : « Comme le disait Louis de Broglie, en 1927, "ce serait une grande chose si l'on savait seulement ce qu'est un rayon de lumière !" Laisser accroire qu'en découvrant le photon, Einstein aurait résolu le problème, est une erreur. Certes, il n'est pas question de nier l'existence du photon. Mais il n'expliquait pas simultanément la nature ondulatoire de la lumière. »

C'est bien à la double na-

ture apparente du photon que se référait Broglie. Plus loin encore, mais nous ne pouvons reproduire l'ensemble de sa délectable lettre, ce correspondant écrit encore que « Bohr a voulu brûler les étapes... Mais son renom était tel qu'il n'attira autour de lui que des mathématiciens qui avaient oublié de lire Démocrite... Comme vous le dites, on arriva ainsi à la vision probabiliste et au flou quantique. Et ne me dites pas que les conclusions philosophiques de l'œuvre mathématique de Werner Heisenberg ne sont pas un échec ! » Plus loin encore, ce correspondant, décidément einsteinien farouche et passionné, nous reproche d'être « aveuglement quantophile... » et il nous assure « que tout se passe au niveau de la compréhension du rayon de lumière. Et non pas de ce qu'on peut en faire sans connaître sa nature profonde ».

Nous ne nous prononcerons pas ici sur Heisenberg, qui, incidemment, ne nous semble pas avoir abouti à un échec. N'importe : M. H. pose assez de questions pour inspirer de beaux livres ! Toutefois, elles nous paraissent sortir du cadre de l'article en question, qui portait sur l'origine de la masse. La notion clef de cet article est, rappelons-le, celle de champ quantique, dont nous avons voulu présenter la genèse et que nous avons tenté d'illustrer. En effet, ce sont les caractéristiques d'un champ particulier qui expliquent, dans les théories actuelles, comment le vide donne leurs masses aux particules élémentaires.

La vraie question qui, selon M. H., se poserait aux physiciens est la suivante :



est-il licite de présenter une telle description des processus en cause sans avoir pénétré la nature profonde d'un rayon de lumière ?

En tout état de cause, la physique est l'art d'user des approximations pour décrire les phénomènes. Il est possible que notre compréhension de la lumière progresse, mais nos connaissances sont suffisantes pour rendre compte de toutes les observations et expériences de façon cohérente, précise et prédictive, bref, scientifique.

Que cette description soit déconcertante, nous en convenons : la physique quantique fait appel à des notions abstraites, sans véritables équivalents classiques. Elle est "dure", mais elle est sans contradiction, et puis, nous n'en avons pas de remplacement ! Comme le disait un physicien contemporain de très haute volée, Richard Feynmann, prix Nobel, « Je pense pouvoir dire, sans risque de me tromper, que personne ne comprend la mécanique quantique ». Et comme en eût dit Galilée : « Et pourtant elle tourne ! »

Mais il nous faut, sincèrement, remercier ce lecteur pour sa lettre. Il est stimulant de voir un esprit cultivé s'enflammer pour défendre un domaine aussi abstrait que la relativité, que nous n'avions d'ailleurs pas attaquée, et qui se porte toujours bien...

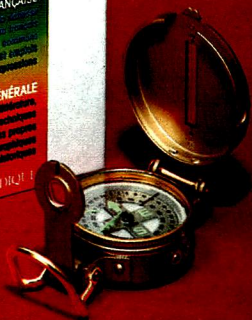
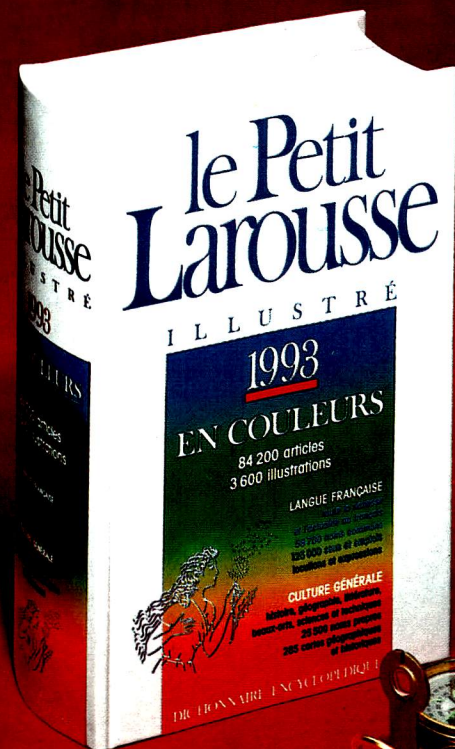
(suite du texte page 10)





# Larousse

## Compagnon de route.



SYNERGIE-EQUATEUR



"Moi, je m'interroge sur tout. Avec mon Petit Larousse, rien ne m'échappe. Le Petit Larousse ? 1 785 pages,

84 200 articles dont 25 500 noms propres et 58 700 noms communs avec leurs emplois, leur étymologie, leurs définitions et des exemples. En plus, dans le Petit Larousse, il y a plus de 3 600 illustrations en couleurs ! Sans compter les 285 cartes géographiques. Mon Petit Larousse me dit l'essentiel sur l'histoire, la politique, la géographie, les sciences, les beaux-arts, avec des articles très documentés. Mon Petit Larousse, c'est simple : j'en ai besoin tous les jours et je le lis aussi quand j'en ai envie. Pour tout apprendre des mots et tout comprendre du monde d'aujourd'hui. Et ça pour moi, c'est tout l'esprit Larousse."



### Avec le Petit Larousse, je sais où je vais.



**Nous avons conçu pour cette nouvelle Renault 19  
un siège d'enfant intégré dans la banquette arrière.**



1283

PUBLICIS CONSEIL



Peu de voitures se sont autant souciées du célibataire que vous êtes, de la femme que vous rencontrerez et des enfants que vous aurez. Passons sur la nouvelle ligne, le comportement routier, l'espace intérieur, le confort, la finition et attachons nous un instant sur la banquette arrière. Il s'y dissimule un rehausse-enfant qui apparaît ou disparaît à volonté. Ce qui permettra à votre progéniture de



**On n'est jamais trop prévoyant.**



**NOUVELLE RENAULT 19**  
**nouvelle pour longtemps**

grandir en toute sécurité à l'abri de la ceinture à trois points. Cela dit, vous pourrez choisir ce système ou non. Il est en option car après tout, ceux qui vont se promener dans les prés, n'y vont pas forcément pour faire des enfants. - Modèle présenté Renault 19 RT 1.8 avec options. Siège rehausse-enfant en option sur toutes les versions sauf RL et Baccara. Garantie anti-corrosion Renault 6 ans. Diac votre financement. **RENAULT** préconise **elf**



**RENAULT**  
LES VOITURES  
A VIVRE



## Sida, vaccin, malentendu

L'Association humanitaire pour le respect du droit fondamental de la vie et des cultures nous communique copie d'une lettre adressée à l'Institut Pasteur et, nous dit sa présidente, motivée par notre évocation, dans notre n° 896, d'une responsabilité humaine dans la transmission du virus du sida du singe à l'homme. Nous avons exposé en détail dans ce numéro de mai dernier, en p. 81, les raisons qu'il y a de prendre au sérieux les hypothèses sur une contamination accidentelle de l'homme, par le biais des premiers vaccins antipolio, réalisés à partir de singes, par le virus simien SIV, qui se serait transformé chez l'homme en virus HIV, responsable du sida humain. Nous y renvoyons ceux de nos lecteurs que l'affaire intéresse. Nous avons toutefois exposé également les raisons de penser que les vaccins antipolio actuels ne présentent pas de risques à cet égard. Nous n'entendons donc pas qu'on nous prête l'intention de jeter le soupçon sur les vaccins actuels.

## Baaaaaang!

M. A.L., de Dakar, lit le *Science & Vie* de son fils. «Le numéro de juin 1992 contient un article sur le Big Bang et,

comme tous ceux portant sur le même sujet, pose toujours les mêmes questions, qui me semblent évidentes, mais qui ne sont jamais posées. En voici trois.

1. Comment l'Univers, dans sa totalité et dans son expansion, peut-il se refroidir en n'étant, par définition, en contact avec rien ?

2. Comment les photons émis après le Big Bang, et ayant une énergie correspondant à une température de 3000°K environ, peuvent-ils ne posséder maintenant qu'une énergie correspondant à 3°K seulement ? De quelle manière ont-ils perdu de l'énergie dans un univers devenu transparent ?

3. Plus généralement, comment peut-on observer la naissance de l'Univers sans être extérieur à lui dès le départ, sachant que la matière ne peut se déplacer plus vite que la lumière ? En un mot, comment la partie peut-elle observer la naissance du tout ?

Une seule et même réponse s'offre aux trois questions que voilà : c'est la notion d'expansion de l'Univers. Celle-ci est la clef de voûte de toute la théorie du Big Bang. Elle provient elle-même d'une observation, c'est que les galaxies s'éloignent les unes des autres. A partir de là, on déduit que le mouvement qui les anime est celui de l'espace tout entier,



qui "gonfle" et dont le volume s'accroît donc. Conséquence : c'est le refroidissement, qui intrigue M. L.C.

Imaginons une masse de gaz chaud contenue dans une enceinte de volume donné. Une loi fondamentale de la thermodynamique nous indique que, si l'on double le volume de l'enceinte, la température du gaz diminue d'un facteur 2. Il en est de même pour l'Univers, à cette différence près que celui-ci n'est pas contenu dans une enceinte et qu'on n'en connaît pas les limites. Idem pour la lumière, dont la longueur d'onde augmente, donc dont l'énergie diminue.

C'est aussi cette expansion qui nous permet non pas d'observer la naissance de l'Univers, mais de la déduire par le raisonnement ; nuance. A cet égard, le fait que nous ne soyons qu'une petite partie du tout n'est pas un obstacle. Bien au contraire, c'est une condition sine qua non du raisonnement. C'est parce que les lois physiques sont les mêmes dans toutes les parties du tout

qu'on peut en tirer des réductions sur ce qui, au sens strict, reste inobservable : le célèbre Big Bang !

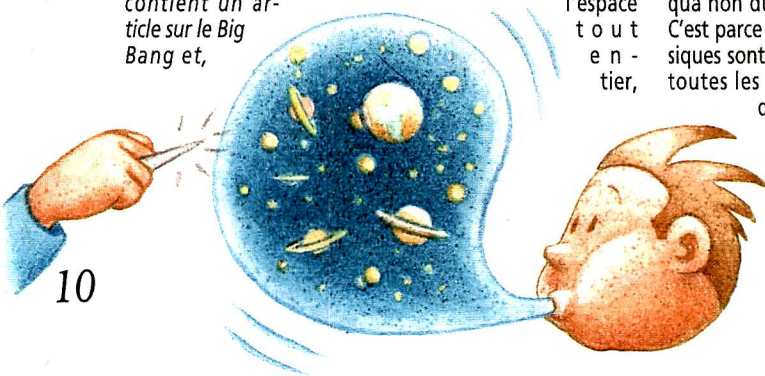
## Archéobactéries et feux follets

« Dans un article de juillet 1990, "L'allumeur des feux follets", il est dit que ce sont les archéobactéries qui produisent les feux follets. Vous serait-il possible de fournir des informations plus précises à ce sujet, notamment sur les réactions chimiques ? », demande M. O.D., de Champagne-et-Fontaine.

Les archéobactéries sont, comme les bactéries, des procaryotes, c'est-à-dire des cellules dépourvues de noyau (dans lesquelles on a retrouvé une séquence d'ADN responsable de cancers de l'animal). Avides d'hydrogène et de gaz carbonique, elles prolifèrent dans les profondeurs des marais, riches en matière organique, dont elles entraînent la décomposition.

Celle-ci entraîne à son tour la production de méthane, gaz susceptible, dans certaines conditions, de s'enflammer spontanément, tout comme les gaz dégagés par certaines mines de charbon donnent spontanément des feux de mines. Le processus de décomposition est le même que celui qui aboutit à la formation des dépôts de carburants fossiles.

(suite du texte page 12)





# SMEREP

## *La Mutuelle Etudiante*

CENTRE 617



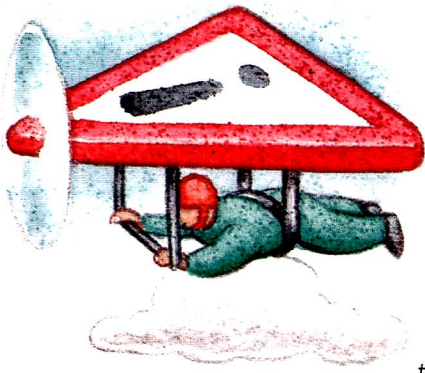
**NE RISQUE PAS  
TA CARRIÈRE AVANT  
DE L'AVOIR COMMENCÉE**

SÉCURITÉ SOCIALE  
ET MUTUELLE ÉTUDIANTE

- DES PRIX INCOMPARABLES
- DES REMBOURSEMENTS RAPIDES
- CARTE JUNIOR PLUS : AVANTAGES EXCLUSIFS

SMEREP : 6 BIS RUE BEZOUT  
75675 PARIS CEDEX 14  
TÉL. : 43 20 13 73





## **"Pas trop haut, Icare..."**

M. J.-M.D., professionnel des ULM, puisqu'il en vend et les entretient, et qu'il est, de plus, dirigeant d'une école de pilotage, a relevé l'"Appel à motoriste" du Forum de notre n° 897. M. M.F.L., de La Verpillière, y demandait qu'un motoriste fabriquât des moteurs d'ULM plus performants. «*Il n'est pas exact, objecte notre correspondant, que 8 sur 10 des accidents d'ULM proviennent d'une panne moteur mal maîtrisée, mais bien de faute caractérisée, pour ne pas dire de délinquance caractérisée, avec un moteur parfaitement en marche.*

»Pour ma part, je préfère m'en tenir à la philosophie de la Fédération française des planeurs ultra-légers (FFPULM) et ne jamais, à aucun moment du vol, compter sur le moteur pour assurer ma sécurité. Mais il est vrai qu'à part les constructeurs d'ULM pendulaires, ceux qui ont une aile delta au-dessus, une dérive est constatée et les ULM multiaxes deviendront donc de véritables petits avions allant jusqu'à 180 km/h. Là, une panne moteur pourrait avoir des conséquences fâcheuses, vu que la vitesse minimale ne peut plus être inférieure à 80 km/h. Pour que l'ULM reste l'aviation

libre et champêtre, il faut savoir rester modeste, pouvoir voler avec l'hélice calée, à 50 km/h, et se promener à 110 km/h. Sans cela, allez faire de l'avion. Les moteurs sont fiables, mais c'est plus cher.»

## **Cerveau et sexualité**

Quelques lecteurs nous ont écrit pour mettre en doute la validité des thèses du physiologiste américain Le Vay, exposées dans notre n° 889, sur un éventuel rapport entre certaines structures du cerveau et l'homosexualité.

M. V.T., de Tours, écrit ainsi : «*Il serait bon que vous mentionniez une omission de taille de la part de l'auteur : c'est qu'il est lui-même homosexuel, comme "Time Magazine" du 9 septembre 1991 le précisait. Dans ces conditions, Le Vay pourrait céder à la tendance à vouloir faire cadrer ses observations avec son propre comportement, aux fins de justifier celui-ci par une argumentation physiologiste... Est-ce la structure cérébrale en cause qui influe sur le comportement, ou bien l'inverse ?*

M. D.B., de Villefranche-sur-Saône, pousse plus loin encore sa critique de la thèse de Le Vay : «*D'après une étude des Prs K.D. Voigt et H. Schmid, de l'institut de sexologie de Hambourg (...), certaines différences sexuelles et/ou corporelles seraient induites dès le stade fœtal par un sur-*

*plus d'hormones sexuelles... Mais ces différences n'ont pratiquement aucune influence sur le comportement et surtout pas sur la préférence sexuelle d'une personne. Une publication des sociologues R. Fricker et J. Lerch, "Sur la théorie de la sexualité et de l'éducation sexuelle", confirme ces hypothèses et suggère que le comportement sexuel ne serait pas inné, mais appris... Il en ressort clairement que les différences cérébrales ne jouent pas un grand rôle dans la différenciation sexuelle.*» Ce lecteur objecte que si les homosexuels étaient "féminisés", ils rechercheraient des partenaires "masculinisés", et si ces derniers existent, la thèse de Le Vay est compromise. Il estime que l'homosexualité fait partie des sujets tabous et souhaite une bonne culture générale pour mettre fin aux partis pris, souhaite auquel nous souscrivons naturellement.

L'argumentation physiologiste du second lecteur nous semble toutefois outrée, car il existe bien des rapports entre la physiologie et la psychologie, même s'ils ne peuvent être réduits, comme le fait la thèse de Le Vay, à une seule différence neuro-anatomique. Nous

avons exposé la thèse de Le Vay comme nous en exposons bien d'autres dans tous les domaines, sans que cela implique notre adhésion. Il semble, en effet, périlleux d'"expliquer" de façon réductionniste un comportement aussi complexe que la sexualité par un seul facteur, qui serait une légère différence neuro-anatomique.

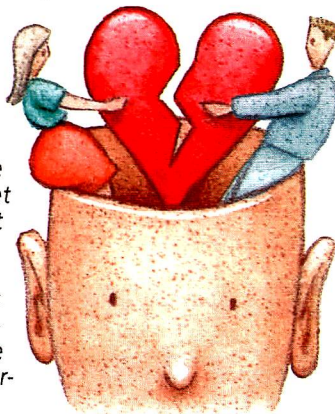
## **Psychanalyse et sociologie**

C'est avec un certain retard, que nous regrettons, que nous publions la lettre de M. G.V.-N., professeur d'université et mathématicien. «*Je me permets d'exprimer mon désaccord avec votre article sur la psychanalyse. Il y a deux aspects qu'il faut dissocier. L'aspect de fond, qui concerne les mécanismes des émotions, et l'aspect sociologique. Ce que je reproche à votre article est que le second a occulté le premier.*

»En ce qui concerne l'aspect sociologique, il y a, comme pour tout domaine scientifique, des coteries et des clans... Ce qui se passe en psychologie n'est pour moi qu'une prolongation visible de la tendance du grand public à épouser ces coteries et clans.

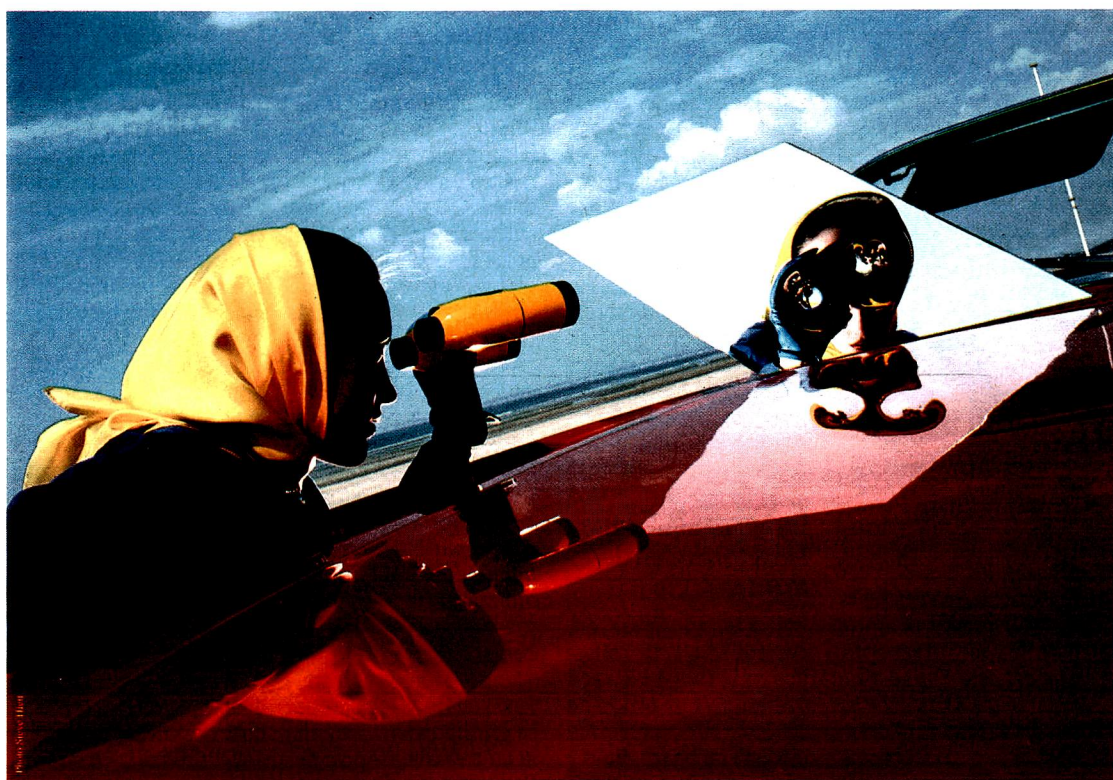
»En ce qui concerne le fond, il faut considérer les travaux de Freud comme un modèle d'apprentissage en ce qui concerne les émotions... J'ai personnellement commencé à lire plus attentivement Freud après que mon premier enfant a eu cinq ans, car j'ai constaté des comportements qui pouvaient s'expliquer par ce modèle : réactions émotionnelles provenant de faits anciens, et qui ne sont plus ex-

(suite du texte page 14)





FILM KODAK EKTACHROME.



LE PREMIER FILM  
QUI REFLETE  
ON NE PEUT PLUS FIDÈLEMENT  
VOTRE IMAGINATION.

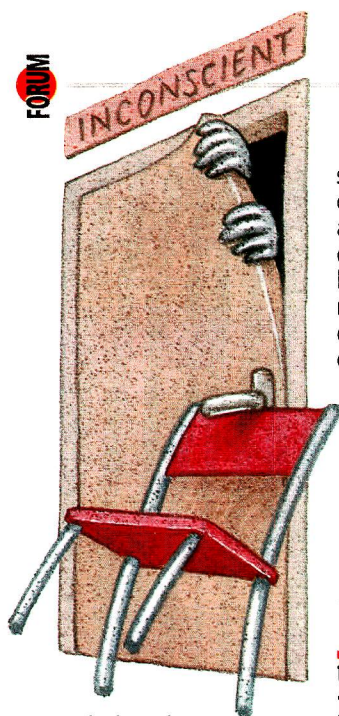
DIAPOSITIVE  
**Ektachrome**



TRAITE PAR  
**Kodak**

Votre imagination n'a pas de limites, c'est pourquoi Kodak Ektachrome vous propose une gamme de diapositives aux sensibilités très très étendues, allant de 50 à 1 600 iso... Kodak toujours un déclic d'avance.





primées, ni exprimables par l'enfant. La notion d'inconscient est cohérente avec l'expérience, et c'est cela l'apport de Freud au même titre que les travaux de Piaget...» Remercions ce correspondant pour la modération de son ton. Et rappelons que le premier de nos deux articles sur la psychanalyse était consacré au fond des théories freudiennes. En tant que mathématicien, nous voulons espérer que notre correspondant admettra l'impossibilité de prendre en considération une théorie dont les prémisses sont invérifiées, invérifiables et souvent falsifiées. Nous avons démontré ces falsifications dans le second article.

Ce que nous contestons n'est pas la théorie qu'il y ait un inconscient et que celui-ci agisse sur le conscient ; c'est la dogmatique outrancière, les gauchissements sexologiques, les postulats sans base et pourtant utilisés comme démonstrations. Des psychanalystes tels qu'Adler ont, plus prudemment, indiqué le rôle des influences

sociales sur le psychisme inconscient, et un savant aussi probe et circonspect que Pierre Janet admit l'existence de l'inconscient, mais sans jamais élaborer de constructions aussi hasardeuses que le complexe d'Oedipe ou le transfert. Nous déplorons que le tapage médiatique et l'"Eglise" organisés autour du seul Freud aient occulté des travaux qui eussent, avec bien plus de réel profit, enrichi la psychologie.

### Un lecteur qui a une belle collection de *Science & Vie*

M. J.M., de Cavaillon, possède une belle collection de *Science & Vie*, car il y a retrouvé un article de 1962, sur "L'extraordinaire machine de Dean". Nous y décrivions une machine conçue sur un postulat hétéroclite, qui serait que la réaction ne suit pas instantanément l'action.

Pour en résumer le paradoxe, nous offrons l'image d'une personne qui jetterait une chaise en l'air et sauterait dessus avant qu'elle retombe pour la lancer encore plus haut et ainsi de suite à l'infini.

Plusieurs firmes américaines s'y intéressèrent. «Lui a-t-on trouvé des applications ? Et si non, pourquoi ?» demande ce lecteur. Une machine fut construite et fut analysée par de nombreux mécaniciens, mais on n'a pu ni confirmer le postulat de base, qui contredirait la troisième loi de Newton, ni trouver d'application pratique connue. Au bout de quelques années, le public s'en est désintéressé.

### Un malentendu sur un malentendu

Notre présentation de l'Appel d'Heidelberg ("L'écologie n'est pas une religion", n° 899) a scandalisé M.J.-C.C., de Chambéry, qui nous a longuement exprimé son indignation. «Je vous rappelle que les associations de défense de la nature, c'est-à-dire le mouvement naturaliste, ont toujours travaillé avec les scientifiques spécialistes de l'écologie... Il est faux de prétendre que l'amour de la nature s'accompagne forcément d'une attitude antiscientifique... Cessons une bonne fois pour toutes d'opposer la recherche scientifique à l'écologie sociale et culturelle...»

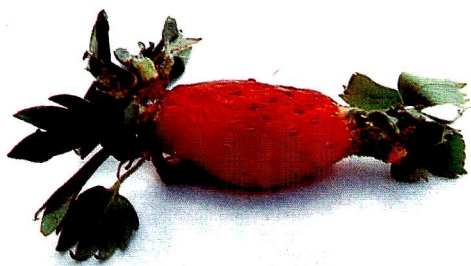
Nous n'avons jamais prétendu cela, et il semble que ce correspondant nous ait lu un peu vite. L'Appel de Heidelberg, dont nous rappelons qu'il a été signé par de nombreux prix Nobel, ne s'en prend pas à l'écologie, mais à ceux qui veulent détourner cette discipline de la science et qui s'en réclament pour condamner la science et la technologie. Ayant consacré depuis de longues années une part très importante de notre revue à l'écologie, comme le savent nos lecteurs, nous ne pouvons qu'applaudir à la réaction anti-obscurantiste contre des gens qui présentent l'écologie comme une sorte de religion "druide" n'ayant que faire du savoir vérifié.

### Une fraise qui n'avait pas la pêche

«J'ai cueilli l'année dernière dans mon jardin une fraise dont quelques feuilles ont poussé à son extrémité. Trouvant cela anormal, je vous fais parvenir quelques photos, afin que vous me l'expliquiez. J'habite un village de la Saône-et-Loire, Les Ecuisses», précise donc notre correspondant, M. Y.D.

Il existe de nombreux cas d'anomalies dans le monde végétal, dues à des influences externes (produits chimiques, virus, radiations) ou internes (ADN défectueux). Celle que nous signale ce lecteur en est une, comme il s'en produit souvent : les fraises doubles, le célèbre trèfle à quatre feuilles, les amandes "philippines", en sont d'autres qui sont généralement accueillies avec satisfaction. Comme le fruit recueilli par ce lecteur semble unique, il n'y a pas lieu de soupçonner une nuisance externe particulière. A Tchernobyl, on en a vu d'autres !

Dans le monde animal, les anomalies génétiques peuvent donner des résultats particulièrement esthétiques ; ainsi de la panthère ordinaire, qui, par trouble du mélanisme, est noire, et du tigre et de l'éléphant albinos, c'est-à-dire blancs, qui sont particulièrement prisés des cirques, zoos et princes. ●





# Apprenez efficacement à votre rythme par correspondance

LISTE DES ENSEIGNEMENTS DE L'ECOLE UNIVERSELLE

**ETUDES  
METIERS  
AVENIR**

## ENSEIGNEMENT GENERAL

### Etudes secondaires

■ Classe de 6e ■ Classe de 5e ■ Classe de 4e ■ Classe de 3e ■ Secondes ■ Premières A.B.S. ■ Première G ■ Premières F1.F3.F8 ■ Premières d'adaptation ■ Terminales A.B.C.D.E. ■ Terminales G1.G2.G3 ■ Terminales F2.F3.F8 ■ Terminale H ■ Baccalauréat.  
■ Programme annuel ■ Cours de soutien.

### Baccalauréat

■ Baccalauréat : ■ A.Philosophie lettres ■ B.Economique et social ■ C.Mathématiques et sciences physiques ■ D.Mathématiques et sciences de la nature ■ E.Maths et techniques ■ G1.Secrétariat ■ G2.Comptabilité ■ G3.Commerce ■ F1.Construction mécanique ■ F3.Electro-technique ■ F8.Science médico-sociales.

### Langues étrangères

■ Cours universel d'anglais avec cassettes ■ Allemand, Espagnol, Italien avec cassettes ■ Américain ■ Russe ■ Arabe ■ Anglais commercial ■ Allemand commercial ■ First certificate in English ■ Certificate of proficiency in English ■ Diplôme européen d'anglais ■ Diplôme d'anglais des affaires ■ Chambres de commerce espagnole, franco-allemande ■ Interprète.

## EXAMENS ET CONCOURS

### Carrières sociales et paramédicales

■ C.A.P. employé de pharmacie ■ Baccalauréat F8.  
Examens d'entrée écoles : ■ Aide-soignante ■ Moniteur éducateur ■ Infirmier(e) ■ Masseur ■ Ergothérapeute ■ Laborantin ■ Pédiatre ■ Educateur de jeunes enfants ■ Assistante sociale ■ Orthophoniste ■ Educateur spécialisé ■ Ecoles de cadres infirmier(e)s ■ Secrétaire médicale.

### Fonctionnaire

■ Secrétaire comptable à la banque de France ■ Agent de constatation des impôts ■ Contrôleur des impôts ■ Secrétaire administratif ■ Agent de recouvrement trésor ■ Secrétaire de préfecture ■ Commis des services pénitentiaires ■ Contrôleur des P.T.T. ■ Inspecteur des P.T.T. ■ Secrétaire administrative ■ Inspecteur de police ■ Préposé, agent d'exploitation P.T.T. ■ Rédacteur banque de France ■ Contrôleur du trésor ■ Inspecteur des impôts.

### C.A.P. - B.E.P. - B.P. - BAC PRO

■ C.A.P. ESAC (comptabilité, sténodactylo, bureau) ■ C.A.P. banque ■ C.A.P. employé de pharmacie ■ C.A.P. d'esthétique (stage pratique gratuit) ■ C.A.P. coiffure ■ C.A.P. couture.  
■ B.E.P. administration commerciale et comptable ■ B.E.P. communication adm. et secrétariat ■ B.E.P. sanitaire et social.  
■ Bac pro comptabilité bureautique ■ B.P. bureautique.

## CULTURE GENERALE

### Culture générale

■ Orthographe ■ Rédaction ■ Résumé texte ■ Analyse ■ Commentaire ■ Synthèse ■ Philosophie ■ Graphologie ■ Lecture rapide ■ Conversation ■ Perfectionnement culturel ■ Rédaction littéraire ■ Histoire des civilisations ■ Histoire des religions ■ Histoire du cinéma ■ Analyse d'oeuvres littéraires ■ Approche de la psychologie ■ Histoire de la musique.

### Dessin - Peinture - Décoration

■ Cours élémentaire de dessin ■ Cours pratique, cours universel de dessin et peinture ■ Dessinateur de publicité ■ Dessinateur illustrateur ■ Dessinateur de figurines de mode ■ B.D. ■ Dessin humoristique ■ Décorateur d'intérieurs et d'ameublement ■ Antiquaire ■ Arts et styles ■ Histoire de l'art ■ Assistant décorateur ■ Décorateur designer.

### Culture scientifique - Informatique

■ Mise à niveau mathématiques, physique, chimie ■ Ecologie ■ Connaissances médicales ■ Pratique du micro-ordinateur ■ Initiation informatique.

### Etudes musicales

■ Solfège ■ Etude piano, violon, guitare (contrôle sonore sur cassettes) ■ Ecriture musicale ■ D.E.U.G. musique.

## ETUDES SUPERIEURES

### Etudes de droit

■ Admission des non-bacheliers ■ Capacité en droit ■ D.E.U.G. de droit ■ D.E.U.G. sciences économiques ■ Institut d'études politiques ■ Droit européen ■ Droit du travail.

### Ecoles vétérinaires

■ Préparation au concours d'entrée.

### Etudes supérieures de sciences

■ Admission des non-bacheliers ■ D.E.U.G. sections A et B ■ Etudes médicales ■ P.C.E.M. ■ 1re année de pharmacie.

### Grandes écoles

■ Classe de mathématiques supérieures M.M.P.P. ■ Classe de mathématiques spéciales ■ Entrée écoles supérieures de commerce ■ Entrée écoles vétérinaires ■ Entrée institut d'études politiques.

### Expertise comptable

■ D.P.E.C.F. - D.E.C.F. - D.E.S.C.F. diplôme d'expertise comptable. Cours réalisés avec l'A.N.G.D.E. établissement spécialisé depuis 25 ans dans la préparation aux examens de l'expertise comptable. ■ B.T.S. action commerciale ■ B.T.S. commerce international ■ B.T.S. comptabilité et gestion ■ B.T.S. actions publicitaires ■ B.T.S. assurance ■ B.T.S. informatique de gestion.

Possibilité de bénéficier des dispositions sur la formation continue

**ORIENTATION  
CONSEILS**  
► Appelez le :  
(1) 47.71.91.19

**ECOLE  
UNIVERSELLE**

Institution d'Enseignement Privé par Correspondance  
soumis au contrôle du Ministère de l'Education Nationale  
28, rue Pasteur - 92551 Saint-Cloud Cedex

### Bon pour une documentation gratuite :

Oui, je désire recevoir sans aucun engagement une documentation complète sur les enseignements de l'Ecole Universelle.

M. ☐ Mme ☐ Mlle ☐  
NOM : ..... Prénom : .....

Adresse : N° ..... Rue .....  
Code postal ..... Ville ..... Tél. ....

Pour faciliter votre orientation, pouvez-vous nous donner les informations suivantes:

Age ..... Niveau d'étude ..... Diplômes obtenus .....

Profession exercée (si vous êtes en activité): .....

Si non, êtes-vous ☐ Lycéen ☐ Etudiant ☐ A la recherche d'un emploi ☐ Femme au foyer ☐ Autres

Quelle formation avez-vous choisie ? .....

Adressez-nous ce Bon dès aujourd'hui à l'ECOLE UNIVERSELLE  
28, rue Pasteur - 92551 SAINT-CLOUD Cedex. Tél.(1) 47.71.91.19

INSCRIPTION  
A TOUT MOMENT  
DE L'ANNEE

USV032



# Rentrée scolaire : Comment choisir une

**Les textes officiels du Ministère de l'Éducation Nationale demandent aux collégiens d'utiliser une calculatrice SCIENTIFIQUE et aux lycéens une calculatrice PROGRAMMABLE. Mais que choisir ?**

CASIO a réalisé un document permettant d'orienter votre choix en fonction du niveau scolaire, des caractéristiques et des prix de chaque calculatrice\*. Pour cette rentrée, CASIO présente plusieurs nouveautés au design actualisé : la FX 92 Collège et les graphiques FX 6800 G, 7800 G et 8800 G. Pour une utilisation

optimale, ces calculatrices sont toutes accompagnées d'un manuel pédagogique en français. CASIO, c'est une gamme complète de calculatrices scientifiques, programmables et graphiques pour toutes les classes et tous les budgets.

\* Guide Pratique détaillé CASIO : "Choisir une calculatrice", sur demande.

PRIX PUBLICS POSSIBLES*	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Moins de 70 F	Moins de 200 F	Moins de 250 F	Moins de 370 F	Moins de 450 F	Moins de 650 F	Moins de 850 F	Moins de 950 F	Moins de 1150 F

\* Pendant la rentrée scolaire de septembre 1992.



Parfaite  
adaptation  
du modèle  
au niveau  
scolaire.



Permet de faire une  
initiation anticipée  
à la programmation  
dès la classe de 3°.



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

Conformité aux normes d'utilisation définies par le Ministère de l'ÉDUCATION NATIONALE		COLLÈGE				LYCÉE			PRÉPA.
		6 <sup>e</sup>	5 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	1 <sup>re</sup>	T <sup>ale</sup>	
A	FX92 "collège"								
A	FX250								
B	FX180 P								
C	FX3900 P								
C	FX4500 P								
D	FX6800 G								
E	FX7000 G								
F	FX7800 G								
G	FX8500 G								
H	FX8800 G								
G	FX795 P								
I	FX880 P								

**ÉDUCATION NATIONALE :**  
TOUTES LES CALCULATRICES SCIENTIFIQUES CASIO  
SONT CONFORMES AUX NORMES D'UTILISATION DÉFINIES  
PAR LE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE.



# calculatrice ?

## FX 92 COLLÈGE

La FX 92 Collège a été spécialement conçue pour accompagner l'élève tout au long de ses études de la 6<sup>e</sup> à la 3<sup>e</sup>. Conforme aux préconisations de l'Éducation Nationale, la FX 92 Collège possède 78 fonctions scientifiques dont le calcul de fractions, division euclidienne, pourcentage, statistiques, trigonométrie...

Elle est accompagnée d'un manuel pédagogique en français (stratégie pour le calcul scientifique) qui donne des exemples d'utilisation dans le cadre des

## NOUVEAU FX 92 COLLÈGE POUR LE COLLÈGE

programmes de mathématiques. Pratique, la FX 92 Collège est solidement protégée par un coffret pliable.

Mode d'emploi  
en français.

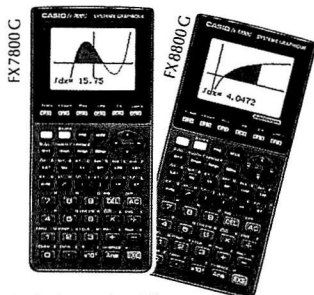


## FX 6800 G GRAPHIQUE

La nouvelle calculatrice programmable FX 6800 G, la moins chère des graphiques, a été conçue pour tous les lycéens. Elle possède 200 fonctions scientifiques. Son faible prix la met à la portée de tous les budgets. Les graphiques CASIO utilisent le même langage de programmation et offrent suivant les modèles de

## NOUVEAU FX 6800 G LA GRAPHIQUE MINI-ÉCRAN, MINI-PRIX

multiples possibilités: tracés et analyses de courbes, études de fonctions, zoom, calculs matriciels, statistiques, inéquations, intégrales,



calculs de formules. Elles sont protégées par un étui rigide coulissant. Cette année, CASIO présente également deux nouvelles graphiques: la graphique Hi-Tech FX 7800 G et la graphique à fichiers FX 8800 G (mémoire 16 K).

Maintenant, c'est à vous de choisir...



# CASIO®

CALCULATRICES HAUTE TECHNOLOGIE

Agent exclusif: NOBLET S.A. - 1, boulevard Charles-de-Gaulle  
92707 COLOMBES CEDEX - 3615 CLUB CASIO.  
Vente en magasins spécialisés, grands magasins et papeteries.



PAR JEAN-CLAUDE PECKER

# “LA FAUTE À LA SCIENCE ?”

On entend depuis peu les petits enfants des écoles, sensibles aux alarmes, dire que si tout va mal sur Terre, c'est la faute de la science. C'est là le signe le plus clair que la mode est à l'anti-science, voire à l'obscurantisme. On confond la science, qui est la méthode la plus éprouvée pour percer l'inconnu, avec les scientifiques, qui sont, comme tous les hommes, sujets à l'erreur. On confond la découverte avec le mauvais usage qui peut en être fait ou avec les effets pervers inattendus qu'elle peut avoir. Or, qui, mieux que le découvreur, est capable de remédier aux défauts de sa découverte ?

**L**e XIX<sup>e</sup> siècle a vu un tournant dans l'ignorance qu'avaient les gens de la science. Ses découvertes et ses applications demeurèrent confidentielles jusqu'à Pasteur. Quand celui-ci eut vaincu la rage de façon si éclatante, son œuvre se répandit dans le monde entier ; le tourment physique de maladies douloureuses ou mortelles était dorénavant épargné à des millions de personnes.

À la même époque, l'électricité était sortie des cabinets de physique des Volta, ou des Ampère, et pénétrait, assez vite en somme, dans les campagnes. Des découvertes sans intérêt direct pour l'humanité (comme celle de Neptune par Le Verrier) eurent un retentissement populaire inattendu. Signe évident de popularité : des caricaturistes comme Daumier les prenaient pour cibles. Pourtant qu'apportait la mécanique céleste à la vie de tous les jours ? Dans le même temps, la chimie et la physique permettaient la conservation des aliments et une production agricole plus rentable ; la science résolvait les problèmes essentiels, ceux de la faim, ceux de la santé. Qui, dès lors, eût voulu revenir à la vie d'antan, telle que la décrivaient Balzac, Maupassant, Flaubert, Zola ?

Mais ce “triomphe” de la science, cette généralisation des applications heureuses à la vie de tous les jours fit naître une synthèse “scientiste”, dont Taine, Berthelot surtout, et, bien sûr, Renan se firent les chantres. Non que la science pût résoudre tous les problèmes. Mais elle apparaissait comme la seule solution possible aux aspirations diverses

de l'humanité souffrante. Le scientisme de cette époque, succédant au positivisme d'un Auguste Comte, fut sans aucun doute exagérément triomphaliste. On ne se priva donc pas de trouver dans certaines conclusions de Berthelot, par exemple (qui souffrait de “blocage” en face de la structure atomique de la matière), des erreurs patentées. On commença par en rire. Mais ceux qui avaient souffert du scientisme furent trop heureux de ces erreurs et de ces excès, à commencer par les croyants qui accordaient à la foi et à la prière des vertus comparables à celles des vaccins et qui, d'autre part, voyaient se déliter peu à peu l'image “littérale” que donnait la Bible de l'histoire du monde.

La réaction “anti-science”, comme le soulignait récemment Jean Dhombres (1), est donc une “vieille histoire”. Depuis Chateaubriand, dans *le Génie du christianisme*, vers 1800, jusqu'à Michel Henry, en 1987, qui tente de limiter le champ de la science (2), en passant par le pénible *Avenir de la science* (3) édité en 1942 par Plon (et l'on devine dans quel esprit !) cette attitude anti-science reflétait davantage certaines personnalités traditionalistes très en vue qu'un sentiment populaire profond. Il y avait dans cette réaction une attitude rousseauiste. On y prônait le retour à l'homme naturel, non pourri par la civilisation.

Pour d'autres, il devenait urgent de freiner l'avancée de la science, à seule fin de redonner quelques







lettres de noblesse à la pensée catholique (le retour pétainiste à la terre était dans cet esprit-là). Cela devait permettre une reconquête des esprits déconcertés par la nécessité reconnue d'une lecture symbolique, et non littérale, des Écritures.

**La planète de Cordoue.** Loin de récuser la puissance de la science, de nombreux mouvements la considèrent comme incomplète. Incomplète, certes, elle l'est, puisqu'elle est basée sur la recherche de l'inconnu. Mais ce n'est pas de cette incomplétude là qu'il s'agit. Telle que l'entendent les milieux scientifiques, la science se limite par trop, et se prive de cette connaissance d'un niveau supérieur que donne l'exploitation des puissances de la conscience. Et l'on propose à nouveau la quête de spiritualité, complément supposé nécessaire à la science des laboratoires, des physiciens, des chimistes, ou des biologistes. Dans les années de l'après-guerre, c'est de là que l'attaque est venue.

Ce furent d'abord des ouvrages et des revues qui, tout en utilisant un vocabulaire scientifique opaque, mettaient sur le même plan astronomie et astrologie, défendaient les plus absurdes des

conceptions paranormales, se jetaient avec voracité sur les témoignages d'ovnis les plus improbables. Ce qui engendra des disputes épiques. Les scientifiques et, singulièrement, les rationalistes réagissaient, bien sûr, et souvent agressivement. Leurs adversaires les présentaient comme des savants grotesques, affublés de ridicules habits noirs et munis d'ocillères qui les empêchaient de voir cette science nouvelle, née de l'esprit. Le grand public commençait à s'intéresser au débat, qui fit de beaux soirs à la télévision. C'est ainsi que le colloque de Cordoue, lancé en partie par France-Culture (!) mit face à face des scientifiques bien connus, et d'autres qui l'étaient moins sur le thème "science et conscience" (\*). Ce titre, à lui seul, donnait déjà quelques points d'avance aux "nouveaux scientifiques" dans l'esprit de tous ceux qui avaient planché dans leur jeunesse sur la phrase de Rabelais : «Science sans conscience n'est que ruine de l'âme». La "conscience" dont il était question, loin d'impliquer la conscience telle qu'elle est définie par le dictionnaire, était une force qu'il fallait utiliser, et qui trouvait sa plus belle démonstration dans les pou-



voirs "psy" des uns ou des autres. Dans le sillage de Cordoue, les cuillères se tordaient...

Et ce débat, qui eût pu être sain, devint un forum ouvert aux gourous les plus convaincus. Ah, la puissance de la conscience ! Ah, les vertus de la concentration ! Ah, ces nouveaux courants d'énergie spirituelle qui allaient permettre de dominer le monde ! Inutile de dire que les réactions des scientifiques furent dures, ce qui ne contribua d'ailleurs pas à la sérénité du débat. Mais l'œuvre de sape était entamée.

**Médecines douces et sectes dures.** Dans la brèche, s'engouffrèrent quantité de groupes menant des actions diverses et jouant habilement sur un malentendu : on feignit d'assimiler la recherche scientifique moderne avec le scientisme triomphal de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle.

Alors déferla la vague des "médecines douces", comme l'acupuncture et l'homéopathie, qui purent – et peuvent toujours – se targuer sans vergogne des résultats que l'effet placebo procure à tout geste thérapeutique, serait-ce celui du sorcier pygmée. Ces "médecines" ne font d'ailleurs de mal à personne, tout au moins lorsqu'elles ne conduisent pas le malade grave à interrompre un traitement classique qui aurait pu le guérir.

Tacitement, les médecines "douces" s'opposent à la médecine "officielle" qui ne peut, dès lors, être que "dure". Dans le même ordre d'idées, la médecine "naturelle" (par les plantes) s'oppose implicitement à la science "artificielle" dispensée par l'Ordre des médecins. On voit là l'absurde avantage sémantique que s'octroient au passage les "psy" et autres gourous ! Car, en réalité, tout n'est-il pas "naturel" ? Y compris les corps chimiques les plus complexes ? Y compris aussi les poisons divers recelés par les champignons dangereux, ou sécrétés par les glandes des serpents à sonnettes ?

Parmi ces diverses contradictions, remarquons que si la médecine homéopathique, par exemple, peut se targuer de n'être pas polluante, puisque ce n'est que de l'eau, l'énorme pub qui la soutient, elle,

pollue tout au moins, et massivement, le bon sens !

La douceur, la nature... Reste l'immense marché de la guérison par la foi. Que ce soit la foi en la réalité des miracles (Rome reste d'ailleurs très prudente à cet égard), ou la foi en certains gourous particulièrement téléguéniques, le problème est qualitativement, le même. Quantitativement, les marchands qui entourent les lieux de pèlerinage font d'énormes profits, mais ils viennent loin derrière les "téléguérisseurs", qui, depuis des décennies, exercent leurs talents aux États-Unis. Une enquête du CSICOP (*Committee for the Scientific Investigation of the Claims of Paranormal*) a récemment révélé l'énorme chiffre d'affaires de ces exploitants de la "nouvelle pensée". On sait que plusieurs de ces gourous se sont retirés, fortune faite ; d'autres ont été lourdement condamnés pour escroquerie ; dans plusieurs cas, l'utilisation de compères et de fausses guérisons était un moyen efficace d'amorcer le chaland. Le phénomène n'en a pas moins fait tache d'huile.

Dans les pays soviétiques, c'est carrément dans les hôpitaux qu'on ouvre aujourd'hui des centres de médecine non conventionnelle comme la guérison par l'apposition des mains (voir à ce propos le témoignage de S. Kapitza <sup>(5)</sup>). Comme si la conquête de la liberté devait nécessairement entraîner la liberté d'être stupide ! Certes, le cas de l'ex-URSS est très particulier ; mais on peut associer cette vague soudaine d'irrationnel à une résurgence générale de pratiques magiques, religieuses, culturelles, qui avaient été abandonnées au moment de la révolution, trop brutalement peut-être, pour que la nostalgie n'en ait pas été très prégnante.

Cela dit, reconnaissons que la recherche du rationnel en matière médicale n'est pas aussi facile qu'en physique ou en chimie, voire en biologie. La santé – et moins encore l'idée qu'on s'en fait – n'est pas mesurable comme la lumière. A partir de quel moment, lorsqu'on pensait "aller mal", peut-on dire qu'on "va mieux" ? Les problèmes de santé touchent beaucoup trop nos sentiments profonds pour qu'on puisse en débattre avec l'objectivité nécessaire à l'intelligence.

C'est sans doute la raison qui a attiré vers les sectes les plus extrêmes tant de gens à la recherche d'un soutien : ces sectes tiennent bien souvent lieu de médecine. Pour mieux posséder les esprits, il faut d'abord maîtriser les corps. Cette emprise psychosomatique sur les individus a souvent tourné au tragique. Ainsi, le refus de soins médicaux à des enfants malades chez les Témoins de Jehovah a-t-il souvent abouti à des morts qui étaient évitables. Ou bien encore les déboires de l'Eglise de scientio-



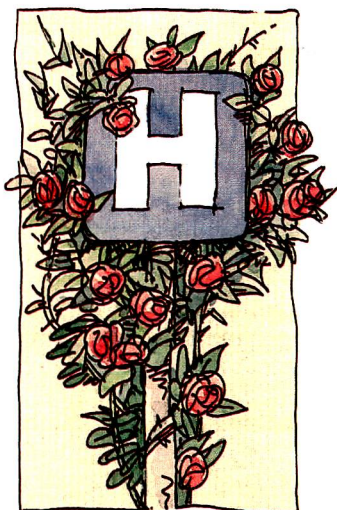


logie française : son pape et créateur, Ron Hubbard, mort depuis dans une richesse soustraite à ses sectateurs, à qui il avait imposé la "dianétique", une méthode "naturelle" de se soigner – et de mourir – sans l'aide de la médecine officielle.

Il faut croire que les volontaires pour ces duperies mystico-médicales avaient oublié ce qu'ils doivent incontestablement à la vraie médecine, comme, par exemple, la guérison de la variole et de la tuberculose, ainsi que la lutte acharnée qu'elle mène contre le cancer, dont elle a déjà compris le mécanisme ; et que si elle est encore impuissante face au sida, on ne peut compter que sur elle pour mettre au point un vaccin protecteur. Ils avaient oublié aussi que la durée de la vie n'a fait que croître depuis cinquante ans, même dans les pays les moins riches, même dans la misère ; que la mortalité infantile n'existe quasiment plus dans les pays industrialisés ; que la mort et la maladie sont moins douloureuses ; que l'anesthésie rend les opérations chirurgicales indolores... Nier cela est tout simplement stupide. Mais on ne le nie pas, on l'oublie ; "c'est du passé".

Cela dit, on peut se poser la question : est-ce un "bien" d'avoir allongé la durée de la vie humaine ? Si c'est pour aboutir à un état de surpopulation explosive dans certaines régions misérables du globe, peut-être pas ! Mais est-ce que ce sont les sectes qui résoudre ce problème là ? Ou d'autres scientifiques : démographes, ethnologues, biologistes, chimistes, agronomes, dont les compétences devront être mises à contribution aussi bien pour organiser une régulation de la population que mettre sur pied une production agricole adaptée au nombre des hommes ? Ce qui vient d'être dit là sera peut-être considéré comme une sorte de crédo scientifique. Et après ?

**Le Nouvel Age.** Sectes, médecines douces, astrologues et ufologues unis, impressionnés par l'état difficile dans lequel se trouve en effet la Terre (surpopulation, pollution des eaux et des airs, misères et maladies, instabilités sociales...) poussent certains visionnaires à nous annoncer, sinon la fin du monde (dont on ne voit plus bien comment elle s'opérera), au moins sa transformation radicale.



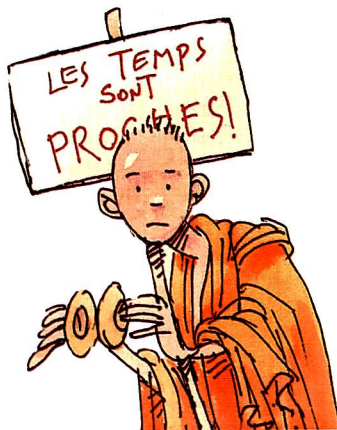
L'astrologie, celle au moins qui s'est donné la peine de lire quelques manuels d'astronomie, et qui a donc remarqué le phénomène de précession des équinoxes, nous place dans l'ère des Poissons, une période où le "point gamma" (position de l'équinoxe de printemps sur l'équateur céleste) se trouve dans la constellation des Poissons. Nous y sommes environ depuis deux mille ans. C'est une période caractérisée, disent les astrologues par l'obs-

curité et la violence et qui aura été accompagnée de grands désastres. Mais les équinoxes précèdent. Le "point gamma", donc, a traversé la constellation des Poissons ; il en sort (lui qui fut désigné du symbole  $\gamma$ , Bélier, parce que lorsque les astrologues de l'Antiquité ont commencé leurs travaux et baptisé les signes, le point  $\gamma$  se trouvait encore dans le Bélier). Mais bientôt, le point gamma entrera, ô joie !, dans la constellation du Verseau. Signe "d'air" et non "d'eau".

C'est alors l'idéalisme, l'intellectualisme (!), la sensibilité qui vont dominer le destin des hommes. Ce sera le "Nouvel Age" (l'expression *New Age* est d'Alice Bailey).

A quand donc ce Nouvel Age ? L'ère du Verseau, selon les uns, débiterait en janvier 1999 ; selon d'autres en 2160 (il est bon d'avoir plusieurs cordes à son arc !). Selon les astronomes, les choses sont moins précises, car les limites des constellations sont assez floues, et pour tout dire subjectives. On appelle en effet constellation un certain nombre d'étoiles dont l'observateur estime très arbitrairement que, vues d'ici, elles forment un dessin (crabe, chien, ourse, etc).

Ajoutons que les astronomes ne voient évidemment aucun lien entre ce phénomène astronomique très graduel et la vie des hommes. Ce qui n'empêche pas de nombreuses sectes de s'unir aujourd'hui, s'appuyant sur ces "évidentes" certitudes de l'astrologie ; elles nous annoncent que la douce conspiration des enfants du Verseau nous fera, sous peu, entrer dans un millénium d'amour et de lumière, qui se substituera à cet âge néfaste des Poissons. Les sectateurs, jamais à court de voca-





bulaire scientifique, vont jusqu'à évoquer un changement de paradigme (ô Kuhn ! - voir ci-dessous). On passera donc d'un paradigme matérialiste, mécanique, "scientiste" pour tout dire, à un paradigme "spirituel", à une primauté absolue de l'esprit sur la matière (6).

Le Nouvel Age, prophétisé par de nombreux théoriciens de diverses sectes, prédit donc une civilisation planétaire idéale. Son syncrétisme s'adresse (en ratisant large !) à tous les mouvements qui hurlent au scientisme. Une kyrielle de groupes plus ou moins contrôlés, qui vont des hippies les plus doux aux néonazis les plus frénétiques. Dans les concepts du Nouvel Age se côtoient d'ailleurs les aspirations les plus honorables et des idées métaphysiques confuses. Parmi les premières, on trouve les vœux des écologistes : respect de la nature, primauté de l'humanité ; parmi les secondes apparaît l'idée d'une "conscience universelle", appelée aussi "énergie cosmique" qui régirait l'Univers. On peut se demander au passage ce que signifie ici le mot énergie ? Il a le même sens que pour les tenants du paranormal : c'est l'énergie qui tord les cuillères ! Tout cela implique l'émergence d'une nouvelle et unique spiritualité (une religion unique peut-être ?). Mais laquelle de toutes ces religions qui se veulent universelles restera la seule, l'unique : Moon ? Rael ? La Fraternité blanche universelle ? La Scientologie ? Les Témoins de Jéhovah ? Ou la méditation transcendental de Mahesh Yogi, qui a déjà son gouvernement mondial, ses colloques, ses châteaux et ses savants ?

Pour les sectateurs du Nouvel Age, la science reste à la surface des choses. Il faut intégrer à la science le respect de la conscience universelle. Il n'est pas de science sans conscience et nous revoilà avec le jeu de mot ambigu sur deux significations du mot conscience ! Bref, il est clair qu'il s'agit là d'une tendance à l'unification des sectes, à la récupération de l'écologie, à l'exploitation des médecines douces, et dans tout cela, composante constante, à un refus déterminé de ce qui fait la civilisation actuelle, dont il serait, certes, absurde de nier les défauts, mais dont il apparaît douteux que le Nouvel Age soit capable de lui apporter autre chose que l'illusion et la drogue, l'abrutissement et la régression intellectuelle. Nouvel age ? Retour à la case départ...

**Des philosophes contre la science.** Tous les mouvements dont nous venons de parler agitent des milieux que nous pourrions qualifier de "populaires". Leur audience était faible il y a quelques décennies. La médiatisation intense des gourous, et le goût du sensationnel ont, sans aucun doute, beaucoup élargi cette audience. Jusqu'à ces dernières années, les milieux cultivés en étaient préservés ; les universités n'admettaient pas de cours d'astrologie ; l'homéopathie était critiquée par toutes les académies des Sciences, les sectes étaient rejetées au niveau d'un populisme vulgaire. Or, plusieurs ouvrages, depuis une vingtaine d'années, et tout récemment, ont beaucoup altéré cette situation et ont conféré à ces thèses une incontestable respectabilité. Ici, on enseigne la parapsychologie, là, on met la théorie créationniste de l'Univers (d'âge six mille et quelques années) sur le même plan que l'évolutionnisme ; on en revient ailleurs à une sorte de dualisme mystique, au moins, où le complément nécessaire de l'analyse scientifique est une métaphysique créationniste ("le fiat lux", c'est le Big Bang", a dit naguère, ou à peu près, S.S. Pie XII). Plus généralement, les philosophies post-modernistes (de

Heidegger à Derrida) fleurissent. Or, il se trouve que ces ouvrages sont des best-sellers.

Qu'on nous pardonne d'en faire ici une critique qui sera, par nécessité, rapide. L'un des plus francs de ces livres, si franc qu'il en fut presque caricatural, et ne fut peut-être pas pris suffisamment au sérieux, fut celui de Paul Feyerabend ; le titre seul, *Contre la Méthode* (7), le situe dans une perspective résolument anticartésianiste. La science devrait s'ouvrir à la connaissance vers une voie anarchiste (nous citons l'auteur). Pour Feyerabend, la science n'est qu'une forme moderne de mythe, une des nombreuses formes de pensée développées par l'homme, et non pas forcément la meilleure. C'est dans une certaine mesure la plus récente, mais aussi la plus agressive et la plus dogmatique des institutions religieuses ; pour Feyerabend, la séparation de l'Eglise et de l'Etat se doit d'être complétée par une séparation de l'Etat et de la science. L'ouvrage de Feyerabend est sans aucun doute un livre stimulant, et provocant. Mais il oublie complètement, semble-t-il, le caractère opérationnel de la science, le fait de la non-contradiction interne de ses travaux, le caractère prévisionnel de ses mé-

## **— Le bon sens pose de bonnes questions mais n'apporte pas forcément de bonnes réponses**

thodes, sa cohérence, son adéquation aux problèmes posés. Sans parler de ses résultats concrets : l'électricité qui éclaire le bureau de M. Feyerabend, la voiture qui le ramène chez lui, la chaîne hi-fi qui lui distille sa musique favorite, l'ordinateur qui enregistre son texte ou le fait accéder aux banques de données, etc. Quels que soient les bienfaits des "autres" religions, quelle est celle qui a abouti à tant de techniques utiles, pour ne citer que celles-là ? Sans doute ce livre doit-il être pris pour ce que je crois qu'il est : un acte de provocation destiné aux acteurs de la science, afin de les astreindre à des examens de conscience plus sérieux, à la remise en question de certaines certitudes, et à la critique du dogmatisme exagéré des épistémologues modernes.

L'œuvre de T. Kuhn (<sup>8</sup>), sans doute en raison de ses aspects plus raisonnables, voire rationnels, n'a pas le même effet de repoussoir que celle de Feyerabend. Je me demande cependant si elle n'est pas plus profondément dangereuse. Le thème de Kuhn est l'analyse des "révolutions scientifiques" et tout particulièrement de la "révolution copernicienne". Pour Kuhn, la science procède par révolutions successives, qui marquent profondément leur temps. Une période de l'histoire est dominée par telle ou telle doctrine. Et une doctrine, celle d'Aristote, par exemple, est un faisceau de paradigmes, chacun correspondant à des accomplissements précis, à des hypothèses de travail bien définies, sous-jacentes au travail des scientifiques. Puis, selon Kuhn, une "révolution" détruit tout à la fois la doctrine d'ensemble et ses paradigmes ; et l'on change d'époque – et de paradigmes. On distingue d'emblée les inexactitudes et les outrances qu'une telle idée risque d'infuser dans l'esprit de lecteurs superficiels. Si Copernic a "déboulonné" Ptolémée et Aristote, si Einstein a "déboulonné" Newton, si Darwin a "déboulonné" Cuvier... alors c'est que l'on peut "déboulonner" aussi bien Copernic, Einstein ou Darwin. Et il ne reste de la science, de sa démarche, de sa progression, qu'une idée confuse, une suite de retournements, de conversions, de retours, d'agitation bouillonnante, un jeu de ping-pong intellectuel. Cette vision est évidemment complètement erronée. La connaissance progresse en s'appuyant sans cesse sur le corpus de connaissances préalables ; elle les retouche, et les affine ; elle ne les renverse que lorsqu'il y a eu une erreur ; l'erreur une fois démontrée, il n'y a plus de problème.

Je ne discuterai pas ici le détail de la théorie de Kuhn : j'ai exposé mes critiques ailleurs. Mais s'il était vrai que la science se réécrit de fond en comble à intervalles réguliers, la valeur qu'on peut lui attri-

buer serait essentiellement éphémère ; et l'on aurait raison de ne pas avoir confiance en elle.

Un autre ouvrage, celui de Francis Fukuyama (<sup>9</sup>), a fait récemment beaucoup de bruit. N'a-t-il pas annoncé que, face à la libéralisation du système économique des pays de l'Europe du Centre et de l'Est, face au passage de l'économie d'Etat à l'économie de marché, l'Histoire (avec un grand H) était finie ? Le libéralisme allait triompher (sous-entendu : définitivement), l'homme n'aurait bientôt plus à s'occuper que de "s'enrichir" (pour reprendre le verbe de Guizot) ! Les événements dramatiques actuels ne modifieraient pas profondément cette tendance à l'uniformisation libérale, état en quelque sorte d'entropie maximum, et ne seraient en somme que des soubresauts. Au fond, on tend vers un univers constant – la fin de l'Histoire.

Pourquoi penser que cette thèse tend aussi à discrediter toute référence aux progrès de la science ? Certes, Fukuyama ne met pas en doute le rôle de moteur que peut jouer dans l'Histoire le progrès des connaissances scientifiques. Mais si nous en arrivions à une période de stabilisation de l'Histoire, d'égalisation des niveaux de vie, cela signifierait que nous admettons aussi que la science ne peut plus rien pour modifier (améliorer) les conditions de vie sur notre planète. Si l'Histoire est morte, alors la science peut bien se laisser mourir. Elle n'a plus de raison d'être... Remarquons, au passage que cela s'oppose en tout point avec Kuhn pour qui rien, justement, n'est définitif.

Un autre ouvrage a fait récemment beaucoup de bruit, celui de Bryan Appleyard (<sup>10</sup>) qui insiste sur le dommage spirituel dont la science (selon l'auteur) s'est rendue coupable. Cette science qui nous pousse, je cite encore, à l'abandon de nos vraies valeurs, de nos vraies personnalités. Cette science à laquelle il est donc temps de résister.





L'ouvrage de Mary Midgley <sup>(11)</sup>, *Science as Salvation*, est peut-être plus destructeur encore, sous un aspect moins agressif. Dans cet ouvrage très lu, l'auteur, en des chapitres brillants, voit en les scientifiques les créateurs du mythe scientifique, bien évidemment absurde. L'analyse des motivations des chercheurs sous-tend cet essai. Reconnaisant les menaces qui pèsent sur la planète, l'auteur semble voir, dans les solutions empruntées à l'arsenal de la science, l'éclosion de paranoïas inutiles. Il conviendrait plutôt de donner à l'humain sa juste place et de se méfier plus largement des prétentions scientifiques. Là encore, le caractère opérationnel de la science est en cause ; l'auteur va jusqu'à le nier et à attaquer directement un certain nombre d'auteurs (tels Hawking !) qui ne passent pourtant pas pour des fervents scientifiques, et qui laissent largement sa place à l'esprit ! Le dialogue est-il donc si impossible entre deux visions de la science ? C'est une justification de l'opposition, classique depuis C. P. Snow, entre les "deux cultures" – une opposition qui inquiétait Snow.

Bien entendu les revues scientifiques, et les autres, s'interrogent sur de tels ouvrages. La science laisse-elle donc si peu de place à l'esprit (*soul* en anglais) ? C'est à peu près la question que pose dans *Nature* l'éditorial du numéro d'avril 1992 <sup>(12)</sup>. Et c'est pour en conclure que la science a besoin d'être défendue contre les attaques des Appleyard ou des Midgley, car les politiciens ne sont que trop enclins à les écouter.

N'est-il pas jusqu'au *Monde diplomatique* qui, en mai 1992 <sup>(13)</sup>, s'interroge : « L'homme en danger de science ? » Et Jacques Decornoy, principal responsable de ce numéro spécial, conclut que le danger vient plutôt de l'inconscience que de la science... Mais selon lui, l'inconscience serait le fait des scientifiques ! Une inconscience qui les empêche de se pencher sur le problème essentiel que constitue dans le monde la tragique disparité entre les sociétés pauvres et les sociétés riches. Decornoy n'a pas complètement tort ; mais cette prise de conscience des milieux scientifiques, qu'il appelle de ses vœux avec tant d'énergie, a eu lieu et elle vient justement de déclencher une hostilité notable. Il s'agit de l'Appel de Heidelberg <sup>(14)</sup>.

**De Rio à Heidelberg.** Tout récemment, en effet, un conflit a éclaté, mettant aux prises les milieux scientifiques (sinon unanimes, du

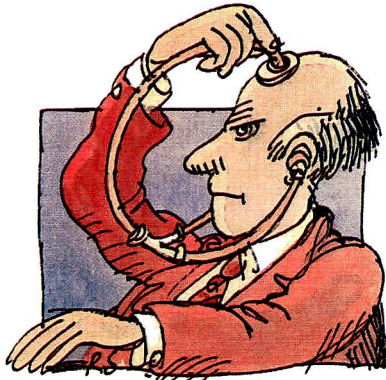
moins très largement représentés par des signataires qualifiés) et les mouvements écologistes. Ce conflit a pris ses origines directes dans la préparation de la conférence de Rio sur le développement et l'environnement. Il vient de ce qu'un certain nombre de scientifiques ont regretté de n'avoir été consultés que de façon marginale par les ministres chargés de l'environnement dans divers pays.

Par ailleurs, les ONG (Organisations non gouvernementales), indépendantes des pouvoirs politiques, souvent puissantes, et internationales (parmi les plus célèbres, Amnesty International, Pugwash, Greenpeace) ont eu non seulement une large audience au Brésil mais ont été abondamment consultées, dans la mesure où elles représentent une sorte de conscience populaire spontanée et souvent très saine. Cette consultation, malheureusement, s'est faite "tous azimuts", les organisations les plus responsables n'étant pas mieux écoutées que les plus bruyantes, car ces deux caractères ne sont pas toujours proportionnels, tant s'en faut !

En outre, les organisateurs (parmi lesquels, rappelons-le, le poids des Etats-Unis dominait) ont dédaigné l'Unesco, l'organisme pourtant le plus compétent pour répondre aux problèmes posés à Rio. Et naturellement, dans chaque pays, les commissions nationales de l'Unesco ont dû faire des pieds et des mains pour avoir un ou deux délégués à Rio, noyés dans la foule des délégués des ONG. Avant la conférence, il est apparu clairement qu'aux yeux des gouvernements (le nôtre en particulier), ces commissions nationales étaient non représentatives (bien qu'élues par les communautés diverses de culture scientifique et technique, d'enseignement et de communication, dans notre pays au moins).

D'où la réaction, sous la forme du manifeste d'Heidelberg <sup>(15)</sup>. Il s'agissait de rappeler des évidences et de dénoncer les contradictions de l'écologie politique (ou politisée). Il s'agissait aussi d'affirmer que les scientifiques de disciplines fort différentes se soucient – cela va sans dire – de

l'avenir de la Terre. Et qu'ils sont, ensemble, de surcroît, particulièrement conscients de la globalité des problèmes écologiques (les mathématiciens les diraient "hautement non linéaires"). Par exemple, on ne peut, d'un côté, se préoccuper de sauver l'atmosphère des pollueurs à effets de serre en ignorant que, d'un autre côté, les peuples les plus





déshérités ont un dramatique besoin d'énergie. Les scientifiques sont payés pour savoir que climats, océans, démographie, économie, transports sont indissociables.

Il s'agissait donc de plaider pour une écologie scientifique tenant compte des interactions entre ces divers aspects, qui, tous, commandent la qualité de la vie humaine sur Terre et, plus brutalement, toute vie sur la Terre.

Il s'agissait aussi de mettre en garde contre une écologie "sentimentale" qui a, certes, le mérite d'influencer les décideurs politiques, mais malheureusement beaucoup plus sur les problèmes locaux, proches des électeurs, que sur les problèmes globaux. Or, l'oubli des solidarités nécessaires risque d'aboutir à des prises de position irréductibles et conflictuelles, à des oppositions entre deux ou trois types d'écologistes – de gouvernements écologistes, devrait-on dire. Ainsi les uns défendront-ils le TGV par principe, pour éviter la pollution par des transports routiers ; mais d'autres se battront contre tel TGV susceptible de menacer l'environnement dans tel département, etc.

Les mouvements écologistes (Greenpeace, Les Amis de la Terre, bien d'autres...) ont eu l'immense mérite de sensibiliser l'opinion à des problèmes réels, auxquels personne n'était ouvert, et les scientifiques, la plupart du temps, à peine plus que les autres. Il faut leur en savoir gré. En revanche, dès lors que les "verts" sollicitent les suffrages des électeurs, ils ont naturellement tendance à se focaliser sur des problèmes locaux – et donc à gommer le caractère indissociable de tous les phénomènes couplés mettant en péril l'homme sur Terre. Et la Terre, indépendamment de l'homme....

Les menaces d'ailleurs sont-elles bien précisément identifiées ? La menace démographique, par exemple, domine toutes les autres. Elle les commande. Prenons, par exemple, l'effet de serre. Quelle en est la part due depuis l'éternité à l'évolution naturelle ? Quelle est celle liée à l'explosion démographique ? Quelle est celle liée à l'industrialisation ? Quelle est celle, particulièrement, des pays "nantis" ? Et s'il faut ordonner les urgences, doit-on se protéger d'abord contre l'effet de serre, ou d'abord se préoccuper des réserves d'eau potable ? Peut-on aborder tous les problèmes de front, simultanément ?

Dans ce débat, c'est la raison calculée qui manque le plus : le bon sens ne suffit pas. L'intuition guide trop souvent vers des solutions locales dont les conséquences, ailleurs, sont occultées...

Le message d'Heidelberg avait encore un autre sens. Pas celui nécessairement d'une critique des

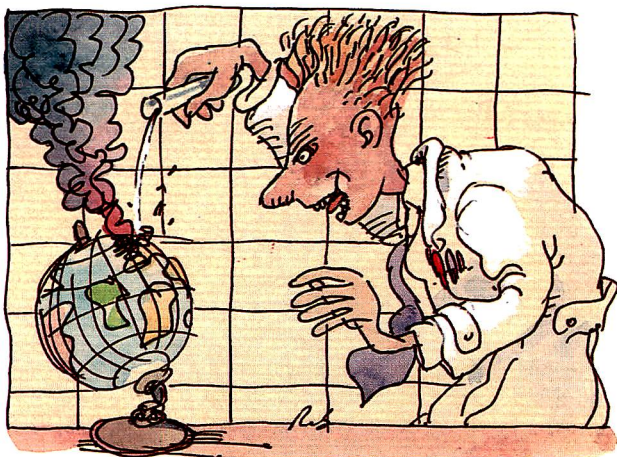


actions menées, mais celui surtout d'une mise à la disposition des autorités des avis experts de la communauté scientifique. Elle n'a pas été assez consultée. Il n'est pas trop tard pour le faire, voire pour lui donner les moyens nécessaires d'investigation. Cela n'exclut en rien d'écouter les cris d'alarme des "verts". Le bon sens peut poser de bonnes questions. Le problème, c'est qu'il n'oriente pas nécessairement vers les bonnes réponses. Pour faire une comparaison triviale, ce n'est pas le garagiste qui vous signale que votre voiture est en panne, mais c'est lui qui la répare.

Pourquoi le manifeste d'Heidelberg a-t-il déclenché tant de réactions quasiment allergiques <sup>(16)</sup> ? On a accusé les auteurs de mélanger science pure et technologie, on les a accusés d'avoir des arrière-pensées visant à sauvegarder telle ou telle industrie.

**Science pure, science appliquée, et industrie.** La science ne prétend pas apporter des solutions à tous les problèmes de la planète, ce n'est pas son but. Elle a toujours vécu de la curiosité de l'espèce humaine pour les mécanismes qui commandent les lois naturelles, ou pour la structure de l'Univers et de ses composantes. Cette "insatiable curiosité" que Kipling attribue à l'"Enfant d'éléphant", dans *Histoires comme ça*, a toujours été et sera toujours le moteur principal de l'activité scientifique. Les applications des découvertes scientifiques fondamentales peuvent être, en revanche, une motivation pour les gouvernements qui financent les recherches, mais les scientifiques s'en préoccupent en général d'autant moins que l'on sait bien que les retombées de la recherche pure (positives ou négatives, pour l'homme et la Terre) sont souvent imprévisibles, et portent sur le très long terme.





Qui eût pu penser que les travaux de Galilée et de Newton sur l'action et la réaction mèneraient aux développements modernes sur les fusées lancées vers Jupiter ou les missiles à charges nucléaires ? Qui aurait pu penser que les pénibles recherches microbiologiques du XIX<sup>e</sup> siècle nous auraient apporté les sulfamides et la pénicilline ? Qui aurait pu croire que les travaux des Rutherford ou des Curie sur la structure du noyau conduiraient, cinquante années plus tard, à Hiroshima, mais aussi à l'énergie nucléaire ?

Hiroshima nous a glacés d'horreur. Tchernobyl, pour ce qui est du nucléaire civil, nous a laissé un souvenir tragique... La question qui se pose tout naturellement aujourd'hui est : faut-il arrêter toutes les recherches sur le noyau ? La réponse est non, à supposer d'ailleurs qu'une fois ce secret connu de milliers de physiciens dans le monde, on puisse obtenir qu'on arrête tout, partout à la fois. Mais la réponse est aussi non, parce que, à très long terme, nous aurons produit, grâce à ces recherches, l'énergie de fusion, celle qui fait que le Soleil nous chauffe depuis des milliards d'années, celle qui, mal contrôlée, fait une bombe H. A court terme, la catastrophe de Tchernobyl est liée à un manque de compétence et de sens des responsabilités des techniciens locaux : elle met en évidence la stupidité des gens qui croient savoir et qui ne savent pas vraiment !

Mais, d'autre part, qui peut oublier les poissons du Rhin tués par l'industrie chimique, ou les côtes de Bretagne noyées dans la marée noire du pétrole ? Qui peut nier le rôle néfaste, dans la haute atmosphère, de certaines expériences atomiques, ou tout simplement des avions ? Que le volcanisme ou la fragilité de la croûte terrestre soient aussi à l'origine de graves dégradations ne change pas l'essentiel de ces inquiétudes.

Il est donc indéniable que des intérêts, engagés dans les applications de la science, jouent parfois un rôle néfaste (que ne ferait-on pas pour conserver un

marché, voire pour créer des besoins artificiels ?). Mais faut-il pour autant rendre la recherche scientifique responsable ? Cela dit, les scientifiques portent bien une responsabilité, car ils ils sont tout de même souvent capables d'évaluer les risques des découvertes qu'ils ont faites. Même si l'évaluation de ces risques n'est pas un exercice très précis, on peut indiquer une fourchette entre risque minimum et risque maximum.

**L'anti-science.** Tout cela fait que la science se trouve soumise de tous

côtés à des attaques violentes acerbes et convergentes (lire l'ouvrage d'Evry Schatzman<sup>(17)</sup> à ce sujet). Quelles étranges convergences, en vérité ! On pourrait être tenté de faire l'amalgame entre ces attaques concomitantes. Pourtant quoi de commun entre les fous du paranormal, les sectes fleuries du Nouvel Age, et les écologistes sincères dont font partie de nombreux scientifiques très conscients de la complexité des problèmes posés ? Et quoi de commun avec les philosophes préoccupés d'épistémologie, de morale de la science ? Les uns l'accusent de se faire la servante aveugle des intérêts de certaines industries. Les autres lui reprochent de se poser avec arrogance comme le refuge dernier de la rationalité, comme la seule voie fiable à toute connaissance. On lui tient rigueur aussi bien de ses forces que de ses faiblesses. On évoque les savants fous de toute la littérature, de Faust au Docteur Ox, de Frankenstein à Strangelove. On évoque les doux dingues du genre Tournesol, ou Lindembrock. Doux dingues, inconscients et aveugles, aussi dangereux que les agités du tube à essais, ou les maniaques démoniaques de la destruction de l'humanité totale.

La science, naguère, fut, pour le public le plus large, l'annonce de l'Age d'or. Elle est devenue porteuse d'apocalypse. Et l'on appelle à un Nouvel Age fondé sur des connaissances suprationnelles, aux mages et aux gourous, à une spiritualité confuse, à un refus de toute rationalité... quand ce n'est pas à un retour aux violences ancestrales, que symbolisent un peu, ici, les skinheads, là, les intégristes, et ailleurs, les nationalistes. La science elle-même se réfugiera alors (curiosité oblige : qui la tuerait tout à fait ?) dans quelque vision pythagoricienne de l'Univers, réduisant les atomes ou les particules élémentaires à des groupes abstraits de symétries, englobant l'Univers dans une vision mathématique, aussi éloignée que faire se peut du quotidien et, c'est plus grave encore, de l'humain.

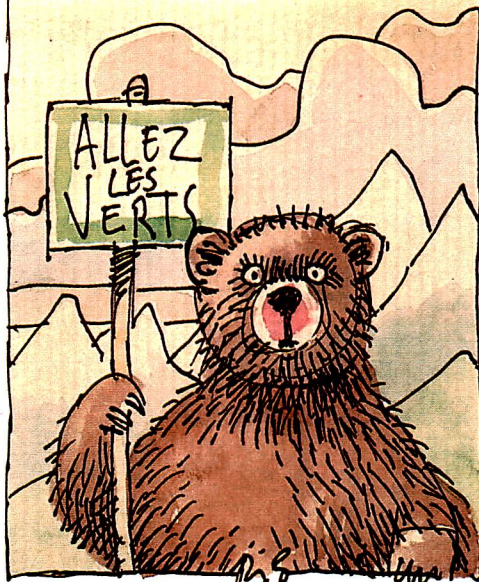


Alors en effet, savants et ignorants réunis se rejoindraient en une destruction immense du rationnel, vite confrontés d'ailleurs à des problèmes de moins en moins solubles, préfiguration des plus sombres avenir. On irait vers une autodestruction béate, une inconsciente dégradation, un suicide collectif, aussi grave que celui que nous promettait, il y a quelques décennies, l'absurde course aux armements nucléaires. Jules Verne avait pressenti cette dérive dans *l'Eternel Adam*.

**Qui sauvera la planète ?** Les défenseurs de chaque espèce menacée ici ou là, ou ceux qui se refusent à isoler un problème de tous les autres problèmes mondiaux qui lui sont associés ? Qui donc sauvera l'humanité ? Ceux qui parlent dans la fumée de leurs discours sentimentaux, ou ceux qui essaient, dans le calme des laboratoires, de construire des modèles d'océans ou d'atmosphère cohérents ? Qui donc ? Qui donc ? Faut-il se résigner à la "fin de l'avenir", que voit apparaître un Jean Gimpell<sup>(18)</sup>, à une succession inévitable de décadences et de chutes, qui annonce, tout simplement, la fin de la civilisation industrielle occidentale ? Et dans ce fracas, que deviendra alors ce monde où craquent, entre pays pauvres et pays riches, toutes les structures, où les conflits pointent, éclatent, s'éternisent, où les misères s'étendent, où les égoïsmes s'installent furieusement ?

Soyons sérieux ! S'il y a des solutions, elles sont dans une attaque rationnelle des problèmes. Maîtrise de la démographie d'abord. Mais aussi solutions techniques aux problèmes de pollutions, dans le respect des couplages (le plus souvent ignorés) et de la solidarité nécessaire entre les parties du monde, entre les composantes diverses de la biosphère dont nous vivons, entre pauvres et riches.

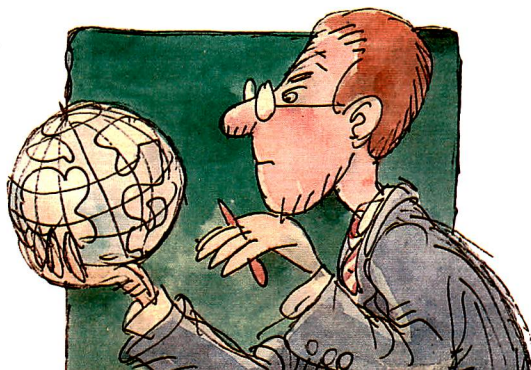
Le monde, sans conteste, est en danger. La Terre, ses eaux, potable et marine, la Terre, ses airs et ses sols, la Terre, ses hommes, ses bêtes, et ses plantes, et parmi les hommes, les plus pauvres, plus encore que les plus riches. Face à ce danger d'écologie n'a rien à gagner à se priver de la science et la science de l'écologie» (S. Royal).



Le danger est évident. La peur est normale. La peur a l'avantage de sonner l'alarme, mais elle n'apporte aucune solution.

Les autruches (d'après la légende) se cachent la tête dans le sable pour ne pas voir le danger ! Les autruches commencent par chercher des responsables, jamais elles-mêmes, bien sûr : mais les savants, la science, les technocrates, les politiciens... Les autruches, la tête sous le voile, adressent des prières au ciel qu'elles ne voient pas, elles réclament des gourous et des rois, elles veulent l'indépendance et croient à leur liberté, en restant dans leur trou ; les autruches protègent leur ver de terre personnel, leurs aliments privilégiés, et leurs coléoptères chéris. Les autruches s'en tirent, très momentanément, en fermant l'horizon.

**La lucidité ou la mort.** Est-ce très utopique d'imaginer que des milliards d'hommes et de femmes regardent les réalités en face, s'efforcent de comprendre les mécanismes globaux de la dégradation, se sentent solidaires les uns des autres, fût-ce, parfois, au détriment, dans les pays riches, du niveau de vie moyen, au détriment même du niveau de vie des pauvres de ces pays riches qui restent encore bien plus riches que les plus riches parmi les habitants des pays pauvres (hormis les émirs et les magnats) ? S'astreindre à comprendre la globalité des problèmes ; ne pas s'apitoyer sur les espèces en voie de disparition d'une façon par trop romantique, alors que notre espèce humaine est peut-être en voie de disparition (quoi qu'on en soit loin !), du moins, peut-être, en voie de décomposition ; se contraindre à comprendre que les problèmes de l'ozone peuvent être définis sans trop de mal, ceux de l'effet de serre aussi, tout comme celui, d'ailleurs, de l'énergie nécessaire aux plus démunis, ou comme celui, si préoccupant, des réserves d'eau potable ; et s'astreindre à appréhender de façon globale ces problèmes étroitement liés les uns aux autres ; s'astreindre enfin, chaque fois





PAR ISABELLE BOURDIAL

# LA VIE SECRÈTE DE LA TERRE

On explore les tréfonds de l'Univers, mais l'intérieur de la Terre reste inaccessible. Les chercheurs sont contraints d'imaginer des moyens de plus en plus ingénieux pour sonder la planète. Ce qui ne va pas toujours sans accroc : deux équipes françaises, étudiant chacune de leur côté les inversions du champ géomagnétique, viennent de publier des résultats contradictoires !

**L**e noyau de la Terre est à moins de 3 000 km sous nos pieds, à peine la distance Paris-Le Caire. Et pourtant, le centre du globe est bien ardu à atteindre : le plus grand forage jamais réalisé, celui de la presqu'île de Kola, ne dépasse pas 12 km, soit 0,2 % du rayon terrestre ! Les scientifiques doivent imaginer d'autres moyens que ces puits pour connaître la composition chimique, la structure minéralogique et la dynamique interne de notre planète.

Chaque discipline des sciences de la Terre procède à sa manière. La minéralogie vient ainsi d'apporter des informations sur une des couches les plus actives et les plus mystérieuses de toute la planète, celle qu'on appelle D" (ou D seconde). Pour situer

l'action, comparons la Terre à une pêche. La croûte terrestre lui tient lieu de peau. Son épaisseur atteint 5 km sous le plancher océanique ; elle varie de 10 à 70 km sous les continents. Elle recouvre un manteau, la chair de notre pêche, qui s'étend jusqu'à 2900 km de profondeur. Sous le manteau, un noyau





## Faits et gestes de la planète

En coupe, le globe terrestre ressemble à une pêche. Comme elle, il se compose de trois parties principales.

**1. La croûte** (la peau du fruit), océanique ou continentale, atteint 5 à 70 km d'épaisseur.

**2. Le manteau** (la chair), s'étend jusqu'à 2 900 km de profondeur. On y distingue deux étages qui font frontière commune à 700 km sous nos pieds. Les 300 derniers kilomètres du manteau inférieur correspondent à une zone très active nommée **D''**.

**3. Le noyau**, composé d'une enveloppe liquide animée de mouvements vigoureux entourant une graine solide qui commence à 5 170 km.

La croûte et une partie du manteau supérieur constituent la lithosphère, une couche rigide formée d'une mosaïque de plaques. De grands courants de convection brassent tout le manteau. Le modèle d'une circulation séparée dans les deux étages du manteau est le plus plausible. Dans le manteau supérieur, ces déplacements souterrains entraînent un déplacement des plaques de la lithosphère ; voilà l'origine de la tectonique des plaques. Montant du manteau supérieur, des laves s'épanchent au niveau des dorsales, grandes chaînes de montagne pour la plupart océaniques. En se refroidissant, cette lithosphère, à mesure qu'elle se forme, repousse la lithosphère plus ancienne de part et d'autre de la dorsale. L'ancienne lithosphère finit par replonger dans le manteau au niveau des zones dites de "subduction". Des panaches de magma en provenance des couches profondes du manteau inférieur traversent régulièrement le manteau supérieur pour venir percer la croûte terrestre. Ces "points chauds" se produisent toujours aux mêmes endroits ; mais comme la croûte se déplace à cause du mouvement des plaques, les poussées successives de lave allument des volcans en chaîne, un peu comme un poinçon qui percerait des trous à la queue leu leu sur un tapis roulant.

constitué de deux parties : une grosse pellicule liquide épaisse de 2 270 km entoure la graine solide qui commence à 5 170 km sous nos pieds (voir dessin ci-contre).

Des pétrologistes ont donc exploré (à distance, s'entend) cette couche **D''**, qui englobe les 300 derniers kilomètres du manteau inférieur.

**D''** ne les a pas déçus : fortement hétérogène sur les plans thermique, chimique et conducteur, elle est triplement originale. On savait avoir affaire à une zone chaude, où la température augmente fortement : elle "grimpe", en effet, de 1 000 °C entre la base du manteau inférieur et la surface du noyau. On découvre aujourd'hui que cette zone est une frontière chimique : la base de la couche **D''** est le siège d'importantes réactions chimiques entre la pérovskite, silicate constituant majeur du manteau à cette profondeur, et le fer liquide de l'enveloppe du noyau. Pour observer ces réactions comme elles se produisent à cette profondeur, il a fallu soumettre un échantillon de pérovskite et de fer à une température de 3 500 à 4 500 °C et à une pression supérieure à 70



gigapascals (700 000 fois la pression atmosphérique). C'est ce qu'ont réussi Elise Knittle et Raymond Jeanloz, de l'université de Californie (1), grâce au seul instrument capable de recréer ces contraintes infernales, la cellule à enclumes de diamant. Les deux chercheurs ont, pour la première fois, constaté de visu que dans de telles conditions le fer pénétrait dans les silicates. Il ne s'agit pas là d'une fusion donnant lieu à des alliages, mais de l'interpénétration de deux matériaux qui gardent chacun leur identité. Cette migration en force du métal liquide autour des grains de pérovskite enrichit en fer les silicates du manteau. En revanche, il se forme de vrais alliages entre le silicium du et l'oxygène des silicates du manteau et le fer liquide du noyau.

La découverte est de taille. Cette simulation en laboratoire a permis, en effet, de vérifier que les roches du manteau en contact direct avec le noyau liquide réagissent avec lui. Ces réactions se limitent probablement à une épaisseur de 100 à 300 kilomètres, la forte densité du manteau ne leur permettant pas de pénétrer plus haut (sauf dans un cas précis, celui des "points chauds" – voir dessin p. 28). Les produits de réaction s'accumulent ainsi à la base du man-

teau ; ce sont ces dépôts qui font la couche D".

**Quant à la conductivité électrique**, troisième caractéristique remarquable de cette couche, elle découle directement de son hétérogénéité chimique. Elle est due au fait que les alliages fer-silicates et les produits d'interaction fer-pérovskite, qui ont des conductivités différentes, y figurent en proportions variables d'un endroit à l'autre de D". Ainsi, les silicates se comportent en semi-conducteurs pauvres avec une conductivité inférieure ou égale à 0,01 Siemens par mètre (unité du système international), tandis que les alliages de fer FeO et FeSi ont des conductivités proches de celle du fer, soit 1 million de S/m. Résultat : la conductivité électrique dans la couche D" varie de plus de huit ordres de grandeur, c'est-à-dire qu'elle peut être jusqu'à 100 millions de fois plus conductrice d'un point à l'autre. Cette extrême variabilité de la conductivité électrique de D", déviant sensiblement les lignes de champ magnétique provenant du noyau, expliquerait vraisemblablement certaines variations locales du champ magnétique terrestre. Car c'est l'enveloppe liquide du noyau qui engendre le champ magnétique terrestre (voir encadré p. 32).

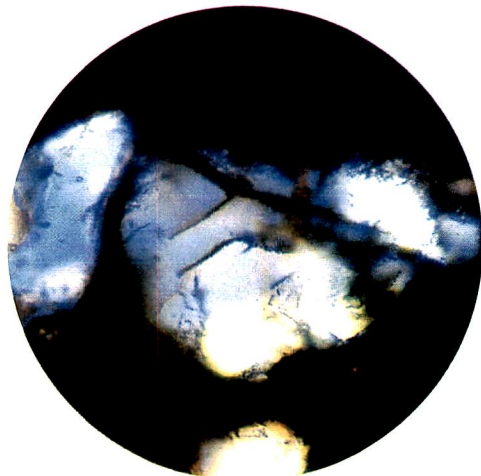
De la même manière que le fer monte dans le manteau, on peut imaginer que les silicates et les alliages légers plongent dans les couches superficielles du noyau, entraînés par le flux turbulent et liquide de celui-ci. Ces couches contiendraient donc de l'oxygène et du silicium, et dans une moindre mesure du magnésium. L'hypothèse a le mérite d'expliquer que le noyau soit environ 10 % moins dense que le fer pur.

Si on est réduit aux seules déductions quant au noyau et à la couche D", on est un peu mieux renseigné, en revanche, sur la composition minéralogique du manteau de notre Terre. Jusqu'au milieu des années 1980, on ne connaissait que sa composition chimique globale. On savait qu'il contenait du magnésium, du silicium, de l'oxygène et, en quantités plus modestes, du fer, du calcium et de l'aluminium. Mais comment se combinaient ces différents éléments chimiques ? Quels minéraux formaient-ils ? Les rares certitudes que l'on avait concernaient l'olivine, très abondante, voire majoritaire, du moins dans les premières couches. Ce silicate de magnésium et de fer (dont la pierre verte semi-précieuse connue sous le nom de péridot est une variété) est en effet très présent dans les roches du manteau éjectées lors d'éruptions volcaniques ou extrudées lors de la formation des montagnes et des continents. L'orthopyroxène, autre silicate, entre également dans la composition du manteau supérieur, car on le retrouve dans les basaltes, les plus répandues des roches

(1) "Earth's Core-Mantle Boundary : Results of Experiments at High Pressures and Temperatures", *Science* du 22 mars 1991, Elise Knittle, Raymond Jeanloz, University of California.

## Descente aux enfers en laboratoire

Cette photographie pourrait avoir été prise dans les entrailles de la Terre, à 400 km sous nos pieds. Elle montre la transformation du principal composant du manteau, l'olivine (**en jaune**), en un autre minéral, le spinelle (**en bleu**), sous l'action de la température et de la pression qui règnent à cette profondeur. Pour observer cette réaction sans aller voir dans le manteau, on a disposé l'échantillon de roches dans une presse de laboratoire particulièrement puissante : la cellule à enclumes de diamant (**voir encadré ci-contre**).





## LA LUNETTE QUI VOIT LE CŒUR DE LA TERRE

**P**our recréer en laboratoire les températures et les pressions des grandes profondeurs (5 500 °C et 400 gigapascals au centre de la Terre, soit 4 millions de fois la pression atmosphérique), on a conçu et fabriqué une presse de laboratoire exceptionnelle : la cellule à enclumes de diamant. Les échantillons minéraux reposent au fond d'une microcavité plus fine qu'un cheveu, pratiquée dans un joint métallique. L'ensemble est pris en étau entre deux diamants.

**Premier mérite du système :** les forces comprimant l'échantillon s'exercent alors sur une si petite surface qu'elles engendrent une pression qui n'aurait jamais pu être obtenue avec les plus grandes presses hydrauliques.

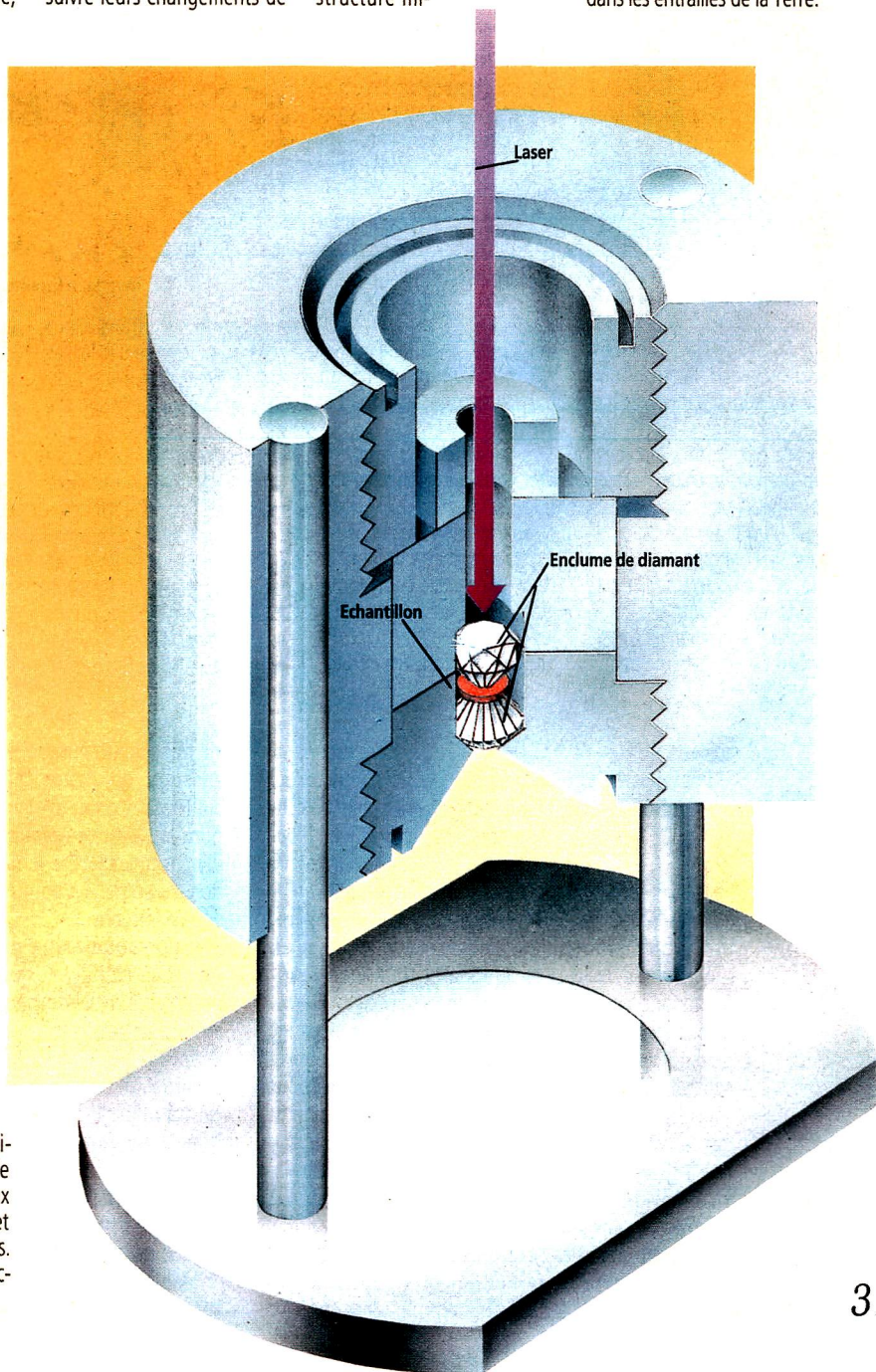
**Second atout :** la transparence des diamants permet de diriger un faisceau laser sur l'échantillon. Car les diamants ne chauffent pas, tandis que les minéraux, eux, absorbent les radiations du laser. Leur température peut ainsi être portée à plusieurs milliers de degrés sans endommager les diamants.

**A ces pressions et températures** se produisent des changements de phase minérale ; de nouveaux minéraux sont synthétisés et ils restent en général stables. Plusieurs techniques de spec-

troscopie optique ou par rayon X en permettent l'analyse. La microscopie électronique offre l'avantage de suivre leurs changements de

phase, de déterminer à la fois leur composition chimique et leur arrangement atomique, c'est-à-dire leur nouvelle structure mi-

nérale. On peut alors assister dans un fauteuil à la transformation d'une roche en une autre, telle qu'elle s'opère dans les entrailles de la Terre.



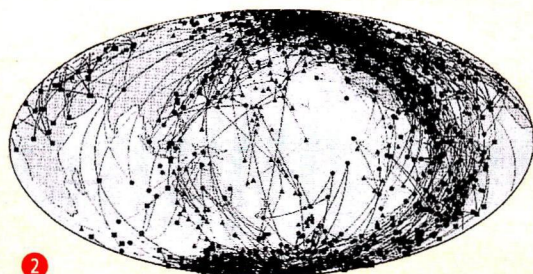


Toutes les méthodes employées par les scientifiques qui étudient la Terre ne font pas l'unanimité. Pour preuve, la polémique récente autour des travaux de deux équipes de recherches françaises : prenant le même sujet d'étude – les inversions du champ magnétique terrestre – mais procédant d'une méthodologie différente, leurs conclusions sont parfaitement contradictoires !

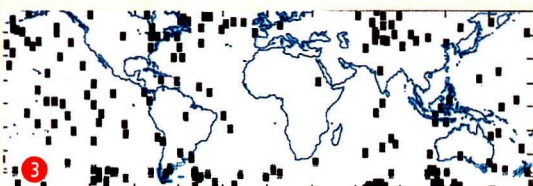
Le champ géomagnétique est engendré par l'enveloppe liquide du noyau, qui se comporte comme une dynamo auto-excitée : elle est animée de mouvements tourbillonnaires qui créent des courants électriques produisant un champ magnétique (**dessin 1**). Ce champ ressemble à celui qu'engendrerait un énorme barreau aimanté placé au centre du globe et légèrement incliné par rapport à son axe de rotation. Le champ obtenu serait alors dipolaire, avec un pôle nord et un pôle sud diamétralement opposés. En réalité, le champ terrestre résulte d'une composante principale dipolaire et de champs non dipolaires d'intensité moindre.

Plusieurs fois au cours de son histoire, la Terre a connu des inversions de son champ magnétique : les deux pôles ont échangé leur place. La dernière inversion remonte à 780 000 ans. Avant cette date et jusqu'à la précédente inversion, c'est le sud que l'aiguille d'une boussole aurait indiqué. Ces chassés-croisés s'effectuent en quelques milliers d'années à peine. Ils ont laissé des traces dans les empilements de coulées de lave et les dépôts de sédiments (**voir encadré p. 34**). Car les roches contenant des particules d'oxydes de fer s'aimantent selon les lignes de force du champ géomagnétique auquel elles sont soumises lors de leur formation : c'est le cas des laves, lorsqu'elles se refroidissent, et des sédiments qui se déposent au fond des océans.

En étudiant ces champs fossiles, le paléomagnétisme s'efforce de savoir ce qu'il advient du champ géomagnétique durant la transition. C'est tout récemment qu'une équipe française a eu l'idée de compiler les données sédimentaires disponibles sur les inversions des



Superposition des inversions récentes



Inversion Brunhes-Matuyama

dix derniers millions d'années (!). Au Centre des faibles radioactivités de Gif-sur-Yvette, Carlo Laj projette sur une mappemonde tous les pôles intermédiaires enregistrés par les sédiments au cours de ces inversions. Ces pôles sont ceux vers lesquels aurait successivement pointé l'aiguille d'une boussole posée sur les sédiments au moment où ils s'aimantaient. Surprise: la majorité de ces pôles géo-

magnétiques virtuels (PGV) s'alignent suivant deux bandes aux antipodes l'une de l'autre ; l'une court le long des Amériques, l'autre se déploie entre l'Inde et l'Australie (**carte 2**). Le champ géomagnétique se renverserait donc toujours selon le même processus en restant dipolaire : d'inversion en inversion, les PGV suivraient le même trajet.

Mais voici qu'une autre équipe française lance un pavé

volcaniques.

Pour savoir ce qui se passe plus en profondeur, on a recours, là aussi, aux cellules à enclumes de diamant. On a donc expérimenté des échantillons d'olivine et des autres minéraux du manteau supérieur (orthopyroxène, mais aussi diopside, grenat, etc.), que l'on a soumis à des pressions et à des températures grandissantes. Au cours de ce voyage jusqu'au noyau de la Terre, pratiquement tous les échantillons ont "craqué" : leurs atomes se sont rassemblés différemment pour former d'autres minéraux, de densité supérieure. Un exemple : le carbone est présent en petites quantités dans le manteau supérieur sous forme de graphite. Le graphite a donc été inscrit sur la liste des passagers. Lorsqu'il a franchi le cap des 5 gigapascals de pression, il s'est transformé... en diamant. En soumettant ainsi les éléments connus des premières couches du manteau à des températures et des pressions croissantes, on a pu dresser un modèle minéralogique plausible des autres strates. L'olivine, par exemple, s'est changée

en spinelle, un minéral constitué d'aluminate de magnésium, qui donne des pierres fines de toutes les couleurs. Ce changement s'est produit aux conditions physiques régnant à 400 km de profondeur, donc toujours dans le manteau supérieur. L'apparition du spinelle a pour effet d'élever de 10 % la densité de la roche.

**Et si l'on augmente** à nouveau température et pression pour simuler ce qui se passe à une profondeur de 700 km, celle du manteau inférieur ? Le spinelle se décompose alors en pérovskite et, dans une moindre mesure, en magnésio-wüstite ; ce qui accroît encore la densité de la roche de 10 %. La pérovskite est un minéral commun à la surface de la Terre (en France, on en trouve en particulier dans les Alpes), mais on n'avait jamais imaginé qu'elle constituât la majeure partie du manteau inférieur. Quant à la magnésio-wüstite, elle contient un oxyde bien connu proche de la rouille !

Maintenant que l'on connaît les principaux constituants du manteau, on s'efforce de trouver ceux qui



dans la mare. Vincent Courtillot et Jean-Pierre Valet, de l'Institut de physique du globe de Paris, remettent en cause la validité de cette étude (2). Motif ? «Une compilation de toutes les données enregistrées concernant plusieurs inversions privilégie les enregistrements pour lesquels on dispose d'un grand nombre de points. Ces données ne sont pas normalisées. Elles ne peuvent être comparées entre elles», affirment les chercheurs. De plus, la compilation précédente ne porte que sur les enregistrements de nature sédimentaire. Or les sédiments ne restituent pas toutes les variations du champ non dipolaire. Ils n'en saisissent que les grandes lignes.

Pour les deux chercheurs, une approche plus rigoureuse consiste à comparer, pour une même inversion, des sites d'enregistrement de nature sédimentaire et volcanique bien distribués autour de la Terre. C'est ce qu'ils ont fait en travaillant sur les cinq dernières inversions prises une à une. Résultat : les PGV se répartissent de manière aléatoire dans les cinq cas (dont un

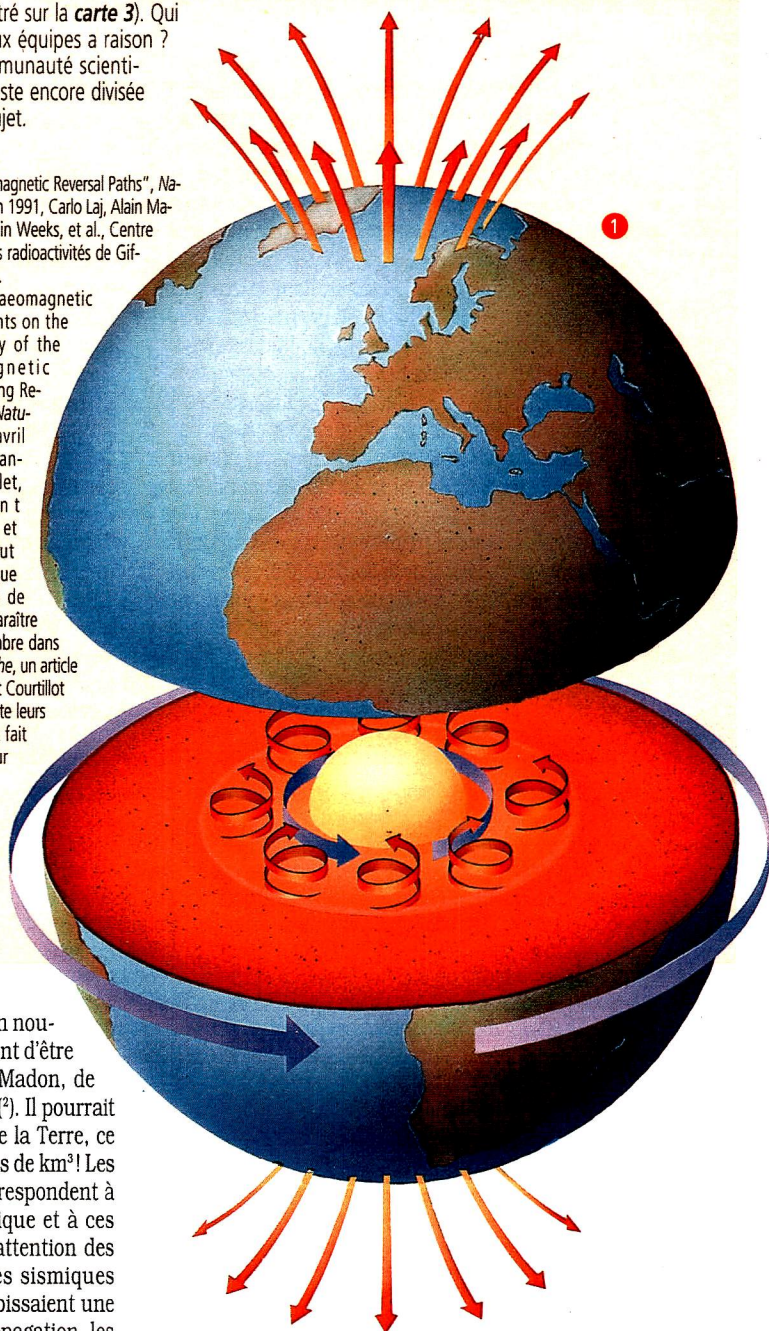
est illustré sur la **carte 3**). Qui des deux équipes a raison ? La communauté scientifique reste encore divisée sur le sujet.

(1) "Geomagnetic Reversal Paths", *Nature*, 6 juin 1991, Carlo Laj, Alain Mazaud, Robin Weeks, et al., Centre des faibles radioactivités de Gif-sur-Yvette.

(2) "Palaeomagnetic Constraints on the Geometry of the Geomagnetic Field during Reversals", *Nature*, 2 avril 1992, Jean-Pierre Valet, Vincent Courtillot et al., Institut de physique du globe de Paris. À paraître en septembre dans *la Recherche*, un article de Valet et Courtillot qui présente leurs travaux et fait le point sur le sujet.

y figurent en quantité moindre. Ainsi, un nouveau silicate d'aluminium très dense vient d'être découvert par Ahmed Zaïd et Michel Madon, de l'Institut de physique du globe de Paris (2). Il pourrait constituer 5 % du manteau inférieur de la Terre, ce qui représente une masse de 30 milliards de km<sup>3</sup> ! Les profondeurs de 400 et 700 km, qui correspondent à ces changements de phase minéralogique et à ces sauts de densité, avaient déjà attiré l'attention des sismologues. Observant que les ondes sismiques émises par un tremblement de terre subissaient une brusque variation de leur vitesse de propagation, les chercheurs en ont conclu qu'il devait y avoir un changement de densité des roches traversées (puisque la vitesse d'une onde augmente avec la densité du milieu traversé). On le sait maintenant : c'est à cause de ces changements de phase minéralo-

(2) "A High-Pressure Form of Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> as a Possible Host of Aluminium in the Lower Mantle", *Nature* du 3 octobre 1991, I. Ahmed-Zaïd, Michel Madon, de l'Institut de physique du globe de Paris (IPG).



gique.

Il serait excessif de croire qu'il n'existe aucun moyen d'accéder directement aux couches profondes du globe.

**Les volcans** offrent une voie d'accès royale au manteau dont ils ramènent des fragments à l'air libre : leurs laves charrient des morceaux de roches non fondues arrachés aux premières couches du man-



teau. Il arrive également que les chercheurs mettent la main sur des roches plus profondes : le record a récemment été battu en Afrique du Sud. Des fragments de grenat et de pyroxènes (silicates de fer, de magnésium, de calcium et parfois d'aluminium) ayant fait un voyage de plus de 400 km ont été découverts dans une mine désaffectée, par Violaine Sautter, du Laboratoire de géophysique et géodynamique interne du CNRS (université Paris Sud, Orsay), et Stephen E. Haggerty, de l'université du Massachusetts. Ces roches, les plus profondes jamais découvertes à ce jour, ont été arrachées à la paroi d'une cheminée volcanique par les éruptions.

**L'analyse des laves et des roches métamorphiques**, c'est-à-dire des roches altérées par la température et la pression, est elle aussi instructive. Il se trouve que les isotopes<sup>(2)</sup> présents dans ces roches ne sont pas affectés par leur fusion. Cette propriété permet à la géochimie isotopique de mieux connaître la genèse de la Terre (les différentes étapes de sa formation) ainsi que sa dynamique (les différentes forces

qui l'animent). Deux exemples récents en témoignent, qui illustrent chacun de ces deux domaines de recherche.

**Le premier concerne l'âge de l'atmosphère.** Le dégazage du manteau, qui est à l'origine de l'atmosphère<sup>(1)</sup>, s'est produit en majeure partie durant les 100 000 premières années de la Terre, voilà 4,4 milliards d'années. Une précision que l'on doit entre autres aux travaux de Philippe Sarda et Thomas Staudacher, de l'IPG. Les chercheurs ont eu l'idée d'utiliser l'argon comme chronomètre. Ils ont calculé le rapport entre deux isotopes de ce gaz rare, l'argon 40 et l'argon 36, présents dans les basaltes de toutes les grandes dorsales océaniques (de ces grandes failles sous-marines s'épanchent des laves en provenance du manteau supérieur qui forment de la croûte océanique fraîche). Le premier isotope, Arg 40, provient du potassium 40, un solide non concerné par le dégazage et qui se désintègre encore aujourd'hui : donc, la quantité d'Arg 40 dans le manteau supérieur ne cesse d'augmenter. Le second, Arg 36, a rejoint en

## L'INSTANTANÉ ET LE CINÉMA

**L**es inversions du champ géomagnétique impressionnent deux types de supports : les empilements de coulées de lave et les dépôts marins de sédiments découverts lors du retrait des mers (*photo ci-dessous*, carotages dans les argiles marines de l'île de Crète).

**Lorsque les coulées de lave se refroidissent, elles**

figent en quelques jours l'aimantation acquise par leurs oxydes magnétiques, la magnétite (la pierre à aimant) ou l'hématite. Cette aimantation rémanente a donc pour effet de fossiliser le champ du moment. L'orientation de ce champ se lit sur la roche. Son intensité se calcule au laboratoire : on soumet la roche à un champ magnétique dont on

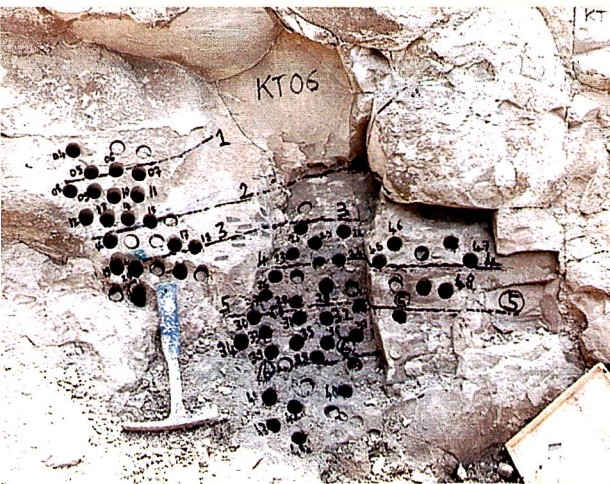
connaît les caractéristiques, et on compare sa nouvelle aimantation à celle d'origine. Deux coulées de lave refroidies avant et après une inversion ont une polarité magnétique opposée.

Voilà comment un empilement de coulées indique avec précision les époques où le champ était dirigé comme aujourd'hui et celles où il était inverse. Des coulées contemporaines d'une inversion apportent des éléments fort intéressants sur la structure du champ de transition et sur son intensité au moment de leur refroidissement. Mais leur chronologie comporte d'immenses plages d'amnésie. Les volcans ne sont pas en éruption en permanence !

**Les sédiments, eux, se déposent en continu**, même si leur vitesse de sédimentation varie. Toutefois la qualité de leur aimantation est inférieure à celle de la lave en raison de leur pauvreté en oxydes magnétiques. Deuxième défaut

des sédiments : ils manquent de précision. Ils contiennent en effet des particules magnétiques de différentes tailles qui ne s'immobilisent pas simultanément lors de leur compaction progressive. Les plus grosses se figent les premières, tandis que les autres continuent de suivre l'évolution du champ pendant quelque temps. C'est donc la résultante magnétique de l'aimantation des particules toutes tailles confondues que l'on mesure.

Avec leur long temps de pose, les sédiments fournissent une séquence étalée dans le temps dont l'image est floue. Elle n'a pu saisir les variations rapides du champ et n'en restitue que les grandes lignes. A l'inverse, les empilements de coulées de lave donnent un instantané du champ géomagnétique, un cliché net pris à un instant donné. L'idéal est bien sûr de trouver l'enregistrement de la même inversion par les deux types de support.







grande partie l'atmosphère ; sa concentration actuelle dans le manteau supérieur reste faible. Par conséquent, plus il s'est écoulé de temps depuis le dégazage, plus le rapport Arg 40/36 est élevé. A l'origine, ce rapport devait être pratiquement nul, le potassium 40 s'étant encore peu désintégré. Sa valeur avoisine aujourd'hui 30 000 dans les basaltes des dorsales, et donc dans le manteau supérieur. Pour les chercheurs, cette valeur très élevée ne peut être atteinte que si 4,4 milliards d'années séparent les deux rapports.

**Le deuxième exemple a trait aux mouvements de convection** qui animent le manteau. Ils sont créés par la lente évacuation de la chaleur interne de notre planète, un peu comme les courants de convection qui brassent l'eau d'une casserole sur le feu. Deux modèles ont été avancés pour représenter ces grands courants de convection. L'un propose une seule circulation générale dans tout le manteau. L'autre postule l'existence de deux étages convectifs superposés et indépendants. Dans ce dernier cas, le manteau supérieur et le manteau inférieur échangeraient peu de matière et auraient de ce fait chacun leur propre composition chimique.

La géochimie isotopique favorise le deuxième modèle. Elle montre, en effet, que le cocktail de roches du manteau inférieur, émises par les volcans engendrés par les "points chauds" (voir dessin p. 28) et différent de celles qui proviennent du manteau supérieur, qui sont, elles, éjectées par les éruptions des volcans classiques ou exsudées par les dorsales. Depuis une dizaine d'années, les chercheurs analysent systématiquement les basaltes des îles océaniques engendrées par les points chauds (l'archipel d'Hawaï,

## Volcans : d'où vient la lave

Certains volcans sont alimentés par le manteau supérieur ; d'autres, parce qu'ils se trouvent à l'aplomb de points chauds, reçoivent des panaches de magma en provenance du manteau inférieur. Le Teide, à Tenerife (Canaries), appartient à la deuxième catégorie. Actuellement, il se contente d'émettre des fumerolles.

La Réunion, la Polynésie, les Canaries...). Ils déterminent la quantité relative des isotopes présents dans ces roches pour en connaître la provenance. Chaque étage du globe contient en effet un cocktail d'isotopes qui lui est propre, et qui constitue en quelque sorte sa "signature isotopique". Dans tous les cas, l'assortissement isotopique des basaltes de ces îles est bien plus varié que celui des volcans "ordinaires", alimentés par le manteau supérieur. Autrement dit, le réservoir d'origine des points chauds doit se situer plus bas. Preuve supplémentaire que ce réservoir est indépendant du manteau supérieur : s'il en était autrement, il aurait subi comme lui le dégazage qui créa l'atmosphère. Et l'on n'aurait pas trouvé dans ces basaltes des gaz en quantités importantes comme l'hélium, l'argon ou le xénon.

Que sont donc ces points ? Quelle est leur cause ? Même si l'on n'y va voir, on finira bien par le savoir.

**Isabelle Bourdial**

(3) Les isotopes d'un élément chimique diffèrent par le nombre de protons que contient leur noyau. Ils ont donc le même numéro atomique mais une masse atomique différente.

(4) Cette atmosphère primitive a été créée par un cocktail de gaz s'échappant du manteau supérieur : azote, hélium, hydrogène, gaz rares, etc. Elle s'est ultérieurement enrichie en oxygène grâce à la photosynthèse des végétaux chlorophylliens.





CITROËN préfère TOTAL

Démarrage, accélération, reprise, endurance, la CITROËN ZX nouveau moteur turbo diesel a le souffle qui fait la différence : 92 ch DIN (67,5 kW CEE), 1905 cm<sup>3</sup> un couple moteur le plus fort de sa catégorie au plus bas régime (20,5 m.kg DIN à 2250 tr/mn), un confort et une tenue de route exceptionnels (essieu arrière à effet autodirectionnel) pour votre plaisir et votre sécurité.

Un moteur propre (réduction des émissions d'oxyde de carbone et d'azote) pour votre tranquillité et celle de la nature.

Un confort acoustique de haut niveau (insonorisation renforcée sous capot - nouveau système de post chauffage qui, en améliorant considérablement l'efficacité du démarrage par temps froid, réduit les bruits de claquement) pour votre bien-être. (Consommations : 4,3 l à 90 km/h - 6,2 l à 120 km/h - 7,2 l en cycle urbain.)

Vous apprécierez toute la puissance de la CITROËN ZX nouveau moteur turbo diesel et vous serez sensible à sa grande discrétion.

Relations clientèle 05.05.24.24 (appel gratuit) ou minitel 3615 CITROËN.

**CITROËN ZX.** L'AUTOMOBILE COMME VOUS L'ENTENDEZ.



**NOUVEAU TURBO DIESEL  
DU SOUFFLE POUR FAIRE LA DIFFERENCE.**



**CITROËN**



PAR LOUIS-PAUL DELPLANQUE ET CATHERINE REVAULT

# LE PREMIER CATALAN REVIT À TAUTAVEL

Grâce au Centre européen de préhistoire créé par le Pr Henry de Lumley autour de l'un des plus célèbres représentants de l'Europe préhistorique, l'homme de Tautavel, la paléontologie est dépoussiérée. L'ancien musée est aujourd'hui un lieu qui peut réellement intéresser tous les publics aux étapes de l'évolution, et c'est aussi un grand centre technique doté de réserves et de laboratoires destinés à accueillir des chercheurs de différentes disciplines. A l'époque des parcs d'attraction, l'exploit mérite un coup de chapeau\*.

**L**e premier Européen est désormais dans un supermusée : l'homme de Tautavel, du haut de ses 1,65 m, est le plus vieux des *Homo erectus* européens. Cet anténéandertalien, c'est-à-dire l'ancêtre de l'homme de Neandertal, vivait il y a 450 000 ans (1) dans le Roussillon. Il semble avoir eu une fin tragique : dévoré par ses congénères (2) ?

\* Pour tout renseignement : musée de la Préhistoire, 66720 Tautavel ; tél. : 16 68 29 07 76. Ouvert toute l'année, 7 jours sur 7.









L'ancien musée est devenu, depuis le 17 juillet, le plus moderne du monde. Pour la circonstance, les 300 m<sup>2</sup> d'origine ont été portés à 3 700, dont 1 700 pour les galeries publiques, 1 000 pour les réserves et autant pour les laboratoires du Centre européen de recherche préhistorique. On y a dépensé beaucoup d'imagination.

Jusqu'ici, le public devait se contenter, pour toute présentation, du moulage de l'ensemble du site tel qu'on l'avait mis au jour dans le calcaire bleuté de la Caune de l'Arago. Mais de tels restes ne sont pas très parlants pour le profane, même s'ils ont permis une approche extraordinairement précise. Avec près de 1 160 cm<sup>3</sup>, la capacité crânienne de l'homme de Tautavel peut paraître médiocre en regard de nos quelque 1 500 cm<sup>3</sup>. Elle était cependant supérieure à celle de son ancêtre immédiat, l'*Homo habilis*. Qu'on ne s'y trompe pas, en effet, les anténéandertaliens passés d'Afrique en Europe étaient déjà très évolués. Ils parlaient (?) et, à Tautavel, avaient domestiqué le feu vers - 400 000 ans. Ils organisaient leurs chasses et leurs campements, développaient des structures sociales, puis des traditions culturelles régionales, source de diversité et de pluralisme chez l'homme.

Les fouilles sont menées, depuis 1964, par le Pr Henry de Lumley, sur les vingt sols d'habitats préhistoriques s'étagant sur une épaisseur de sédiments de onze mètres. Elles ont permis de

constater que la grotte a été occupée par intermittence de - 700 000 à -100 000 ans. Les premiers ossements humains découverts furent les os de la face et du front de l'homme de Tautavel. Huit ans plus tard, on en retrouvait le pariétal droit. Des morceaux d'os bruns, sans grande éloquence pour le profane. Du site qui recelait ces restes, on put extraire par la suite 73 ossements, qui n'appartenaient pas tous à cet homme-là : entre autres, la mâchoire d'une femme d'environ quarante ans, une autre appartenant à un jeune adulte, les dents d'une vingtaine d'individus. La morphologie générale de la famille put alors être dessinée.

D'après le crâne, et grâce aux nouvelles techniques de reconstitution du visage, on a pu placer les muscles correspondants, en respectant les importances relatives des insertions musculaires. On sait maintenant à quoi ressemblait à peu près l'homme de Tautavel : front fuyant, puissant bourrelet au-dessus des orbites, basses elles aussi et rectangulaires, et, de plus, très écartées, crâne très rétréci derrière ces orbites, maxillaire massif. Ce travail a été surveillé par Marie-Antoinette de Lumley, laquelle souligne le caractère bien entendu arbitraire de la forme du nez et des lèvres, de l'importance du système pileux, de la couleur de la peau et des vêtements.

L'homme de Tautavel a donc été rebâti. Et on lui a même érigé une statue entière, en bronze, qui s'élève devant le Centre. Une copie vient d'être

inaugurée à Barcelone, le jour de l'ouverture des Jeux olympiques. Parallèlement, la Poste a émis (le 20 juin 1992) un timbre commémoratif à 3,40 F. Au musée de Tautavel, on s'est efforcé de restituer pour le public le monde dans lequel il évoluait : 96 vitrines animées, 18 dioramas, 10 consoles interactives proposant 8 films différents offrent au visiteur la possibilité de réaliser son propre scénario selon ses centres d'intérêt. Les images sont stockées sur disques optiques numériques ou sur vidéodisques. Six des dioramas mettent en scène dans une salle du sous-sol, ambiance sonore à l'appui, les activités de nos ancêtres du pléistocène moyen (période qui va de - 780 000 à - 130 000 ans) : chasse, alimentation, rapports avec les animaux de l'époque (bœuf musqué, bison, cheval, rhinocéros, loup, ours, castor), etc.

### Après la chasse...

Dans le nouveau musée, dioramas, film cinémascope, personnages grandeur nature mettent en scène différentes activités de l'homme de Tautavel. Ici, il revient de la chasse, un beau mouflon sur les épaules.





Dans une autre grande salle du sous-sol, la Caune de l'Arago, une grotte à 70 m au-dessus du Verdoube où l'on a exhumé les restes de l'homme de Tautavel – sans aucune trace de cendres, ce qui confirme qu'il ne connaissait pas encore le feu – a été reconstituée grâce à un moulage en grandeur réelle. Un film en cinémascope projeté sur les parois complète le tableau de ce que put être la vie de l'ancêtre dans son campement : taille des outils (plus de 100 000 outils taillés, en quartz principalement, ont été mis au jour), dépeçage et consommation du gibier. Le film montre même l'arrivée d'un ours qui vient s'installer, après le départ des hommes préhistoriques, dans la grotte de Tautavel pour hiberner ! Le film se termine par l'effondrement de la paroi du fond de la grotte, qui laisse apparaître le paysage actuel de la vallée de Tautavel ; dans le ciel, le passage d'un avion marque la fin du voyage dans le temps.

Au rez-de-chaussée, dans une galerie de passage, un diaporama présente sur un grand mur des paysages sous les divers climats qui ont régné depuis 700 000 ans, glaciaires ou torrides, et permet de suivre l'évolution de la plaine de Tautavel jusqu'à son état actuel. On peut aussi assister, en direct ou sur écran, aux fouilles – qui continuent à alimenter le musée et le Centre – et participer aux interprétations des résultats. Le musée devrait donc attirer tous les publics, aussi bien les écoliers du primaire que les personnes du "troisième âge", les enseignants du secondaire comme les vacanciers des plages voisines du Barcarès. Le Pr de Lumley a réussi là un ensemble culturel qui vaut largement les *Dinosaur Parks* américains, et dont le ca-



### ... le dépeçage du gibier

Il y a 450 000 ans, dans son campement installé devant la grotte de la Caune de l'Arago, le premier Européen découpe sa viande (plus d'un millier d'outils en quartz taillé ont été mis au jour sur le site) et la dévore crue. L'absence de trace de cendres montre en effet que l'homme de Tautavel ne connaissait pas encore le feu.

ractère est sans doute plus noble que certains parcs d'amusement d'inspiration américaine.

Il y a un demi-siècle, on se serait peut-être contenté d'exposer les vestiges d'ossements munis de fiches techniques. Mais la muséographie a évolué, et la paléontologie est de plus en plus accessible au public, à l'instar, il faut le dire, des grands musées américains, comme l'*American Museum of Natural History* de New York, qui ouvrit la voie il y a près de quarante ans.



PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

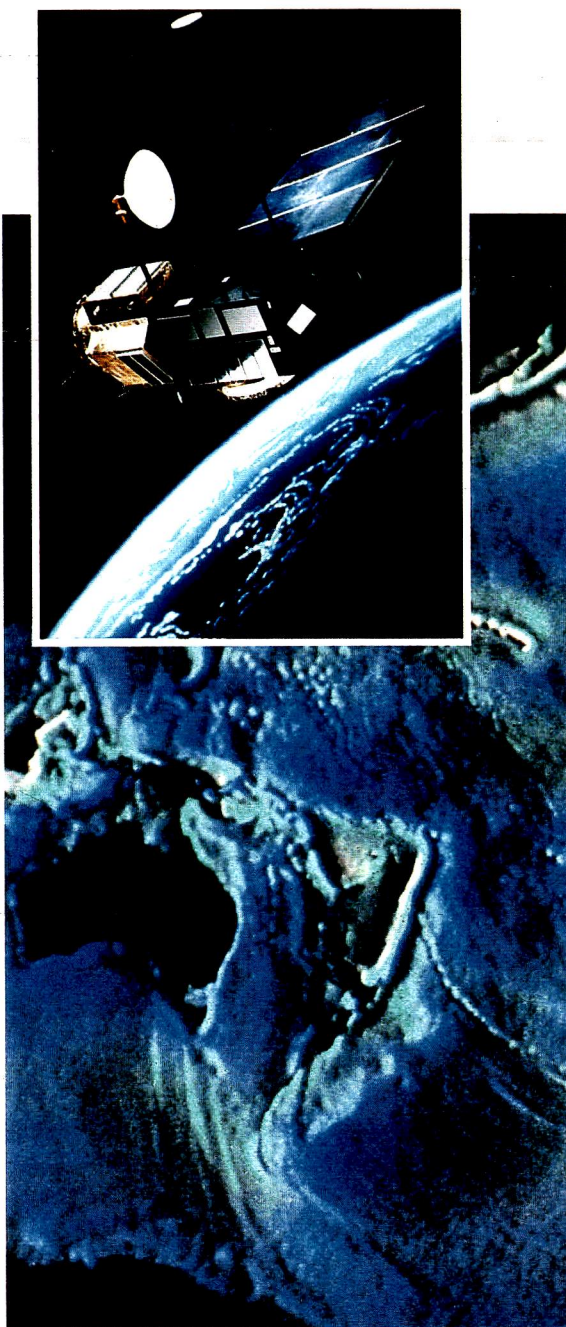
# LES SECRETS DU CLIMAT DANS LE RELIEF DES OCÉANS

Les océans commandent les climats. C'est pourquoi le satellite *Topex-Poseidon*, lancé le 10 août par Ariane, va dresser une carte en relief de leur surface. Les scientifiques en déduiront la vitesse et la direction des courants marins, qui règlent les échanges de chaleur. On saura ainsi si le climat va vraiment changer au siècle prochain.

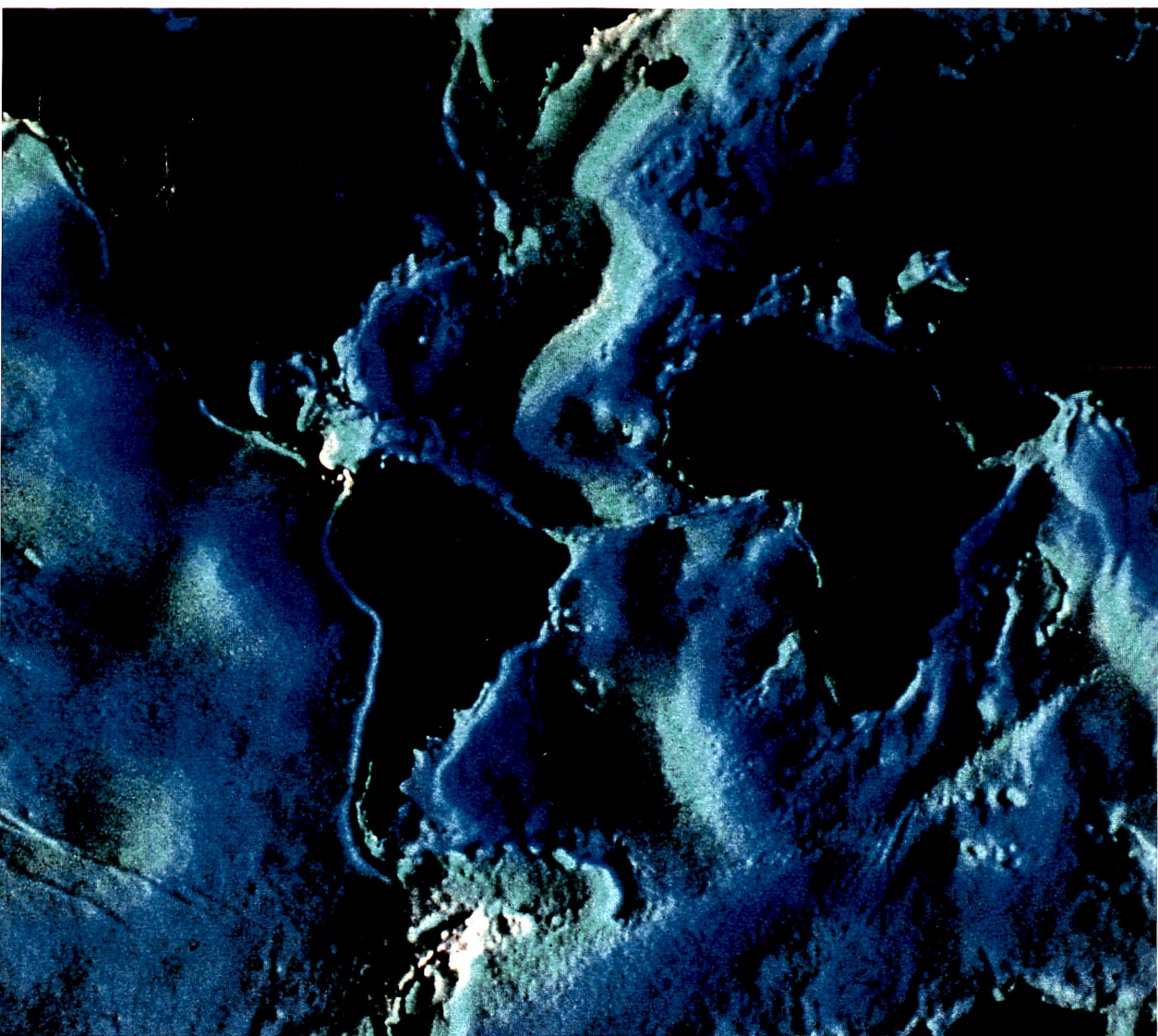
**L**a mer qu'on voit étale et lisse, par calme plat, n'est qu'une illusion. La mer a ses creux, ses pentes et ses collines, comme un paysage vallonné, et de plus ces reliefs bougent sous l'effet des courants et de tourbillons (*voir carte ci-contre*). Mais, même si l'océan était au repos, sa surface serait bosselée, simplement du fait de la gravité. La forme de la surface liquide dépend en effet de ce qui se trouve en dessous : les inégales densités des roches, les dorsales et les fosses océaniques, les zones de fracture – bref, les grands phénomènes géologiques de la tectonique des plaques – créent des écarts de masse, donc de gravité, qui se tradui-

sent par des variations de hauteur de l'eau atteignant près de 200 mètres.

A ce relief immobile, qui ne dépend que de la pesanteur et qu'on appelle "topographie statique", se superpose l'agitation des océans, transformant sans cesse leur surface au gré des courants et tourbillons engendrés par la rotation de la Terre, les vents, les transports de chaleur, etc. Tous ces mouvements produisent des écarts de hauteur de un à deux mètres en moyenne... soit 1 % seulement du relief immobile dû à la gravité ! Mais cette "topographie dynamique" est riche d'informations : car ce sont les courants qui impriment ces déformations à







la surface océanique, et ils jouent un rôle crucial dans la formation des climats.

Observer les reliefs imperceptibles des mers est donc la meilleure façon d'accéder à la circulation générale des courants et de là, peut-être, au changement climatique. Mais encore faut-il relever des cartes à la dimension des bassins océaniques, durant une longue période (pour prendre en compte les évolutions) et avec une précision centimétrique. Telle est la mission du satellite *Topex-Poséidon*.

*Topex-Poséidon* est le plus important projet en coopération franco-américaine jamais réalisé dans le domaine spatial ; il est mené par le CNES (Centre

### **Des collines d'eau de 200 mètres de haut**

Même par mer d'huile, la surface des océans n'est pas plate : elle présente des creux et des bosses dont l'amplitude peut atteindre deux cents mètres. Ce relief liquide provient essentiellement des différences du champ de pesanteur, dues aux inégalités des masses rocheuses de la croûte terrestre. Mais, en plus de cette topographie statique, la surface des eaux est animée de dénivelés moins importants – de l'ordre du mètre – dus aux courants et aux tourbillons qui l'agitent. Pour établir les cartes de cette topographie dynamique, et ainsi mieux connaître les courants et leur rôle dans l'évolution des climats, le satellite océanographique *Topex-Poséidon* emporte deux altimètres radar capables de mesurer, à 2 cm près, la hauteur de ces mini-reliefs mouvants.



national d'études spatiales) à Toulouse et le JPL (Jet Propulsion Laboratory) à Pasadena en Californie, pour le compte de la NASA. Le satellite, de fabrication américaine, a été lancé le 10 août dernier par la fusée européenne Ariane, avec six instruments à son bord consacrés à un unique but : mesurer les dénivellations de la surface des océans qui ne dépassent donc pas quelques centimètres ! Or, atteindre une telle précision suppose que la trajectoire du satellite soit déterminée avec une précision équivalente. Le satellite devra donc, d'une part, relever en permanence sa distance à la surface des mers, à quelques centimètres près, grâce à deux altimètres, *Topex*, américain, et *Poséidon*, français. Et d'autre part, et c'est de loin le plus difficile, il lui faudra connaître, à tout instant, sa position précise sur son orbite, à 10 cm près, grâce à un système de poursuite de la NASA et à *Doris*, le système d'orbitographie mis au point par le CNES (voir encadré ci-contre).

À 1 336 km au-dessus de nos têtes (cette altitude élevée a été choisie pour diminuer les frottements atmosphériques et les variations de gravité qui compliquent le calcul de la position), le satellite *Topex-Poséidon* survolera 90 % de la surface des océans, entre les latitudes de 66° nord et sud (seules seront donc exclues les régions polaires). Tous les dix jours, il repassera à la verticale des mêmes points. À chacun de ces cycles, survolant la planète comme un filet à mailles serrées, il parcourra et analysera plus de 3 millions de km<sup>2</sup> d'océans ; cela durant trois à cinq ans, voire plus.

Si tout va bien, l'observation commencera en février 1993, après sept mois de vérification et d'étalement des instruments. Périodiquement, les altimètres, qui effectuent eux-mêmes un prétraitement de leurs mesures, transmettront la distance du satellite à la surface de la mer, établie sur une zone de quelques kilomètres de diamètre, ainsi que la hauteur moyenne des vagues et la vitesse du vent sur cette même zone. À cette hauteur sera soustraite la position précise du satellite, déterminée par orbitographie, et, après plusieurs corrections, on obtiendra une carte de la surface de la mer, avec une précision de 2 cm sur une moyenne mensuelle à l'échelle de tout un bassin.

Bien sûr, les vagues et les fluctuations quotidiennes ont des amplitudes bien supérieures à ces 2 cm ! Car, en océanographie comme en météoro-

## UN SATELLITE POUR CARTOGRAPHIER

**L**a topographie océanique, c'est-à-dire le relief de la surface des mers, est la somme de deux composantes : la topographie statique, permanente, et la topographie dynamique, en constant mouvement puisque due à la circulation océanique. C'est cette dernière qui nous intéresse ici. La mission du satellite *Topex-Poséidon* consiste, en effet, à mesurer à la surface de tous les océans les légers reliefs dus aux vents et aux courants. Pour établir cette carte, le satellite doit mesurer – grâce à deux altimètres – sa distance à la surface de la mer qu'il survole, en même temps qu'il calcule – grâce à deux systèmes d'orbitographie – sa position précise. La différence entre ces deux mesures donne, après diverses corrections, la hauteur de la mer au point considéré.

D'un poids de 2 400 kilos, *Topex-Poséidon* emporte six instruments à son bord : trois pour mesurer la distance satellite-surface, et trois systèmes différents pour localiser sa trajectoire.

**L'altimètre principal** *Topex*, de la NASA, émet des impulsions radar qui sont partiellement réfléchies, et la durée de leur trajet aller et retour fournit la distance entre le satellite et la surface de la mer.

Le radiomètre micro-onde *Topex* complète l'altimètre. Il mesure le contenu en vapeur d'eau de l'air à la verticale du satellite, en analysant le rayonnement naturel à des fréquences appropriées. En effet, la vapeur d'eau altère la mesure de l'altimètre. Le radiomètre permet de corriger cet effet, et les mesures altimétriques atteignent ainsi une précision de 3 cm !

**L'altimètre *Poséidon*** conçu par le CNES, de fabrication entièrement française, fonctionne selon le même principe que *Topex* et ses performances devraient être du même ordre. Mais c'est un prototype, dont la masse, le volume, la consommation d'énergie sont beaucoup plus faibles que ceux de l'instrument de la NASA. De plus, l'essentiel des mesures est traité à bord, ce qui réduit d'un facteur 7 le

gic ou en climatologie, les grands écarts sur un temps court masquent souvent des variations plus significatives, plus faibles mais à plus long terme, comme l'arbre cache la forêt. D'où la nécessité, pour avoir une information utile, de réaliser des mesures très précises, et établies sur de grandes distances et de longues périodes.

Reste encore à soustraire de la carte en relief les oscillations des marées, atteignant, elles, plusieurs décimètres, et qui sont calculées par un modèle extérieur. Et, en dernier lieu, on comparera cette topographie dynamique à la topographie statique – autrement dit au relief immobile de la mer dû à la gravité, que l'on connaît grâce à des mesures et des observations antérieures (\*) – et on calculera la différence. Le produit final, stocké sur disque optique numérique, comprendra les mesures de hauteur



## LA SURFACE DES OCÉANS

débit des télécommunications avec la Terre.

**Le système d'orbitographie de la NASA** mesure la distance entre des réflecteurs embarqués sur le satellite et un réseau de douze stations laser au sol. Ces lasers ne peuvent traverser les couches nuageuses.

**Le système d'orbitographie Doris du CNES**, utilisé depuis deux ans sur le satellite *Spot 2*, est basé sur un réseau d'une cinquantaine de balises disséminées sur la planète. Il calcule la vitesse du satellite en mesurant le décalage de fréquence (par effet Doppler) des signaux émis par les balises.

**Enfin, un récepteur expérimental** américain sera testé ; il devrait permettre, dans l'avenir, un positionnement du satellite en continu.

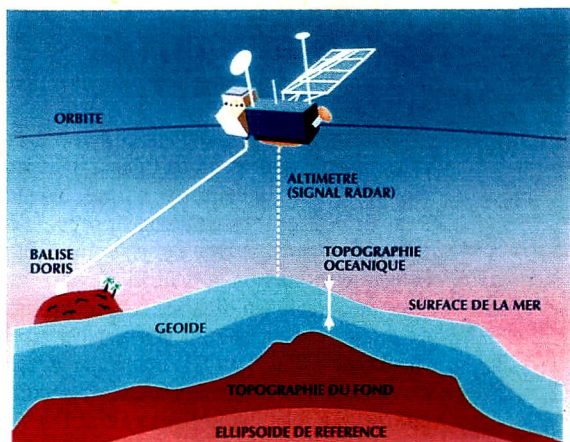
**Mesurer les vagues et le vent.** Les altimètres ne mesurent pas seulement l'altitude du satellite par rapport à la surface de l'océan : la forme du signal réfléchi renseigne aussi sur l'état de la mer. Si la mer est d'huile, le signal sera "pointu", s'il y a des vagues, il

sera plus "lissé". Le vent influe également sur la forme du signal : quand il souffle fort, il crée des petites vaguelettes qui dispersent l'énergie du signal de réflexion et l'affaiblit. Ainsi, en faisant la moyenne sur plusieurs impulsions, on obtient la distance au satellite avec une précision de 2 cm, et, en prime, la hauteur des vagues et la force du vent.

**La position du satellite à 10 cm près.** Pour cartographier la surface des océans depuis un satellite, encore faut-il parfaitement connaître la position de celui-ci. C'est là, et de loin, la principale difficulté de la mission *Topex-Poséidon*. Car les trajectoires sont généralement connues à quelques mètres près, alors qu'ici la précision recherchée est de 10 cm.

Certes, le système américain d'orbitographie mesure par laser la distance du satellite aux repères terrestres à 2 cm près, tandis que *Doris*, le système français, détermine la vitesse du satellite avec une précision de 3 mm/s.

Mais repères et balises ne sont pas toujours visibles, et



ces systèmes ne fonctionnent pas en continu : entre deux mesures réelles, la position du satellite doit donc être calculée à l'aide de modèles d'orbite. Ceux-ci prennent en compte toutes les forces régissant la trajectoire du satellite : frottement atmosphérique, pression de radiation solaire, enfin et surtout, gravitation.

Les modèles du champ de gravité terrestre doivent atteindre une précision inégale : il leur faut par exemple tenir compte des mouvements

tectoniques des plaques continentales, des marées terrestres (Paris monte et descend de 30 cm par jour par rapport au centre de la Terre), ou des irrégularités de la vitesse de rotation de la Terre ! Afin d'améliorer les calculs d'orbite, les modèles sont ajustés à l'aide des mesures réelles. Les deux systèmes de détermination d'orbite embarqués sur le satellite contribueront accessoirement à améliorer nos connaissances du champ gravitationnel de la Terre.

corrigées, plus la hauteur des vagues et la vitesse du vent. Les données altimétriques reflètent surtout la circulation des courants ; mais elles intègrent aussi les variations de volume des océans (la densité de l'eau varie légèrement en fonction de la température). Les scientifiques en tiendront éventuellement compte au moment d'exploiter ces données ; mais l'influence des variations de température ne se fait probablement sentir que sur de grandes échelles de temps, plusieurs dizaines d'années au moins. A partir des mesures du relief marin, les chercheurs pourront donc calculer directement la vitesse et la direction des courants, ce qui est le but de la mission *Topex-Poséidon*.

(1) Les mesures du satellite *Topex-Poséidon* permettront par la suite d'améliorer les modèles de marées, et également les connaissances détaillées de la topographie statique.

Car les "pentes" des océans, qui s'étendent sur des milliers de mètres, reflètent étroitement la vitesse des courants. Les vents, qui poussent les eaux de surface et façonnent ainsi les courants, élèvent le niveau des mers vers l'avant : par exemple, sous l'influence des alizés, le Pacifique Sud est généralement plus élevé de 50 cm vers l'ouest, c'est-à-dire vers l'Asie, que vers l'Amérique du Sud. Lorsqu'ils connaîtront ces dénivellations à 2 cm près, les chercheurs en déduiront la vitesse des courants sur tout un bassin océanique, et de là leur énergie cinétique. On pourra ainsi quantifier, par exemple, la chaleur transportée par des courants comme le Gulf Stream, et étudier les zones de la planète où l'océan est très "énergétique", et où il exerce le plus d'influence sur les climats.

La fonction principale des courants, sur le plan



climatique, est en effet le transport de la chaleur depuis l'équateur vers les pôles. Cette redistribution de l'énergie solaire sur le globe est le véritable moteur du climat : elle est assurée, à part à peu près égale, par l'atmosphère et par l'océan.

La circulation océanique résulte de différentes contraintes : en surface, ce sont d'abord les vents – qui communiquent une partie de leur énergie aux eaux superficielles, et les entraînent dans leur direction. En profondeur, par contre, les masses d'eau se déplacent essentiellement sous l'effet des différences de température et de salinité. Et puis, l'océan réagit aussi à la rotation terrestre, avec la force de Coriolis qui dévie les courants d'ouest en est dans l'hémisphère Nord, et en sens inverse dans l'hémisphère Sud. Tout cela donne une circulation globale décrivant de grandes boucles (*voir cartes ci-contre*). La localisation des courants est bien connue, en particulier grâce aux navigateurs, mais il ne s'agit que d'une connaissance qualitative. *Topex-Poséidon* apportera, pour la première fois, des informations quantitatives qui seront introduites dans des modèles théoriques, comme c'est déjà le cas en météorologie. On pourra en particulier quantifier les transports de chaleur par les courants, qui déterminent une grande part des climats.

L'océan mondial est en effet parcouru par un gigantesque circuit thermique en surface et en profondeur (*voir carte p. 49*). Les courants superficiels chauds se dirigent, suivant plusieurs chemins, des tropiques vers les mers polaires. Là, les eaux de surface se refroidissent, cédant leur chaleur à l'atmosphère (grâce à cet apport calorifique, le Nord de l'Europe jouit d'un climat assez doux par rapport à celui de Terre-Neuve ou du Canada, situés à la même latitude). Plus froide, donc plus dense, l'eau de surface "s'enfonce" alors dans les profondeurs de l'océan, jusqu'à plusieurs milliers de mètres. Ce grand brassage de masses d'eau ne se produit qu'en quelques lieux limités des océans : car, en règle générale, les eaux de surface, plus chaudes, se mélangent assez peu aux eaux froides des profondeurs, et l'océan reste stratifié par couches. Ces "sources d'eaux profondes", comme on appelle les aires où les eaux de surface "plongent" au fond des mers, sont situées aux hautes latitudes, l'une des plus importantes étant la mer de Norvège, au nord de l'Atlantique.

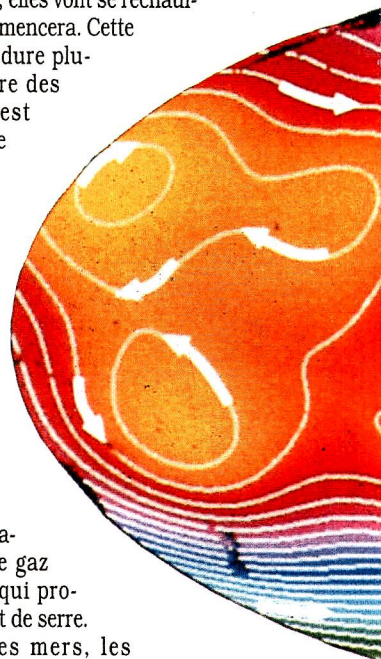
Partant des sources d'eau profondes, la circulation, extrêmement lente, des courants d'eau froide s'amorce à plusieurs milliers de mètres au fond des océans, et s'établit en sens inverse de celle des eaux chaudes. Arrivées dans les zones équatoriales, les eaux profondes remontent vers la surface aux



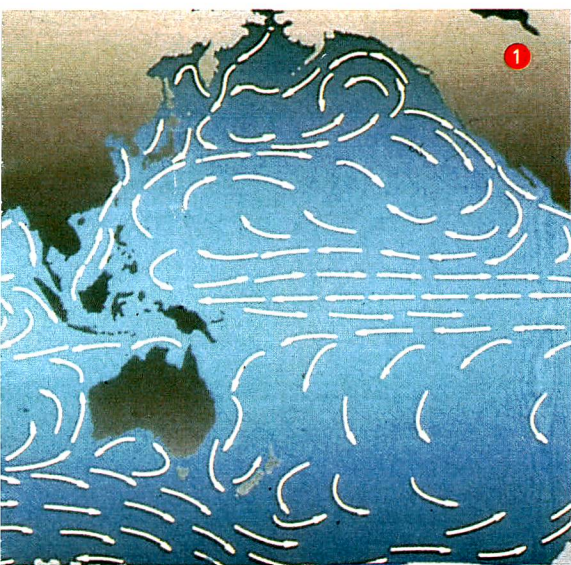
abords des côtes ; là, elles vont se réchauffer, et le cycle recommencera. Cette circulation globale dure plusieurs siècles, voire des millénaires... C'est donc à cette échelle de temps que se mesure l'influence de l'océan profond sur les climats.

Mais les océans participent à l'équilibre climatique pour une autre raison : ils absorbent, transportent et stockent non seulement la chaleur, mais aussi le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), qui provoque le fameux effet de serre.

À la surface des mers, les échanges avec l'atmosphère sont suffisamment rapides pour que s'établisse un équilibre avec l'atmosphère : la teneur en gaz carbonique est à peu près la même dans ces deux "réservoirs". Et, de fait, les mesures de pression du  $\text{CO}_2$  dans l'eau de mer montrent que les océans absorbent actuellement environ 30 % du gaz carbonique supplémentaire d'origine humaine. Mais on ne peut pas exclure qu'à terme les eaux super-

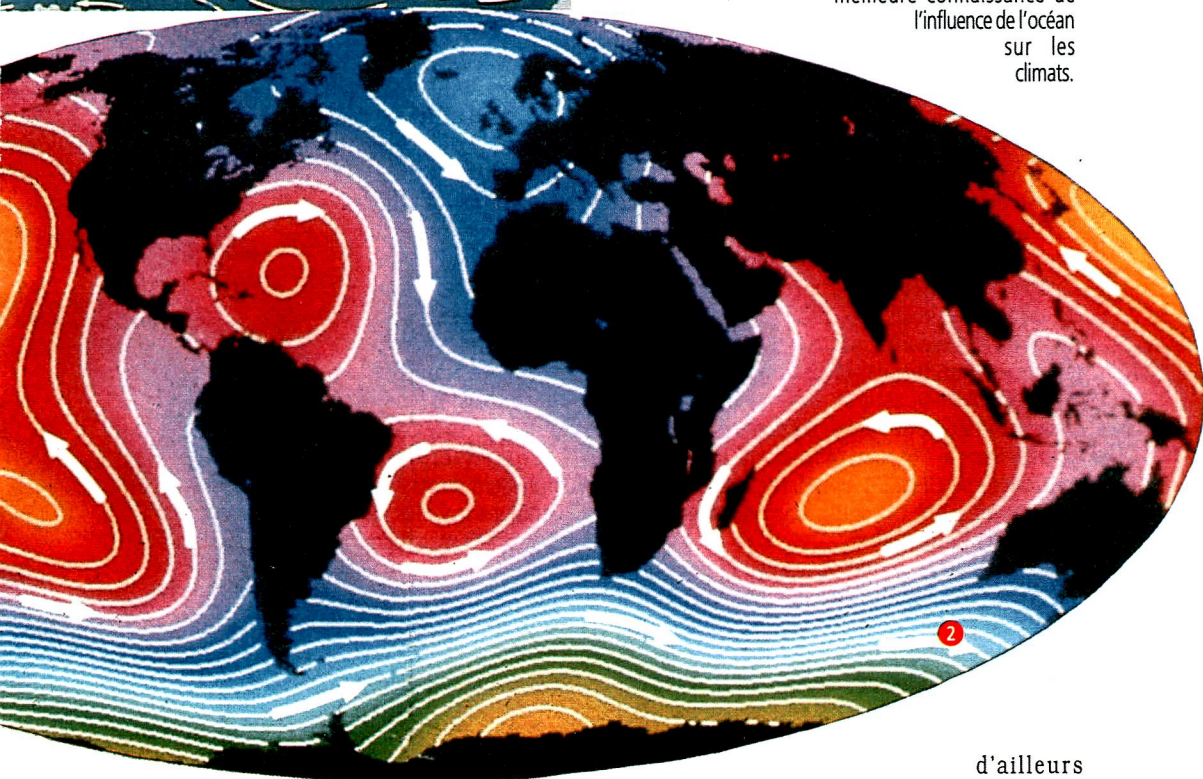






## La mer mesurée de l'espace à 2 centimètres près

La circulation générale des courants marins est dominée par de larges boucles qui tournent dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord et dans le sens opposé dans l'hémisphère Sud. Ces orientations sont dues à la force de Coriolis, qui résulte de la rotation de la Terre. Si la carte de ces courants est largement connue (1) grâce aux observations des navigateurs et, plus récemment, aux relevés des navires océanographiques, cette connaissance est partielle et imprécise. Entre 1985 et 1989, le satellite Geosat, en relevant le relief de la surface des mers (2 – le rouge représente les bosses et le bleu les creux), confirme ce que l'on savait de la circulation globale, mais ses données ne sont pas encore très précises. La mission Topex-Poséidon mesurera la hauteur des mers à 2 cm près, ce qui permettra de connaître avec grande précision la vitesse des courants, et donc leur énergie à l'échelle de tout un bassin océanique. Et, à partir de là, d'avoir une meilleure connaissance de l'influence de l'océan sur les climats.



ficielles arrivent à saturation en gaz carbonique : tout dépendra alors de la vitesse à laquelle l'océan profond peut absorber le  $\text{CO}_2$ .

Le réchauffement climatique futur modifiera

d'ailleurs l'absorption du gaz carbonique par les océans : certains modèles montrent, par exemple, que le grand circuit de transport de chaleur entre les régions polaires et équatoriales, décrit plus haut, sera affaibli : de ce fait, le mélange entre eaux de surface et eaux profondes se fera moins



bien, et l'océan profond absorbera moins de gaz carbonique venu de la surface. Ne pouvant écouler leur  $\text{CO}_2$  vers le fond, les couches océaniques superficielles en absorberont moins, elles aussi, et il en restera davantage dans l'atmosphère : d'où un renforcement de l'effet de serre, puis un réchauffement... Cette "rétroaction positive", ou si l'on veut cet "effet boule de neige", n'est qu'une des multiples interactions à prendre en compte dans les modèles de climat, où les courants interfèrent avec les températures, la composition de l'atmosphère ; sans oublier la biosphère, car le plancton et la végétation marine tiennent un rôle clé dans le cycle du carbone...

La circulation des courants océaniques est essentielle pour expliquer les climats locaux et prévoir les changements climatiques à long terme. Mais les courants déterminent aussi les changements climatiques à court terme, comme le montrent les phénomènes *El Niño*, ainsi baptisés ("l'enfant Jésus" en espagnol) parce qu'ils se produisent généralement au mois de décembre. Tous les trois à sept ans, pour des raisons atmosphériques maintenant bien comprises, le régime des vents alizés s'affaiblit dans le Pacifique Sud, ce qui a pour conséquence de freiner la remontée des eaux froides issues des profondeurs le long des côtes péruviennes. Les courants chauds du Pacifique se déplacent alors d'ouest en est, inversant la pente de l'océan : le niveau de la mer s'abaisse d'une cinquantaine de centimètres à l'ouest et s'élève à l'est. Cette inversion des courants est escortée de nombreux cataclysmes météorologiques en Amérique du Sud, Australie, Indonésie et Afrique du Sud. Une des tâches confiées au satellite *Topex-Poséidon* sera de mesurer quantitativement la variabilité de l'océan Pacifique à l'échelle de l'année, dans le cadre du programme TOGA (*Tropical Ocean and Global Atmosphere*), lancé en 1985 pour modéliser et permettre une bonne prévision des phénomènes *El Niño*.

Mais le satellite *Topex-Poséidon* est surtout la pièce maîtresse du programme mondial WOCE (*World Ocean Circulation Experiment*). Lancé en 1990 pour dix ans, WOCE réunit 40 pays, dont la France qui y participe très activement, avec pour objectif l'étude de la circulation océanique globale et ses relations avec l'évolution du climat. Les mesures du satellite océanographique franco-américain seront exploitées dans ce but.

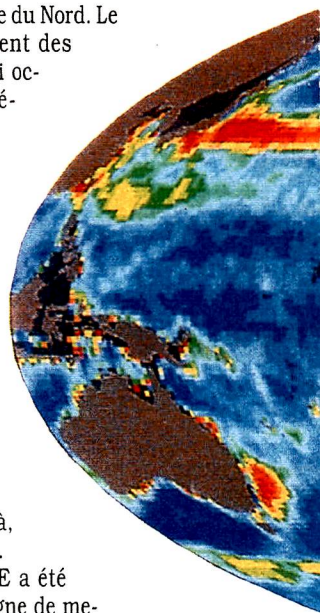
*Topex-Poséidon* permettra par exemple, on l'a dit, de repérer les aires de grande variabilité de la circulation océanique, liée aux changements climatiques (voir carte 2 ci-contre) ; de mesurer les flux de chaleur entre l'océan Indien et l'Atlantique, dans le Gulf Stream, ou encore dans les courants



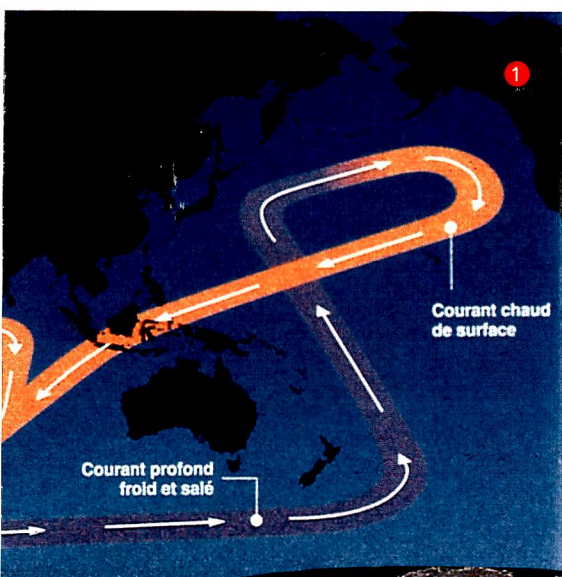
chauds au large de l'Europe du Nord. Le satellite fournira également des données sur un océan qui occupe une position stratégique pour les climats : l'océan Sud, qui entoure le continent antarctique ; parcouru par le courant circumpolaire, c'est le seul océan qui soit en contact avec tous les autres. *Topex-Poséidon* surveillera aussi les variations globales du niveau des mers, pour voir si le réchauffement dû à l'effet de serre a déjà, ou va bientôt commencer...

Dans le cadre de WOCE a été lancée une grande campagne de mesures en mer à partir de navires océanographiques : flotteurs immergés à différentes profondeurs, enregistreurs de gradients de température, courantomètres, marégraphes – outre l'intérêt évident de leurs propres expériences – fourniront des validations et des calibrations aux mesures spatiales.

Mais seuls les satellites offrent une vision globale des océans. Les données quantitatives sur les vitesses de courant, déduites des hauteurs de mer

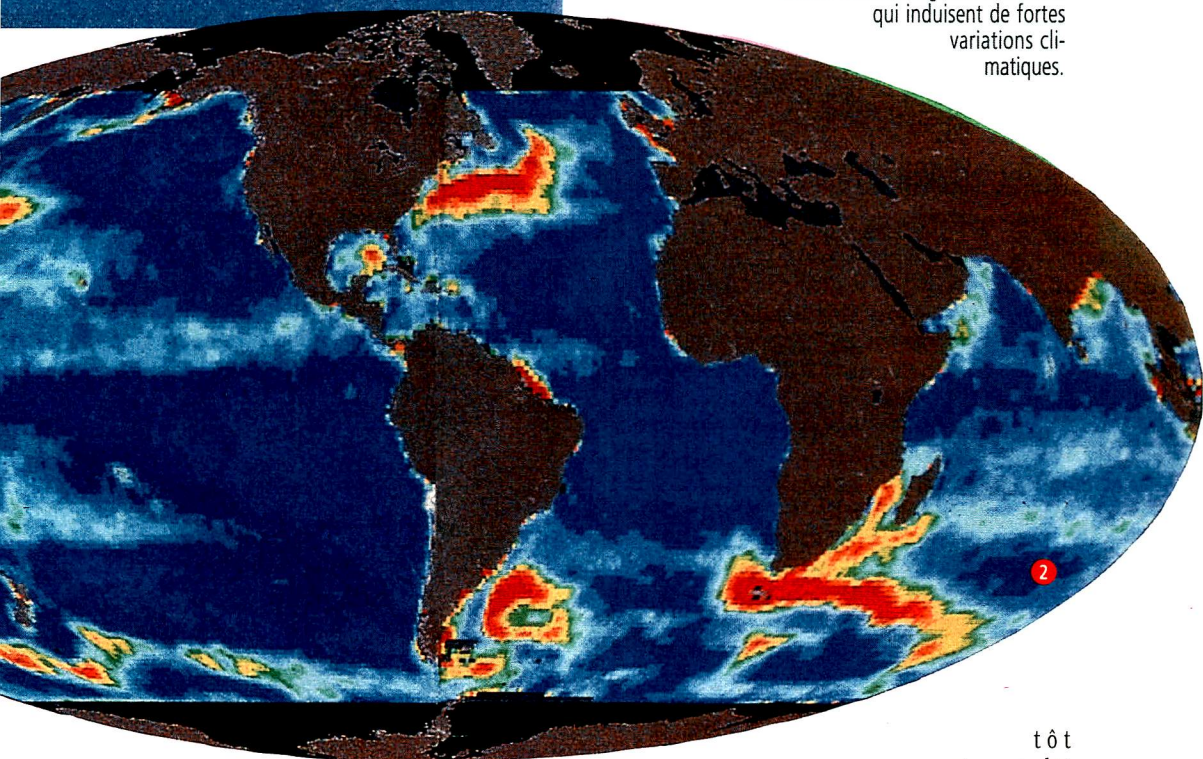






## L'océan aussi agit sur le climat

Les océans transportent autant de chaleur de l'équateur vers les pôles que l'atmosphère (1). Les eaux chaudes de surface, parvenues dans l'Atlantique Nord, se refroidissent et "plongent" à plusieurs milliers de mètres. De là, les courants profonds d'eau froide se dirigent lentement vers le sud, où les eaux remontent et se réchauffent, pour recommencer leur circuit. Le cycle dure plusieurs siècles, voire plus de mille ans. C'est pourquoi l'océan induit un effet retard dans l'évolution à long terme des climats. Mais l'océan joue aussi un rôle majeur dans l'établissement des climats à plus court terme. La variabilité de la circulation océanique dans le temps a été relevée entre 1985 et 1989 par le satellite Geosat en mesurant la hauteur des mers de façon répétée sur les mêmes points. La carte établie d'après ces mesures (2) montre que les fortes variations (en jaune et rouge) se retrouvent surtout en bordure ouest des océans, zones où l'on observe fréquemment d'importants changements dans les régimes des vents, qui induisent de fortes variations climatiques.



mesurées par *Topex-Poséidon*, seront intégrées à des modèles océaniques, qui seront ensuite couplés avec des modèles atmosphériques. En entrant dans l'ère spatiale, l'océanographie est aussi entrée dans celle de la modélisation. On espère bien-

tôt  
comprendre  
plus précisément  
comment, aujourd'hui, les  
océans répondent aux influences atmosphériques,  
et ainsi mieux prévoir les très probables change-  
ments climatiques du prochain siècle : un enjeu  
majeur, pour le monde entier...

**Hélène Guillemot**



PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

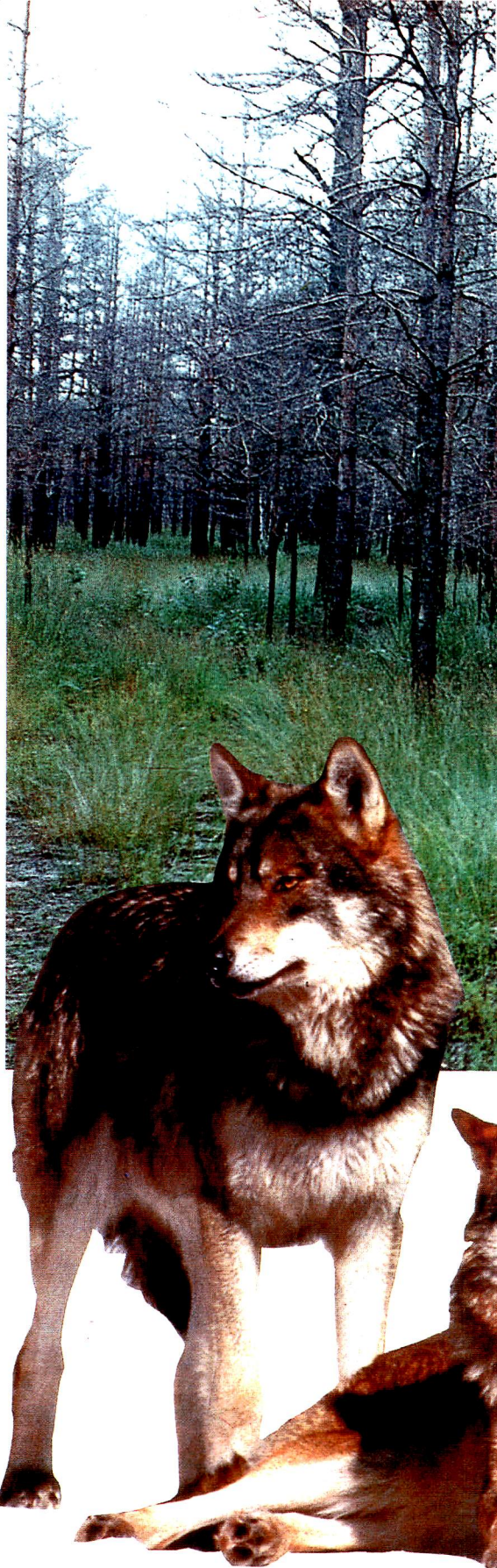
# TCHERNOBYL: LES ANIMAUX PRENNENT LE POUVOIR

Six ans après l'accident de Tchernobyl, les animaux sauvages font la loi dans une vaste zone de la forêt contaminée par la radiation et abandonnée par l'homme. Ils ont, peut-être, encore un siècle de liberté devant eux, avant que l'homme se hasarde à y revenir.

**D**es porcs à deux têtes, des veaux à six pattes, des rats géants hanteraient les forêts radioactives voisines de Tchernobyl. Ou, plutôt, auraient hanté ; car personne ne dit plus en voir. Il faut, pour se persuader de leur existence éphémère, se rendre non loin de là, à Jitomir, où l'institut agricole a rassemblé quelques exemplaires du musée des horreurs nucléaires, surnommé "musée de l'Avertissement".

Quoi qu'il en soit, il reste une zone de quelque 2 000 hectares, autrefois exploitation forestière et agricole, abandonnée par l'homme. Les animaux sauvages, loups, renards, visons, sangliers, cerfs, lièvres, rongeurs et autres y ont pris le pouvoir. Des oiseaux migrateurs y passent par millions, s'arrêtant pour s'alimenter et, par la même occasion, faire le plein de radionucléides (1) qu'ils emportent dans les contrées lointaines où ils passent l'hiver. Les animaux domestiques, quant à eux, serveurs de l'homme et dépendants de sa protection, n'ont pas survécu. Ils ont été dévorés ou, incapables de subvenir à leurs besoins, sont morts de faim ou de froid.

(1) Éléments chimiques instables qui se transforment en émettant des radiations.







### **Pendant que l'homme n'y est pas...**

... le loup se promène dans les bois. La «forêt rousse», près de Tchernobyl, qui tient son nom de la couleur des aiguilles de pin brûlées par les radiations, semble aujourd'hui revivre. Débarrassés de la présence de l'homme, les animaux sauvages – loups, renards, sangliers, etc. – s'y sont reproduits et ont rétabli une sorte d'«équilibre écologique».

Scientifiques ukrainiens et russes ont tenté de reconstituer les événements dramatiques qui ont conduit à un tel bouleversement de la faune et de la flore de cette région à la suite de l'explosion, en avril 1986, du réacteur n° 4 de la centrale, qui a rejeté alors des tonnes de radionucléides.

Mais cela n'est pas simple, comme le constate Léonid Ivanovich Frantzévich, biologiste et



membre de l'Académie ukrainienne des sciences. En effet, la plupart des animaux sauvages qui se trouvaient dans les zones des plus fortes retombées sont morts ; des cadavres portant des brûlures cutanées témoignèrent alors de doses rapidement mortelles. Mais les autres ?

Frantzévich, qui a visité la région maintes fois depuis l'accident, explique : « Lorsque des mutations se produisent chez les plantes, par exemple l'apparition de feuilles blanches ou d'aiguilles de pin géantes, nous pouvons les voir. Mais si un animal malformé naît, il y a de grandes chances pour qu'il soit vite dévoré. Pendant l'hiver qui a suivi l'accident, on pouvait voir dans la neige fraîche les traces des renards à travers champs et clairières. Chaque jour, et même deux fois par jour, ils "rattissaient" chaque hectare de terrain. S'il y avait là un lièvre malade ou une souris à six pattes, ils n'auraient pas survécu une seule nuit. »

Ce qui est évident, en revanche, c'est le changement écologique qui s'est produit dans la région. La forêt a été littéralement brûlée par de très fortes retombées radioactives. On l'appelle maintenant la « forêt rousse ». « Ce fut une véritable catastrophe écologique, déclare Frantzévich : la mort des pins et, en fait, de la base de toute la chaîne alimentaire. » A la surface du sous-bois, la pollution radioactive s'est concentrée à un niveau colossal, carbonisant tous les invertébrés. Même les insectes résistants à la radiation, comme les fourmis, ont été éliminés, peut-être par suite de la disparition de leurs ressources alimentaires.

« J'ai vu moi-même la forêt rousse dès août 1986 [quatre mois après l'accident], dit Frantzévich. Elle représentait alors une surface de 150 à 200 hectares, incluant quelques champs et clairières. « Lorsque nous avons travaillé en lisière de la forêt, il y avait encore de l'herbe verte, les fleurs s'épanouissaient, et les papillons voltigeaient. Lorsque nous sommes venus au même endroit un an plus tard, les arbres étaient secs. Les aiguilles des pins étaient brûlées par la radiation. » Normalement, les aiguilles de pin vivent trois ans et se renouvellent automatiquement, de sorte que les arbres sont toujours verts : au moment de l'accident, ils ont



### Les rescapés de la forêt brûlée

Quelques sapins, irradiés (*photo ci-dessus*), ont survécu sous une forme inhabituelle : une touffe d'aiguilles au sommet d'un tronc dénudé. Un jeune chêne a repoussé (*photo page ci-contre*). Ses feuilles géantes et asymétriques résultent sans doute d'une atteinte génétique.

perdu toutes leurs feuilles et sont morts. « D'où un risque très élevé d'incendies par la cime des arbres, incendies qui peuvent se propager à la vitesse du vent. De tels feux auraient pu soulever un courant d'air chaud, porteur de radionucléides. C'est pourquoi nous avons enterré la forêt rousse. » A coups de bulldozer...

Aujourd'hui, les arbres morts voisinent avec les arbres vivants. L'herbe repousse, les bouleaux ont lancé des rejets, dotés de chromosomes plus petits, offrant une cible réduite au rayonnement. La forêt commence à revivre.

Les populations animales aussi ont été chamboulées. Avant d'abandonner la région, les hommes avaient abattu la plupart des animaux domestiques, y compris les chats et les chiens, de peur



qu'ils ne contractent la rage. Heureusement, il n'y a pas eu d'épidémie. Les gros chiens qui n'avaient pas été tués ont formé des meutes, mais ce sont des animaux domestiques ; ils ne sont pas habitués aux conditions de la vie sauvage. Le rude hiver fut pour eux une épreuve difficile ; ceux qui ont survécu se sont rapprochés des hommes.

Le nombre des rongeurs, sans doute aussi victimes de la radiation, a diminué sensiblement pendant les semaines qui ont suivi l'accident. Dès l'année suivante, en revanche, ils sont revenus en force. Ils ont profité des récoltes, restées sur pied, et de certaines cultures (blé, maïs, betteraves, pommes de terre) qui se sont perpétuées malgré les mauvaises herbes. Il restait aussi des produits alimentaires dans les maisons, et toutes sortes de débris.

Ces rongeurs venaient pour la plupart de régions voisines, moins polluées, comme en témoignent leurs faibles concentrations en radionucléides. «Ce fut une explosion démographique», écrit Frantzévich, dans un ouvrage collectif intitulé *Autour de Tchernobyl* et publié par le centre de recherches de Pripiat, fondé il y a deux ans par le ministère ukrainien de l'Energie atomique. «L'année 1987 fut l'année de la souris. Dans les champs, aussi bien dans les endroits peu contaminés que dans les régions proches des réacteurs et très contaminées, elles pullulaient, jusque dans les lieux habités... A tel point que les souris grimpaient sur les gardiens endormis, et les



rats envahissaient les rues.» Par endroits, les rats des champs ont été un millier par hectare. S'ils avaient été cinquante à soixante-dix, ils auraient merveilleusement passé l'hiver, mais leur nombre était tel qu'ils ne disposaient de nourriture que pour

un mois à un mois et demi. «En 1988, il ne restait là pratiquement ni souris, ni oiseaux. L'année suivante, leur nombre a un peu augmenté.»

Les renards, profitant de la manne que constituaient les rongeurs, ont proliféré à leur tour. Libérés de la menace constituée par l'homme, loups, sangliers, visons et cerfs se sont multipliés aussi. Le Pr Feodor Anatolievitch Tikhomirov, directeur du laboratoire de radioécologie de l'université de Moscou, relève d'ailleurs ce paradoxe : «Le départ de l'homme et la levée de la pression que celui-ci exerce sur son environnement a conduit à une nette amélioration des conditions de vie du monde animal et végétal. Sur les territoires exposés aux radiations réapparaissent des espèces rares ou en voie de disparition, [et l'on observe] un enrichissement et une amélioration des systèmes écologiques naturels dans leur ensemble... Les effets néfastes durent relativement peu de temps. Deux à trois ans après l'accident s'est produit un vigoureux rétablissement de l'écosystème.» Le Pr Frantzévich évalue à une quarantaine le nombre de loups dans ce territoire de quelque 2 000 hectares, et à 500 celui des renards – densités à peu près normales pour ces espèces.

Quant aux canards et autres espèces aquatiques, ils se sont précipités vers les centaines de petits barrages construits pour éviter la propagation des radionucléides par ruissellement, et s'y sont reproduits. Des espèces considérées comme en voie de disparition sont revenues dans la région – le cygne blanc, la cigogne noire.

Les oiseaux migrateurs constituent un risque de dissémination des radionucléides. «En automne, estime Frantzévich, plus de 100 millions d'oiseaux migrateurs, c'est-à-dire des dizaines de fois plus qu'il n'y a là d'oiseaux résidents, survolent la région, et s'y arrêtent une ou deux semaines.» On ne peut pas savoir avec précision quelle est la quantité de radionucléides absorbée par ces migrateurs. Même si l'on admet qu'en gros ils sont tout autant contaminés que les oiseaux résidents, selon Frantzévich, ils ne devraient pas augmenter sensiblement la radiation ambiante là où ils vont passer l'hiver ou mourir. En revanche, le risque est réel pour les chasseurs qui consommeraient un oiseau contaminé au-delà des normes acceptables.

Pour les mêmes raisons, les rongeurs, malgré leur nombre, ne transportent pas suffisamment de radionucléides dans leur organisme pour constituer un risque réel de contamination radioactive de l'environnement.

En dépit de leur prolifération, il est vraisemblable que les animaux souffrent aussi de l'irradiation. D'après le Pr Nadejda Maximova Gulaya, de l'insti-



PAR JEAN-MICHEL BADER

# MUCOVISCIDOSE : LA LONGUE MARCHE DES GÉNÉTICIENS

Dans le monde entier, pendant quarante ans, de nombreux laboratoires ont travaillé sur une maladie héréditaire apparemment incurable. Mais grâce à l'ingénierie génétique, jeune science en passe de révolutionner la médecine, des biologistes canadiens ont découvert le gène responsable de ce mal. Aujourd'hui, les chercheurs élaborent le premier greffon génétique qui demain – au moins l'espèrent-ils – guérira la maladie.

**E**n médecine, les aérosols soignent depuis longtemps les maux de gorge. Une équipe franco-américaine (1) vient de leur confier un rôle autrement plus grave : celui de véhiculer jusqu'aux cellules malades le gène qui devrait guérir la mucoviscidose, maladie presque toujours mortelle qui touche un nouveau-né sur mille six cents à deux mille naissances.

Au début des années 1980, Paul Quinton, de l'université de Californie, avait démontré que l'épithélium (le revêtement des bronches et des poumons) des malades mucoviscidosiques était imperméable aux ions chlore, rendant le mucus sécrété par les cellules épithéliales déficient en eau. Trop sec, ce liquide qui protège normalement la surface des muqueuses est difficile à évacuer (par la toux, mais aussi par les cils vibratiles des cellules épithéliales) et favorise la colonisation bactérienne des poumons. L'appareil respiratoire, peu à peu, est détruit. Provoquant parfois une occlusion intestinale fatale au nouveau-né, la mucoviscidose mène le plus souvent à la mort avant l'âge de 20 ans par insuffisance respiratoire. Seul espoir ac-

tuellement, la greffe de poumons ; mais cette solution est problématique, car le volume des poumons varie beaucoup avec l'âge et la taille des "donneurs" potentiels. Il fallait trouver un autre remède.

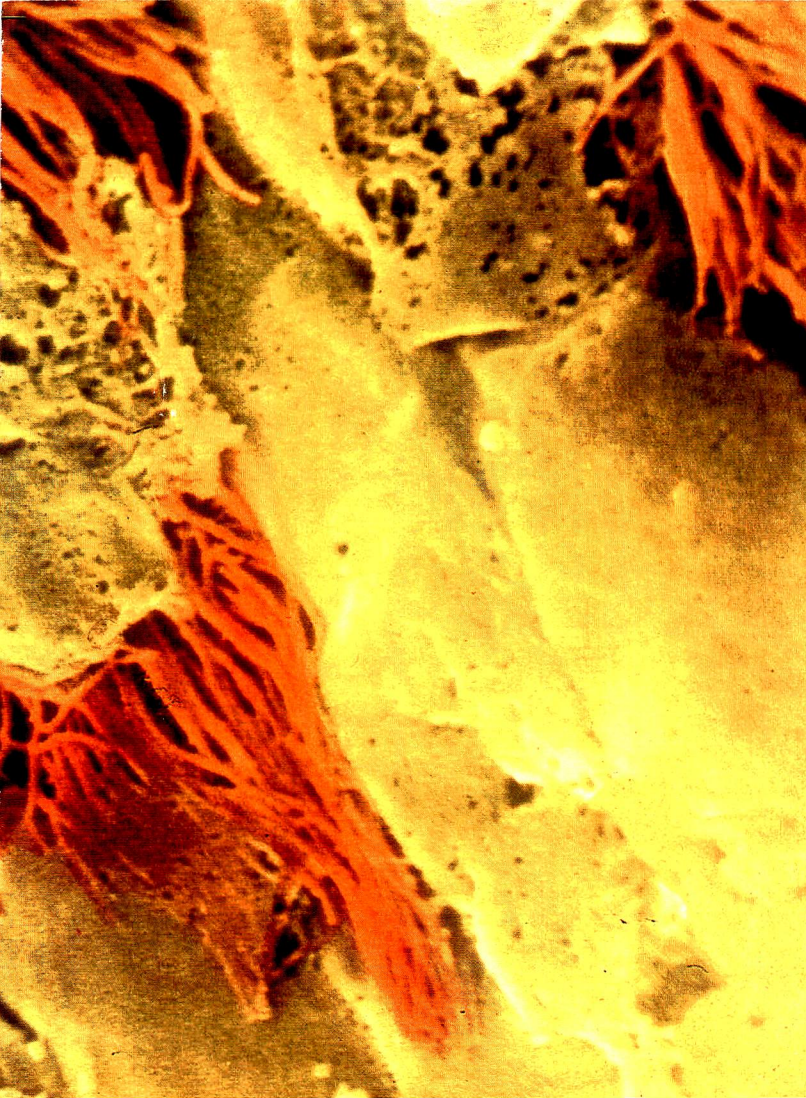
Depuis longtemps, on avait constaté que la mucoviscidose affectait plus particulièrement certaines familles. Des études généalogiques approfondies avaient montré qu'il s'agissait effectivement d'une maladie génétique. Comme elle frappe autant les filles que les garçons, on en avait déduit que le gène concerné n'est pas situé sur le chromosome sexuel, mais sur un autosome, c'est-à-dire sur un des quarante-quatre chromosomes non sexuels (vingt-deux paires) de nos cellules. On savait aussi que ce gène est récessif : pour que la maladie se manifeste, il faut que le gène soit défectueux sur les deux chromosomes de la paire.

Sachant cela, "il n'y avait plus qu'à" repérer le gène en question (appelé CFTR pour *Cystic Fibrosis Transmembrane conductance Regulator*), dans le but de le réparer ou de le remplacer, chez les malades, par un gène sain, mais aussi pour comprendre les mécanismes responsables de la maladie (la protéine défectueuse, le type de mutation affectant le gène qui en



(1) M. Rosenfeld, K. Yoshimura, B. Trapnell, K. Yomeyama, E. Rosenthal, W. Dalemans, M. Fukayama, J. Bargon, L. Stier, L. Stratford-Perricaudet, M. Perricaudet, W. Guggino, A. Pavirani, J.-P. Lecocq et R. Crystal.





## Des voies respiratoires impossibles à "nettoyer"

Les cils des cellules tapissant l'arbre respiratoire ont des mouvements synchronisés qui poussent peu à peu les particules de mucus collées aux débris et aux polluants aériens vers la sortie. Ce nettoyage devient inefficace quand le mucus est si collant qu'il stoppe les mouvements des cils.

commande la fabrication). Autant chercher une aiguille dans une meule de foin ou, plus précisément, un gène parmi des dizaines de milliers de gènes actifs (on sait que les gènes ne représentent que 1 % de l'ensemble de l'ADN, les 99 % restants étant faits de séquences non codantes ; de plus, tous les gènes ne sont pas actifs dans toutes les cellules : le gène de l'insuline, par exemple, ne s'exprime que dans certaines cellules du pancréas et nulle part ailleurs).

**D'abord, sur quel chromosome chercher ?** Heureusement pour les chercheurs qui travaillent sur le matériel génétique, il émerge, par-ci par-là, un "petit drapeau", un "marqueur", morceau d'ADN quelconque d'une extrême utilité puisqu'il permet de savoir tout d'abord sur quel chromosome se trouve un gène donné, et ensuite,

de proche en proche, de localiser ledit gène. De fait, en 1985, l'équipe canadienne de Lap Tchue Tsui franchit la première de ces deux étapes : elle localisa sur le bras long du chromosome n° 7 un marqueur (baptisé DOCRI 9/7) souvent transmis chez les malades de la mucoviscidose (voir encadré p. 56). On pouvait donc en conclure que le gène de la maladie se trouvait sur ce tronçon-là de l'interminable double hélice d'ADN<sup>(2)</sup> entortillée dans le noyau de nos cellules. La chasse au gène CFTR était ouverte. Mais tout restait encore à faire : on savait seulement dans quelle botte de foin chercher l'aiguille. Le bras long du chromosome n°7 ne compte, en effet, pas moins de 116 millions de nucléotides<sup>(3)</sup>, molécules constitutives des chromosomes ! Mais Tsui utilisa un raccourci bien connu des généticiens, et que l'on peut définir de la manière suivante : deux portions d'ADN d'un même chromosome ont d'autant plus de

chances d'être transmises ensemble au fil des générations que la distance qui les sépare est petite. Pour obtenir une estimation la plus précise possible de la distance entre le marqueur et le gène CFTR recherché,

(2) L'ADN se présente comme une pelote informe nageant dans le noyau. C'est seulement à un moment précis de la vie des cellules qu'il apparaît sous la forme de paires de chromosomes bien distincts.

(3) Les nucléotides, unités élémentaires de l'ADN, sont constitués par la liaison d'un sucre (désoxyribose), d'un acide (phosphate) et d'une base. Les biochimistes distinguent quatre types de nucléotides selon la base qu'ils contiennent : adénine (A), thymine (T), cytosine (C), guanine (G). Dans la fameuse double hélice de l'ADN, les bases s'apparient toujours de la même façon, l'adénine avec la thymine, la guanine avec la cytosine. La longueur d'un gène ou d'un fragment quelconque d'ADN s'exprime en nucléotides ou en paires de bases ; en fait, on l'exprime en bases, étant entendu que celles-ci vont par paires comme déjà précisé. Ainsi, on dira que tel gène compte 250 000 nucléotides ou 250 000 bases, ou encore 250 kb (kilobases).



# Sur quel chromosome se trouve le gène de

**P**our déterminer sur quel chromosome se trouve le gène responsable d'une maladie génétique, les généticiens partent souvent à la recherche d'une petite particularité qui soit fréquemment associée à ladite maladie. Dans le cas de la mucoviscidose, en étudiant un grand nombre d'ADN de malades, ils ont y repéré un site de restriction qui n'existe pas sur l'ADN sain. Sachant que le tronçon d'ADN portant ce site anormal associé à la maladie se trouve sur le chromosome n° 7, ils en ont déduit que le gène de la mucoviscidose, lui aussi, se trouvait sur ce chromosome.

**Comment repérer une anomalie** sur de l'ADN en solution dans une éprouvette où l'on ne voit qu'un liquide transparent ? Il faut savoir que les généticiens disposent de "banques" génétiques où sont répertoriés un grand nombre de "marqueurs". Ce sont des bouts d'ADN que des recherches antérieures dans différents laboratoires de par le monde ont permis de localiser (sur quel chromosome ils se trouvent, à quelle distance d'un endroit remarquable dudit chromosome, du centromère par exemple, etc.).

Lorsqu'ils ont à entreprendre des travaux de pistage comme celui qui nous occupe ici, les chercheurs

utilisent donc ces marqueurs, en même temps qu'ils exploitent une propriété très intéressante de l'ADN, le réappariement : lorsque l'on sépare la double hélice d'un morceau d'ADN en ses deux brins (en chauffant légèrement, par exemple), les deux brins de l'ADN ainsi "dénaturé" se réappariaient dès qu'on les remet en présence l'un de l'autre. Et ce comportement reste valable même si les deux brins ne proviennent pas de la même double hélice d'ADN. La seule condition, c'est qu'un brin trouve chez l'autre la séquence de bases complémentaire de la sienne (voir note 3 p. 55).

**La "manip" se déroule de la manière suivante :**

**1.** On extrait l'ADN entier de cellules saines et on le met en solution dans une éprouvette.

**2-3.** On y ajoute une enzyme de restriction, qui coupe l'ADN en un grand nombre de fragments.

**4.** On étale ensuite le contenu de l'éprouvette au sommet d'un gel d'électrophorèse que l'on met sous tension quelque temps.

**5.** Les fragments migrent sur le gel, s'éloignant d'autant plus qu'ils sont petits. Lorsqu'on coupe le courant, les fragments se retrouvent classés sur une échelle où les graduations correspondent à leur taille (à ce

stade, on ne voit toujours rien ; les taches violettes qui vont décroissant de  $L_1$  à  $L_{13}$  sur le dessin servent uniquement à illustrer notre propos).

**6.** On "buvarde" ensuite le gel – et donc la succession de taches – sur une membrane tout en chauffant légèrement pour séparer les deux brins de la double hélice des tronçons. Puis on choisit un marqueur, que l'on dénature également et que l'on rend légèrement radioactif, pour s'en servir comme d'une sonde.

**7-8.** Versée sur le gel, la sonde s'accrochera au fragment sur lequel elle trouvera sa séquence complémentaire. On ne voit toujours rien.

**9.** On "rince" la membrane ainsi traitée pour ne conserver que le tronçon "allumé" par la sonde, et on pose dessus un film autoradiographique : on observe alors sur la membrane une barre unique sur la graduation correspondant à la longueur du tronçon reconnu par la sonde.

On répète l'ensemble de la "manip" (de 1 à 9) avec de l'ADN malade. Si on trouve la même barre unique sur la membrane, on refait encore l'ensemble de la manip avec un marqueur différent, puis encore avec un autre, et ainsi de suite. Jusqu'à obtenir avec l'ADN malade deux barres (**10**) au lieu d'une seule. Interprétation : le

tronçon repéré par la sonde dans l'ADN malade est coupé en deux, alors qu'il est d'un seul tenant dans l'ADN sain (**9**) ; l'ADN malade porte donc à cet endroit un site de restriction supplémentaire de l'enzyme utilisée, que n'a pas l'ADN sain. Cette différence de sites de restriction est désignée par le sigle RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*, ou polymorphisme des longueurs des fragments issus de la restriction) ; c'est aussi le nom donné à la technique d'analyse génétique décrite ci-dessus.

**Dans le cas de la mucoviscidose**, le marqueur dont on a fait la sonde (qui a permis de détecter la présence d'un site de restriction associé à la maladie) provenait du chromosome n° 7 ; donc le gène de la mucoviscidose se trouve quelque part sur ce chromosome.

**En guise de vérification**, on répète encore l'ensemble des opérations avec des ADN prélevés chez un grand nombre de malades, pour bien s'assurer que le marqueur en question est systématiquement associé à la maladie. Dans l'affirmative, cela constitue une preuve que le gène CFTR et le marqueur se trouvent sur le même chromosome. Pourquoi ?

Tout simplement parce que plus deux tronçons d'ADN sont proches, moins ils risquent d'être séparés lors des opérations

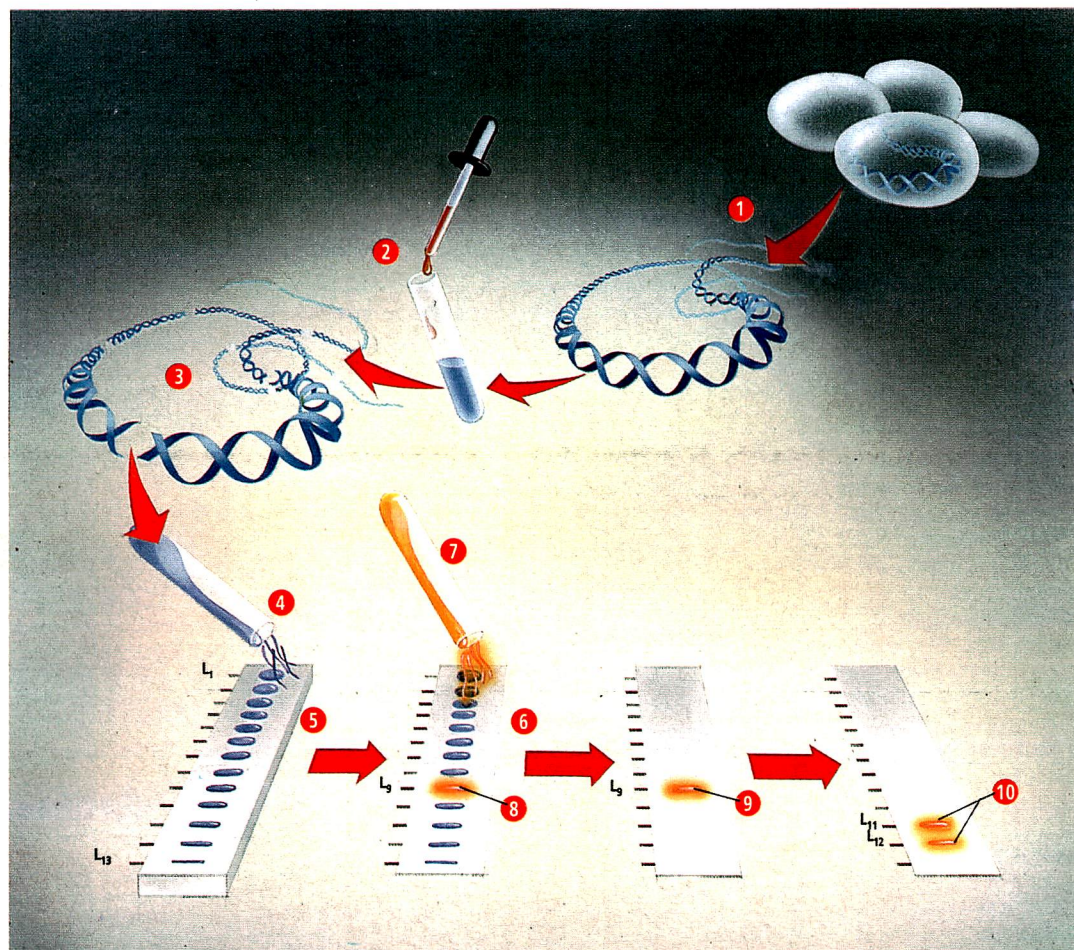
l'équipe de Tsui étudia la fréquence de cette cotransmission dans un grand nombre de données généalogiques. Ils trouvèrent dix millions de nucléotides "seulement". La portion de chromosome à étudier était donc ramenée à 10% du total. Mais on était encore loin du but.

**Deux semaines après la découverte de Tsui**, une première cartographie sur ce tronçon de 10 millions de nucléotides a permis à deux autres chercheurs, Robert White et B. J. Wainwright, de réduire encore le champ d'investigation : ils localisèrent, chacun de leur côté, un nouveau marqueur encore plus proche

du gène CFTR : l'oncogène (<sup>1</sup>) "Met" en amont, et la sonde "pJ3-11" en aval de ce gène insaisissable. Entre ces deux nouveaux marqueurs (<sup>2</sup>), il n'y avait plus qu'environ un million et demi de nucléotides. Il ne restait plus à sonder qu'un centième seulement de la botte de foin pour trouver l'aiguille.

**Pour rechercher un gène** sur un chromosome, disons-le tout de suite les généticiens ne peuvent qu'y aller à l'aveuglette, en tâtant en quelque sorte la grosse botte de foin (le chromosome) pour finir par tomber sur l'aiguille (le gène) qui s'y cache. Toutefois, leur recherche ne se fait pas au hasard, mais selon une pro-





d'échanges entre chromosomes qui se produisent d'une génération à l'autre dans toute descendance d'organismes vivants.

Une fois repéré ainsi le chro-

mosome sur lequel se trouve le gène de la maladie, on répète encore la manip décrite ci-dessus pour trouver d'autres marqueurs de plus en plus

proches dudit gène.

Et lorsqu'on finit par en trouver un suffisamment proche (distant de 100 000 à 500 000 nucléotides), on peut

entreprendre une "marche" sur le chromosome (*voir dessin p. 58*), destinée à se rapprocher pas à pas du gène, jusqu'à finir par l'identifier.

cédure systématique de cartographie de plus en plus fine qui leur permet de savoir, à chaque étape, s'ils brûlent ou s'ils s'éloignent du but. Le procédé est relativement long et fastidieux, mais son efficacité est maintenant établie (4).

**La marche sur le chromosome.** Elle consiste à progresser patiemment le long de la portion d'ADN délimitée par ces deux marqueurs, en avançant pas à pas à partir des deux extrémités, un peu comme les deux équipes qui creusèrent, à la rencontre l'une de l'autre, le tunnel sous la Manche. Chaque étape consistera à repérer un nouveau marqueur, plus proche du gène,

cernant ainsi ce dernier de plus en plus près. La première cartographie établie plus haut, celle qui a permis seulement de savoir sur quel chromosome se trouvait le gène recherché (un grand tronçon sur lequel on a repéré un site de restriction lié à la maladie - *voir dessin ci-dessus*), était trop grossière,

(suite du texte page 60)

(4) Voir S & V n° 894 de mars 1992, p. 58.

(5) Un marqueur, nous l'avons dit, peut être un gène, c'est-à-dire un morceau d'ADN déterminant un caractère donné, mais ce peut être également un morceau d'ADN dont on connaît les caractéristiques sans qu'il ait pour autant un rôle bien précis.

(6) Voir S & V n° 823 d'avril 1986, p. 42, et n° 834 de mars 1987, p. 12.



# Marcher sur le chromosome pour avancer pas

La marche sur le chromosome consiste tout d'abord à repérer sur le long ruban de l'ADN un marqueur connu, dont on sait qu'il est associé au gène recherché et dont on connaît la distance qui l'en sépare. Puis, à partir de là, à repérer un nouveau marqueur plus proche du gène ; puis, un autre marqueur, encore plus proche, et ainsi de suite, jusqu'à trouver le gène recherché. Voyons d'un peu plus près le détail des opérations (voir dessin ci-contre) pour en saisir le mécanisme et la logique.

**Tout d'abord, il faut repérer le marqueur connu,** qui constituera la case départ, à partir de laquelle on pourra commencer à marcher vers le gène recherché.

**A.** On commence par découper l'ADN total extrait d'un grand nombre de cellules (1) – l'ADN d'une seule cellule serait trop infime pour donner des résultats perceptibles – en fragments de quelques dizaines de milliers de bases chacun (2) – appelons-les **a, b, c, d**, etc. Ce découpage se fait à l'aide d'enzymes de restriction (3), dans une éprouvette où le généticien ne voit pas grand-chose d'autre qu'un liquide où les fragments d'ADN sont en solution invisible.

**B.** On ajoute à ce milieu des brins d'ADN appelés "vecteurs", qui sont le plus souvent des virus bactériophages : chaque vecteur intègre alors un fragment et forme avec lui une boucle.

**C.** On verse ensuite le contenu de l'éprouvette dans un milieu de culture, lui aussi liquide, contenant des bactéries *Escherichia coli* (4) : chacune de celles-ci intègre une boucle et une seule.

**D.** La solution est alors étalée sur une boîte de Petri (5). Là,

chaque bactérie se multiplie un grand nombre de fois (là aussi pour avoir une quantité suffisante de matériel) formant une colonie, îlot distinct et visible à la surface de la boîte.

**E.** Pour repérer l'îlot dont les bactéries ont intégré une boucle portant un bout de marqueur (ou le marqueur entier), on "buvarde" brièvement la boîte de Petri avec une membrane poreuse (6), qui absorbe une partie de chacune des colonies bactériennes. On traite le tout de manière à se

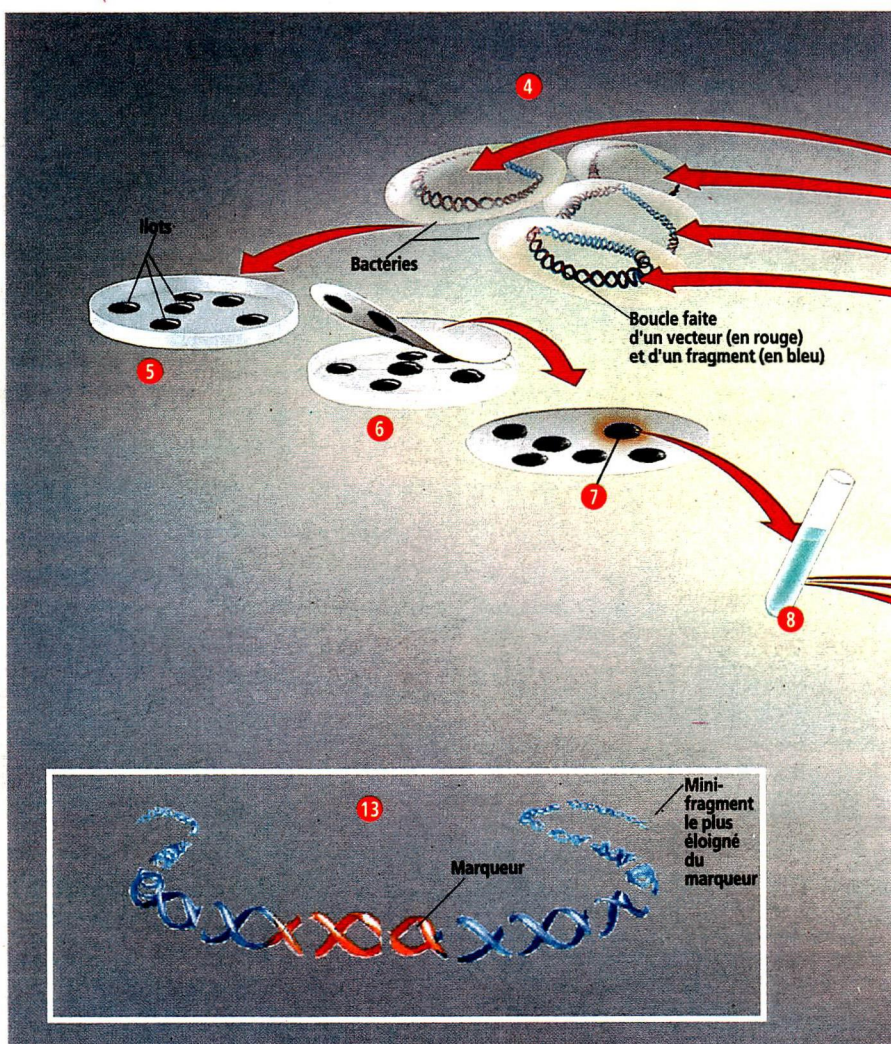
débarrasser des bactéries pour ne garder que l'ADN. On chauffe ensuite légèrement, ce qui "dénature" l'ADN, séparant la double hélice en ses deux brins.

**F.** Sur la membrane ainsi traitée, on verse une solution contenant un grand nombre d'exemplaires d'une sonde faite avec le marqueur recherché (voir dessin p. 56). Les sondes iront s'apparier avec l'ADN de l'îlot dont les bactéries ont intégré les boucles faites avec des fragments

contenant le marqueur : Comme les sondes sont légèrement radioactives, elles permettent de repérer l'îlot intéressant. (7)

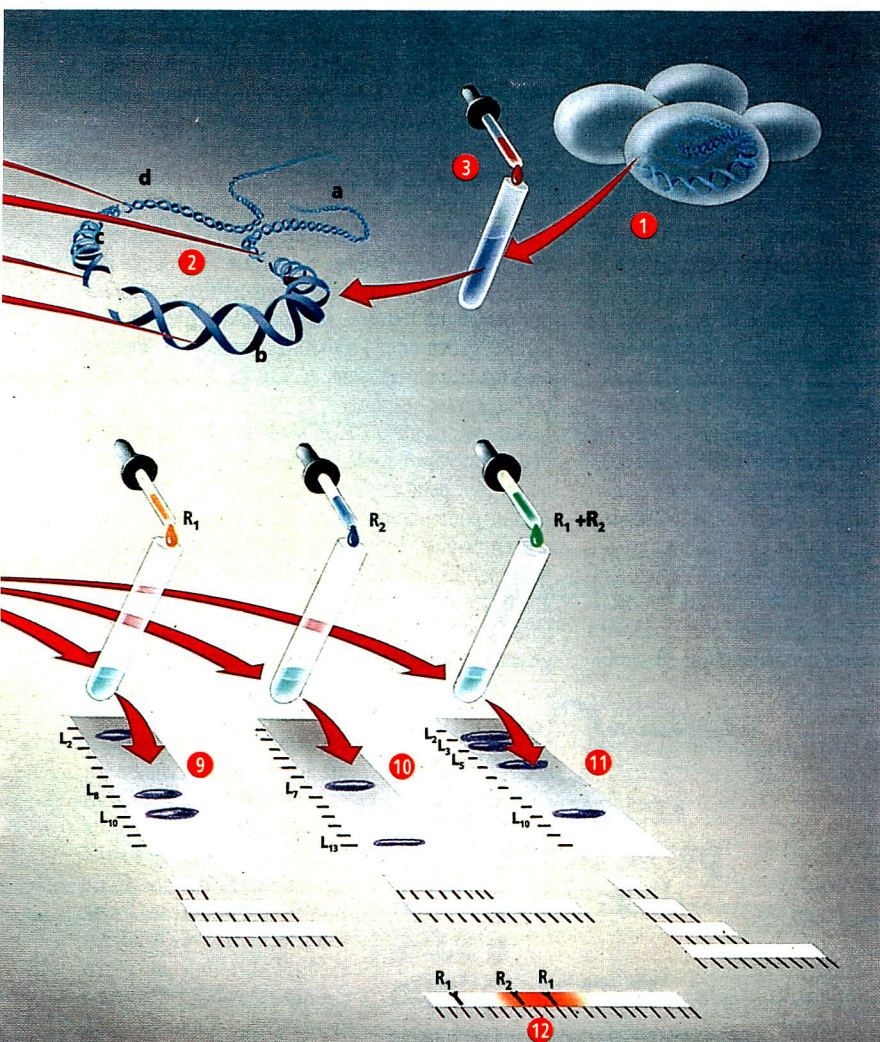
**G.** On met en culture cet îlot dans une éprouvette (8) – encore une fois, pour obtenir un nombre d'exemplaires suffisamment important pour poursuivre la manip.

Il faut maintenant repérer, dans le fragment ainsi multiplié, l'extrémité la plus éloignée dudit marqueur (le but étant de récupérer un morceau





# à pas jusqu'au gène recherché



d'ADN à cette extrémité pour s'en servir comme d'un nouveau marqueur).

Pour cela, on établit une cartographie fine du fragment, opération qui consiste à faire découper l'ADN dudit fragment par une enzyme de restriction, disons  $R_1$ , puis de noter les longueurs des mini-fragments ayant migré sur un gel d'électrophorèse (9 -  $L_2, L_8, L_{10}$ ). Puis de faire la même opération avec une deuxième enzyme de restriction (10 -  $R_2$  et  $L_7, L_{13}$ ). Enfin de répéter la

même manip avec les deux enzymes à la fois (11 -  $R_1+R_2$  et  $L_2, L_3, L_5, L_{10}$ ).

Au bout du compte, on réussit à placer, sur un segment de droite représentant le grand fragment, les différents mini-fragments avec leurs bonne taille et dans le bon ordre (12). Avec un petit nombre de sites de restriction, comme dans notre exemple simplifié, les chercheurs le font manuellement, en essayant toutes les combinaisons possibles jusqu'à trouver

la bonne (13). En fait, cette cartographie fine s'effectue avec un nombre plus important de sites de restriction, et c'est l'ordinateur qui trouve la bonne combinaison. Il reste à choisir le mini-fragment le plus éloigné du marqueur et à s'en servir comme sonde pour pêcher un nouveau marqueur plus proche du gène recherché. Et ainsi de suite.

En fait, à ce stade, la seule certitude que l'on ait, c'est que cette progression permet de s'éloigner du premier mar-

queur. Mais comment sait-on, à chaque nouveau marqueur, si l'on s'approche ou si l'on s'éloigne du gène recherché ? En d'autres termes, sur une route qui traverse un village, comment savoir si, en sortant du village, on a pris la direction allant vers la montagne ou celle menant à la mer ? Réponse : En lisant, à mesure que l'on s'éloigne du village, les panneaux routiers, bien sûr. La route de l'ADN comporte ses propres panneaux indicateurs, ce sont les sites de restriction des enzymes. De la même manière que l'on a établi ci-dessus la cartographie fine des mini-fragments, on sait obtenir une cartographie plus grossière, avec les sites de restriction d'enzymes qui coupent beaucoup moins souvent l'ADN.

**Tout au long de cette marche sur le chromosome**, on vérifie (grâce à une manip comparable à celle utilisée pour la "marche" mais que nous ne détaillerons pas ici) que l'on croise les sites de restriction du côté gène et non du côté opposé.

La marche sur le chromosome est, nous l'avons vu, longue et fastidieuse. Et la rapide description de principe que nous en avons faite laisse dans l'ombre un très grand nombre de manipulations, de filtrages, de vérifications multiples des résultats, etc. Aujourd'hui, le procédé, largement automatisé, est cent fois plus rapide que lorsqu'il est fait manuellement. Il n'en reste pas moins lent, ne permettant d'avancer, nous l'avons vu, que petit pas par petit pas, c'est-à-dire en gros de la longueur d'un fragment de quelques dizaines de milliers de bases. D'où l'intérêt du "saut" sur le chromosome détaillé dans l'article.



c'était en quelque sorte du survol à haute altitude : les repères sont une chaîne de montagnes, une ligne côtière, un important massif forestier. Pour la "marche" sur le chromosome, il fallait voir les choses d'un peu plus près, d'un ULM, par exemple, dont les repères sont des clochers d'église, des bosquets, un parking d'hypermarché. On utilise donc des enzymes de restriction qui coupent l'ADN en des sites beaucoup plus nombreux, permettant d'étudier plus finement de grands fragments en les débitant en morceaux plus petits (voir dessin p. 58).

**Dans le cas de la mucoviscidose**, cette marche sur le chromosome a été entreprise en 1987 par le Dr Robert Williamson et son équipe de l'hôpital Saint-Mary de Londres. Williamson repère tout d'abord deux marqueurs plus proches du gène recherché (XV2C et KM19, qui permettent d'ores et déjà un dépistage prénatal fiable à 100 % dans les familles atteintes). Puis, avançant encore au cours de la marche, il tombe sur deux zones riches en guanine et en cytosine, révélatrices de la présence d'un gène actif (un peu comme sur une autoroute : lorsqu'on aborde de nuit un tronçon éclairé, on sait qu'une ville importante n'est pas loin). L'équipe anglaise isole alors fébrilement une séquence qui correspond effectivement à un gène... Terrible déception, ce n'était pas le gène CFTR. Williamson, passé à côté du but, ne sera pas aux yeux de l'histoire l'"inventeur" du fameux gène de la mucoviscidose.

**Le "saut" sur le chromosome.** Entre-temps, Lap Tchee Tsui, à Toronto, et Francis Collins, au Ann Arbor Laboratory, dans le Michigan (Etats-Unis), avaient décidé de mettre leurs efforts en commun. Ils avaient pour eux quelques très gros avantages sur leurs concurrents des autres laboratoires dans le monde. Ils disposaient des généalogies d'un plus grand nombre de familles à hérédité mucoviscidosique. Et ils utilisaient des techniques génétiques plus variées. Ils pouvaient ainsi, très rapidement, vérifier les résultats obtenus par une technique à l'aide d'une ou plusieurs autres techniques.

Par exemple, ils ne pratiquaient pas seulement la "marche", mais aussi le "saut" chromosomique, technique qui leur permettait de progresser nettement plus vite. Dans cette technique, on découpe le chromosome en tronçons de taille beaucoup plus longue que pour la "marche", soit en moyenne une centaine de milliers de bases au lieu de quelques dizaines (les "ciseaux", dans ce cas, sont des enzymes de restric-

tion qui coupent beaucoup moins souvent l'ADN). De chaque tronçon, on fait une boucle en "soudant" bout à bout ses deux extrémités, avec une enzyme ligase (de la colle génétique, en quelque sorte). Ainsi, un seul petit pas suffira pour aller d'une extrémité à l'autre du tronçon puisqu'elles sont désormais réunies.

**Carré d'as grâce au zooblot.** Toutefois, dans la pratique du laboratoire, ni la "marche" ni le "saut" sur le chromosome n'ont réussi à elles seules à débusquer le gène de la mucoviscidose. Ces deux techniques ont quand même été d'une très grande utilité puisqu'elles ont permis de réduire très sensiblement le champ d'investigation : des 116 000 kilobases que compte le bras long du chromosome n° 7, il ne restait plus que 500 kilobases à explorer.

Sur une longueur d'ADN si réduite, les chercheurs pouvaient raisonnablement espérer qu'il n'y aurait qu'un tout petit nombre de gènes actifs, c'est-à-dire codant pour une protéine. Alors pouvait entrer en scène une autre technique d'identification, le *zooblot*, qui a permis aux chercheurs de faire un grand bond grâce une aide animale. Le test du *zooblot* repose sur le fait que, chez la plupart des espèces animales, les gènes impliqués dans les fonctions fondamentales de

la vie (respiration, digestion, etc.) varient peu au cours de l'évolution. Forts de cette ressemblance, les chercheurs ont mis les 500 kilobases d'ADN humain découpé en fragments en présence d'ADN de souris, de hamster, de bœuf, de poule, de chimpanzé. L'idée étant que, si dans ces fragments d'ADN humain il y en a un qui est porteur d'un gène fondamental (donc qui aura peu varié d'une espèce à

l'autre), ce fragment irait reconnaître son correspondant dans l'ADN animal et s'y accoler (le fragment d'ADN humain fonctionnant alors comme une sonde qui va pêcher au milieu des fragments d'ADN animal celui ou ceux qui lui ressemblent).

L'équipe de Tsui, puisque c'est encore d'elle qu'il s'agit, a été (ô combien !) inspirée : le test du *zooblot* a permis de pêcher quatre fragments d'ADN humain, pas un de plus, contenant des parties de gène actif. Précisons, en effet, qu'un fragment ne comportera très probablement pas la totalité d'un gène, mais seulement une partie de séquence codante ; c'est cette dernière qui traverse l'évolution sans grand changement, et qui se trouve donc pratiquement identique chez de nombreuses espèces animales ; et c'est donc ce type de séquence qui se retrouve identique chez l'homme et chez l'animal.

## Comment repérer un gène parmi des milliers dans une pelote d'ADN microscopique



## LA PROTÉINE CFTR : UN RÔLE À PROUVER

Il reste, maintenant, à déterminer laquelle de ces quatre séquences porte la portion du gène qui nous intéresse, celui impliqué dans la mucoviscidose. L'épaississement des muqueuses pulmonaire et intestinale, symptôme de base de la mucoviscidose, est due, nous l'avons vu, à une anomalie dans le flux d'ions à travers la membrane des cellules de l'épithélium pulmonaire et intestinal, défaut dû à un trouble du gène recherché. Or on avait également remarqué que les personnes atteintes de cette maladie avaient une sueur anormalement salée. On pouvait raisonnablement en déduire

que, là aussi, le flux d'ions était impliqué. Le gène défectueux s'exprimerait donc aussi dans les glandes sudoripares. Partant de cette constatation, John Riordan, un des membres de l'équipe de Toronto, isole des cellules de canaux sudoripares de malades mucoviscidosiques, et les mit en culture : elles fabriquent les protéines qu'elles produisent dans l'organisme. Et de ces protéines, il est remonté aux gènes qui commandent leur fabrication. Comment ?

**De la protéine au gène.** On sait que, pour fabriquer une protéine, la cellule transcrit en ARN messager l'ADN du gène concerné, qui porte le code de fabrication de cette protéine. Cet ARNm, comme son nom l'indique, joue alors les intermédiaires entre l'ADN et la "chaîne de fabrication" cellulaire, ordonnant à cette dernière de "composer" la protéine à partir des différents acides aminés présents dans la cellule (7). A l'inverse, les généticiens savent, à partir de l'ARNm d'une protéine et grâce à une enzyme (la transcriptase reverse), en reconstituer l'ADNc, ou ADN complémentaire. Ce dernier n'est pas exactement identique à l'ADN du gène (nous verrons plus loin l'importance de cette précision). En effectuant l'opération pour l'ensemble des ARNm produits par les cellules sudoripares de malades, Riordan constitua ainsi une énorme "banque" d'ADNc correspondant aux différentes protéines fabriquées par les cellules des canaux sudoripares.

Tsui et son collègue comparèrent alors ces différents ADNc avec les quatre séquences sélectionnées, comme nous l'avons vu, par le test du *zoblot*. Jamais

Le gène CFTR commande la synthèse de la protéine CFTR. Les biologistes sont presque certains que cette protéine, à l'état sain, est l'agent du transport des ions chlore à travers la membrane des cellules épithéliales, dont c'est la fonction essentielle. Presque certains, mais pas absolument.

Le CFTR possède une double liaison avec l'ATP (acide adénosine-triphosphate), source d'énergie jouant un rôle capital dans le transport des radicaux énergétiques. Il paraît donc logique que cette protéine soit un transporteur ionique actif. Elle serait elle-même, effectivement, le "canal chlore".

Alexandre Edelman et Béatrice Begault, de la faculté de médecine Necker à Paris, s'emploient depuis deux ans à purifier le canal chlore des cel-

lules épithéliales normales. Un travail de biochimie protéique que de nombreux chercheurs dans le monde suivent avec fascination. Chacun des canaux, extrêmement fragiles, véhicule un million d'ions chlore par seconde ; leur ouverture et leur fermeture sont très précisément réglées. Pour récupérer les canaux entiers, on doit les séparer des graisses de la membrane (des phospholipides), donc mettre en œuvre des détergents assez puissants pour vaincre les forces liant les lipides membranaires aux canaux chlore, mais en même temps assez doux pour ne pas détruire, ni même modifier, la structure des protéines formant les canaux. Les canaux entiers sont fragmentés par centrifugation. A chaque étape de la purification, on vérifie, par des mesures élec-

triques, la présence du courant caractéristique d'un canal véhiculant des ions chlore.

Ces travaux français s'annoncent d'ores et déjà prometteurs. On a isolé une fraction qui révèle une protéine manifestant une activité typique de canal chlore. Lorsque cette protéine purifiée aura été testée contre un anticorps anti-CFTR, et si l'anticorps reconnaît spécifiquement la protéine, la preuve sera – presque – faite que le CFTR est bien le canal chlore.

Le gène CFTR défectueux, trouvé chez la grande majorité des malades mucoviscidosiques, code pour une protéine mutée à laquelle il manque un seul acide aminé, une phénylalanine. Sans cet élément, l'ATP ne se fixe pas et la cellule n'a pas assez d'énergie pour transporter les ions chlore.

le laboratoire n'avait connu pareil émoi : la quatrième de ces séquences fut enfin la bonne. En effet, elle contenait 113 bases également présentes sur un des ADNc produits à partir des cellules sudoripares de malades mucoviscidosiques. C'était la preuve irréfutable que cette séquence-là constituait une partie du gène objet de cette longue et patiente recherche. Il ne restait plus qu'à savoir lequel de ces innombrables ADNc avait permis de désigner cette bonne séquence, pour enfin pouvoir aborder la grande ligne droite menant au gène lui-même. Éternel recommencement d'une des procédures les plus standard de la génétique (décrite dans les *dessins pp. 56 et 58*) : le segment de 113 bases fut à son tour utilisé comme sonde sur les ADNc correspondant aux différentes protéines déjà mentionnées, et permit de désigner "le" bon ADNc, celui qui correspond à "la" protéine CFTR.

**Le gène de la mucoviscidose enfin identifié.** L'ADNc que l'on a trouvé, nous l'avons dit, n'est pas exactement l'ADN recherché, le gène tant attendu. En effet, l'ADNc recréé à partir des protéines est très incomplet : lorsque la machinerie cellulaire transcrit l'ADN d'un gène pour fabriquer un ARNm, puis une protéine, elle ne fait pas une traduction intégrale mais très partielle ; elle laisse tomber de très nombreuses parties de l'ADN du gène. Résultat : lorsque les chercheurs retranscrivent l'ARNm en sens inverse, ils ne peuvent qu'obtenir un ADN incomplet, l'ADNc. Pour accélérer les re-

(7) Le processus de la fabrication d'une protéine par la machinerie cellulaire est expliqué de manière détaillée dans *Science & Vie* n° 898, p. 28.



cherches, l'équipe canadienne envoya donc des copies de cet ADNc à tous les laboratoires à travers le monde intéressés par l'étude de cette maladie.

Ce fut finalement Tsui lui-même qui reconstitua (on dit "isola") l'ensemble du gène CFTR, gros morceau d'ADN de 250 000 paires de bases, rassemblé comme un puzzle à partir des innombrables fragments identifiés tout au long de la marche. Ce gène commande la fabrication de la protéine CFTR qui s'exprime dans les cellules de la trachée, des poumons, des glandes sudoripares, du pancréas.

**Un gène à cent cinquante visages.** En examinant ce gène chez les malades mucoviscidosiques, on s'aperçut que la protéine anormale dont il commandait la fabrication manquait d'un seul élément par rapport à la protéine normale : une phénylalanine, acide aminé très répandu dans les protéines humaines. Cette mutation, courante en Europe, n'est pas – et de loin – la seule modification du gène normal à provoquer la mucoviscidose. Le Dr Claude Ferec, du centre de transfusion de Brest, a mis en évidence vingt mutations originales familiales transmises dans le Finistère et qui touchent vingt-six des vingt-sept parties codantes du gène CFTR.

Pour recenser toutes les anomalies pouvant toucher ce gène, Lap Tchee Tsui a constitué, avec 80 généticiens dans le monde, un consortium international de surveillance. Toute équipe médicale qui, dans sa population locale, décèle une mutation non répertoriée en informe immédiatement l'équipe de Toronto. A ce jour, plus de cent cinquante formes de mutation ont été recensées dans le monde, qui touchent différentes parties du gène, et donc différents acides aminés de la protéine correspondante.

Le problème est, maintenant, pour les généticiens d'appliquer cette découverte au domaine médical. Plusieurs chercheurs (\*) sont parvenus l'an dernier à insérer des copies normales du gène dans des cellules épithéliales prélevées chez des malades mucoviscidosiques et maintenues en culture en laboratoire. Premier signe encourageant : ces cellules se sont mises à nouveau, tout comme des cellules saines, à transporter des ions chlore d'un côté à l'autre de la membrane épithéliale.

Une équipe franco-américaine (\*\*) a eu l'idée originale d'implanter une greffe génétique par voie d'aérosol. Il s'agit de faire transporter le gène normal dans l'organisme par un virus (un adénovirus), modifié génétiquement de manière à ne provoquer aucune patholo-

gie particulière. Celui-ci est irrésistiblement attiré par les voies respiratoires, sa cible préférée étant justement le tissu épithélial malade des mucoviscidosiques. Autre avantage déterminant : l'adénovirus a la propriété d'injecter son matériau génétique même dans des cellules qui ne se divisent pas (ce qui n'est pas le cas d'autres virus utilisés comme transporteurs), telles que, précisément, les cellules de l'arbre respiratoire.

**Pour tester la méthode,** des rats du laboratoire du National Institute of Health de Bethesda, près de Washington, ont inhalé des adénovirus chargés du gène CFTR humain mis au point par la société Transgène à Strasbourg. Le gène a effectivement atteint sa cible : on l'a détecté dans les cellules de l'épithélium respiratoire des rongeurs. Et ces cellules se sont mises à sécréter la protéine CFTR humaine.

Les perspectives sont néanmoins limitées par le champ expérimental relativement clos, aucune espèce animale ne présentant – à notre connaissance – de mucoviscidose dans la nature. Ce mal est, jusqu'à présent, le triste privilège de l'homme. La prochaine étape de recherche consistera donc à créer une race animale conforme, sur ce point, au modèle humain. La souris, qui possède un gène équivalent à notre gène CFTR, a, à son tour, fait l'objet des attentions des chercheurs.

Deux équipes américaines ont récemment annoncé des résultats dans ce domaine. La première a créé des souris transgéniques ayant, en plus du gène CFTR de souris normale, l'ADNc humain muté qui s'est inséré au hasard dans leur génome. La seconde a réussi le "knock-out", c'est-à-dire le remplacement du gène CFTR de souris par un gène CFTR humain muté. Reste à attendre la souris adulte, pour

savoir si oui ou non elle est mucoviscidosique, puis si elle acceptera la greffe génétique qui la guérira.

Une telle greffe se fera dans des conditions très différentes de celles qui accompagnent les greffes de gènes pour d'autres organes. En effet, le gène normal qui viendra guérir les cellules respiratoires malades n'aura pas de descendance, puisque les cellules de

(suite du texte page 165)

(8) Michael Welsh, de l'université d'Iowa ; Alan Smith, de la firme biotechnique Genzyme, au Massachusetts ; Francis Collins, de Ann Arbor.  
(9) Ron Crystal, du National Heart, Lung and Blood Institute à Bethesda, dans le Maryland ; Michel Perricaudet, de l'Institut Gustave Roussy à Villejuif ; Wilfrid Dalemans et Andrea Parivani, de Transgène à Strasbourg. Transgène est une firme biotechnologique affiliée au groupe Pasteur-Mérieux, spécialisée dans la production de réactifs de produits biologiques et de souches animales nouvelles.

## **P**rochaine étape : greffer un gène sain chez les nouveau-nés atteints de mucoviscidose



# L'EAU & L'APÉRITIF.



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



PAR JEAN FERRARA

# À QUOI SERVENT LES AIMANTS DANS LA TÊTE

Comme bien d'autres animaux, nous avons, nous aussi, des aimants dans la tête. On se demande s'ils n'expliquent pas notre sensibilité aux champs électromagnétiques.

**L**a présence de magnétite dans le cerveau humain vient d'être formellement établie par Joseph Kirschvink, professeur de géobiologie au Caltech (California Institute of Technology), à Pasadena. Cet oxyde de fer naturel magnétique ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) se trouve dans le cerveau en très faible quantité. Sa détection est d'autant moins aisée qu'un échantillon est facilement modifié par les instruments métalliques de dissection et même par les particules de poussière, dont certaines sont magnétiques.

Le Pr Kirschvink a donc utilisé pour la préparation des échantillons des instruments recouverts de céramique ou de Teflon, et travaillé dans un laboratoire stérile, dont l'air est filtré. Il a recherché la magnétite à l'aide de deux techniques différentes. Dans l'une, il a dissous des échantillons de cerveau dans du toluène et d'autres solvants, puis en a extrait les particules magnétiques à l'aide d'un puissant aimant. Dans l'autre, il a congelé de petits cubes découpés dans le cerveau, et a examiné ces échantillons avec un magnétomètre très sensible. Il a ainsi trouvé que toutes les régions du cerveau contiennent de la magnétite, dans les proportions d'environ 4 nanogrammes (milliardièmes de gramme) par gramme de tissu, ce qui représente environ 5 millions de cristaux par gramme de cerveau. L'observation des échantillons au microscope électronique a révélé que la magnétite est agglutinée en

"grumeaux" de 50 à 100 cristaux chacun. Les méninges, membranes qui entourent le cerveau, en contiennent une plus forte concentration, environ 70 nanogrammes – soit plus d'une centaine de millions de cristaux – par gramme. Selon Kirschvink, un cerveau humain contient donc en moyenne quelque 30 milliardièmes de gramme de magnétite, soit environ 7 milliards de cristaux.

Cette magnétite ne représente qu'une petite proportion du fer nécessaire au métabolisme du cerveau et de l'organisme humain. Toutefois, d'après Kirschvink, même si une seule cellule sur un million en contient, la présence de ce métal, très sensible aux

## BACTERIA (*Aquaspirillum magnetotacticum*)



10 nanomètres

### La bactérie et l'homme : les mêmes cristaux magnétiques

On trouve des cristaux de magnétite (*photos ci-contre*) chez certaines bactéries, où elle joue le rôle d'une véritable boussole, leur permettant de s'orienter selon le champ magnétique terrestre. Mais quelles sont les conséquences de sa présence dans le cerveau de l'homme ?



champs magnétiques, pourrait avoir des conséquences appréciables, parce que la magnétite réagit plus d'un million de fois plus fortement à un champ magnétique que tout autre matériau biologique, y compris le fer des globules rouges qui sert au transport de l'oxygène dans le sang.

La découverte a surpris de nombreux chercheurs. On savait bien que la magnétite est présente dans d'autres êtres vivants, mais pas qu'elle s'accumule dans le système nerveux central de l'homme.

Dans d'autres espèces, par exemple les oiseaux, elle permet apparemment l'orientation sur le champ magnétique terrestre. Mais chez l'homme, la faculté d'absorption biologique de magnétite pourrait n'être, selon Kirschvink, que le vestige d'un lointain passé. Parmi les premières cellules eucaryotes, cellules évoluées dotées d'un noyau cellulaire distinct, certaines auraient incorporé de la magnétite au hasard d'échanges métaboliques avec l'environnement. Lorsque le système des champs magnétiques terrestres se forma, il y a quelque 2,8 milliards d'années, ces cellules se trouvèrent avantagées par rapport à leurs congénères non magnétisées car, lorsqu'elles se déplaçaient, pour chercher des nutriments ou de l'oxygène, elles pouvaient s'orienter suivant le champ magnétique terrestre pour une exploitation plus efficace de leur milieu. La faculté

d'absorber la magnétite se serait donc développée et perpétuée par le mécanisme darwinien de la sélection naturelle. Cette faculté aurait par la suite été bénéfique aux espèces susceptibles d'en profiter pour leur orientation, et elle aurait été conservée chez d'autres, qui n'en avaient pas besoin, comme un vestige du passé.

Il y a des bactéries qui contiennent des "magnétosomes", aimants biologiques formés de magnétite entourée d'une membrane (*voir photos*). Ces bactéries sont de véritables boussoles microscopiques, qui semblent utiliser les magnétosomes pour s'orienter suivant le champ magnétique terrestre. Les bactéries vivant dans l'hémisphère nord s'orientent vers le nord, et celles de l'hémisphère sud, vers le sud ; à l'équateur, les colonies de ces bactéries sont formées d'une population mixte de nordistes et de sudistes.

L'utilisation de la magnétite semble donc s'être perpétuée chez certains animaux : mollusques, insectes, oiseaux et poissons, qui se déplacent "à la boussole". Selon Kirschvink, les baleines s'orienteraient lors de leurs migrations selon les champs magnétiques des fonds marins, et elles s'échouent le plus souvent sur des plages situées près d'anomalies géomagnétiques.

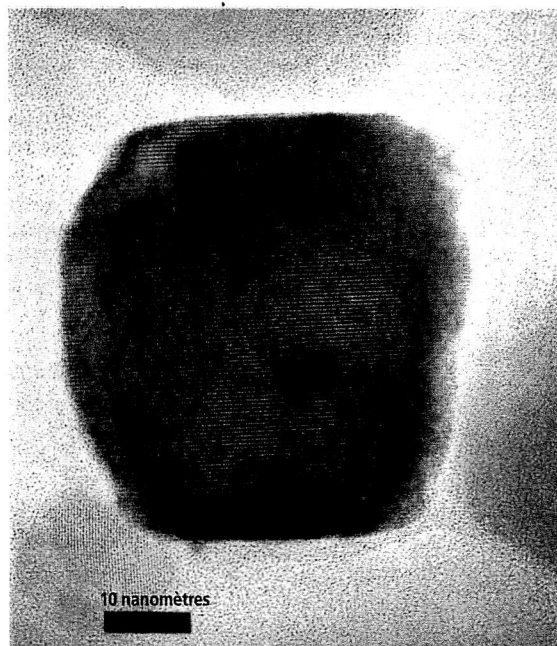
Il y a quelques années, Kirschvink et son épouse, Atsuko Kobayashi-Kirschvink, biologiste, ont démontré expérimentalement la fonction de la magnétite chez les abeilles. Ils ont conditionné des abeilles à sortir d'un labyrinthe en supposant qu'elles s'orientaient sur le champ magnétique terrestre. Ensuite, grâce à un champ électromagnétique puissant, ils ont inversé l'orientation des cristaux de magnétite dans l'organisme de ces abeilles. Du coup, celles-ci ont changé de cap, pour se diriger dans la direction opposée. C'est l'expérience qui a incité Kirschvink à utiliser les techniques les plus "pointues" pour repérer la magnétite chez l'homme.

On se demande aujourd'hui si la magnétite ne serait pas nocive pour l'homme ; elle rendrait, en effet, nos cellules vulnérables aux champs magnétiques, ce qui expliquerait les risques, souvent évoqués, de l'exposition à certains de ces champs créés par les appareils électroménagers et les câbles haute tension. Du coup, elle donnerait une autre valeur aux corrélations statistiques entre des cancers du cerveau, des leucémies, des troubles neuropsychiatriques, et les champs électromagnétiques ambiants.

Jean Ferrara

## HUMAN

(Homo sapiens)



10 nanomètres



PAR MICHEL ROUZÉ ET IGOR ZIEGLER

# LE VRAI VISAGE DE NOSTRADAMUS

D'obscurs quatrains dans lesquels, depuis quatre siècles, on s'acharne à déchiffrer les prophéties du mage, ne font qu'évoquer les souvenirs d'un gamin de Provence. C'est ce que démontre le célèbre démystificateur James Randi (photo ci-dessous). Il faudra donc relire les *Centuries*.

**Q**uel est l'écrivain français le plus populaire dans les pays de culture occidentale ? Celui dont l'œuvre a inspiré plus de 400 ouvrages, sans compter les citations, les articles et aujourd'hui les émissions de radio et de télévision ? C'est Michel de Nostre-Dame, alias Nostradamus, médecin, astrologue, poète et prophète. Le dernier livre paru a pour titre *The Mask of Nostradamus* (1). L'auteur : James Randi, "the amazing Randi" (le stupéfiant Randi), illusionniste professionnel, pourfendeur de charlatans et l'un des fondateurs du CSICOP, le comité américain pour l'étude scientifique des allégations de phénomènes paranormaux.

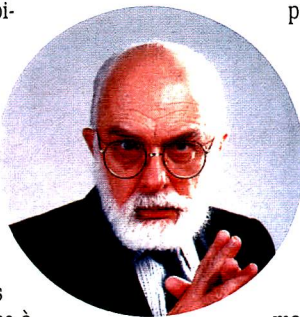
La plupart des ouvrages disponibles jusqu'ici sont des biographies, qui donnent davantage à la légende qu'à des recherches objectives, et donnent des interprétations d'obscurs quatrains, les *Centuries*, et de quelques autres poèmes aussi hermétiques, dans lesquels aurait été cachée l'annonce d'événements futurs. Les exégètes s'efforcent à traduire en clair ces vers mystérieux et à y trouver des preuves de la clairvoyance du prophète. Face à ces croyants, quelques sceptiques s'emploient à montrer que, ou bien Nostradamus s'est trompé, ou bien il est vain de chercher à le comprendre, car ses quatrains n'ont aucun sens. Il ne serait qu'un vulgaire farceur parmi tant d'autres exploiters de la crédulité des naïfs.

James Randi n'emboîte le pas ni aux uns ni aux autres. Sa démarche est scientifique. Ce qui l'intéresse, ce n'est pas de savoir si, oui ou non,

Michel de Nostre-Dame était un voyant. On sait bien que, une fois pour toutes, Randi ne croit pas à ces contes pour naïfs. Des marchands de prédictions, il y en a eu bien avant Nostradamus. A son époque même, il a eu des concurrents plus ou moins chanceux. D'autres sont venus après lui, et ils sont aujourd'hui plus nombreux que jamais, qui tiennent boutique dans ce qui fut la Ville Lumière. Il y en aura sans doute toujours, comme des sceptiques pour s'acharner à les démolir. Ainsi le veut la condition humaine.

**Ce qui intéresse Randi**, c'est de démêler les causes du succès exceptionnel des *Centuries*, succès qui persiste après quatre siècles. Randi ne porte aucun mépris au prophète provençal. Il éprouve même pour lui une admiration et une sympathie fondées sur une étude menée depuis plusieurs années et couronnée par des recherches *in situ*, c'est-à-dire à Saint-Rémy-de-Provence où Michel de Nostre-Dame est né et a passé les seize premières années de sa vie.

Tout d'abord, l'étonnante réussite du mage provençal ne peut se comprendre que si l'on commence par la situer dans son contexte historique et social. Le futur Nostradamus vient au monde en 1503. L'imprimerie a pénétré en France à peine une trentaine d'années auparavant. Jusque-là les copistes étaient les seuls à diffuser des œuvres écrites, réservées à un tout petit nombre de privilégiés. Grâce à Gutenberg, elles se répandent dans de larges couches de la société. Pour un homme aimant la notoriété et pourvu d'un bon capital de connaissances, la tentation sera forte d'utiliser le livre pour servir son ambition.



(1) Edité par Charles Scribner's Sons, New York.







Après de brillantes études secondaires en Avignon, le jeune Nostre-Dame s'inscrit en 1523 à la faculté de médecine de Montpellier. En deux ans, il décroche une licence qui lui donne déjà le droit d'exercer. Or une épidémie de peste ravage le pays. A Narbonne, à Toulouse, à Carcassonne, à Bordeaux, Nostre-Dame secourt de son mieux les malades que bien des confrères plus âgés se gardent d'approcher, par peur de la contagion. Puis il revient à Montpellier, où il reçoit bientôt son diplôme définitif. Il s'établit à Agen, s'y marie, devient père de deux enfants. En 1537, après plusieurs retours offensifs, la peste se déchaîne à nouveau sur le Midi. Elle emporte les deux enfants, puis leur mère. Quelques malveillants reprocheront à Nostre-Dame de n'avoir pas su préserver les siens, alors qu'il courait d'un pestiféré à l'autre.

En 1550, il publie son premier almanach. Comme dans tous les ouvrages de cette sorte, les recettes pratiques y alternaient avec les horoscopes. Il avait, sur ses concurrents, un gros avantage : il était médecin et pouvait, malgré l'état rudimentaire de la médecine à cette époque, donner quelques conseils réellement utiles. Quant à l'astrologie, elle était enseignée à la faculté de Montpellier...

**Mais, si Nostradamus éclipse ses rivaux**, son succès même l'exposait à des jalousies et à une menace au moins aussi redoutable pour lui que la peste : c'était d'attirer sur ses activités la vigilance de la Sainte Inquisition. L'Eglise n'aimait pas les prophètes non consacrés. De temps en temps, pour faire un exemple, elle frappait un de ces hérétiques. Nostradamus était une cible toute désignée : ses ancêtres étaient des juifs convertis. De l'autre côté des Pyrénées, il aurait probablement fini sur le bûcher en compagnie d'autres marranes – ces juifs espagnols convertis après les massacres de 1391, puis pourchassés, un siècle plus tard, par l'Inquisition espagnole. En France, l'Inquisition était moins meurtrière, mais pressentant quand même le péril, Nostradamus avait jugé prudent de changer un peu d'air, quittant Agen pour Marseille, puis Aix-en-Provence et se fixant enfin près de son lieu de naissance, à Salon-de-Provence, où il s'était remarié. Son nouveau foyer devait se peupler de six enfants.

Aux almanachs succèdent alors des recueils qui semblent viser surtout un lectorat féminin : art de bien se farder, soins à donner au visage, recettes culinaires (notamment pour la préparation des confitures, conseils pour res-

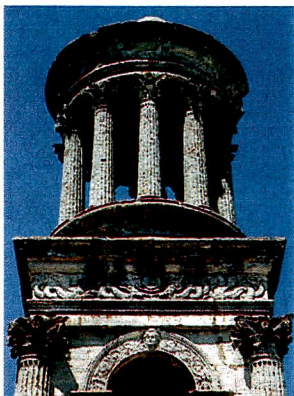
## Le voyant ne voyait que ce que vous auriez vu

C'est en allant faire un tour au pays de Nostradamus que James Randi, le célèbre démystificateur des tordeurs de cuillers et autres charlatans, a pu percer le vrai sens d'un des quatrains (publié en page suivante) du célèbre astrologue. Le quatrain en question, dans lequel on a voulu voir de renversantes prédictions, entre autres sur l'avènement des montgolifières, n'était en fait qu'une description de mémoire d'un site que Nostradamus avait longtemps fréquenté puisqu'il s'agissait du terrain de jeu de son enfance. Tout y est, rien n'est mystérieux. Le mont Gaussier – *Mont Gaulsier* dans le quatrain – (**photo ci-contre**). Le trou, dans un roc de cette colline, dont on sait que, du temps des Romains, il servait à monter la garde dans la mesure où il permet de dominer tout le paysage du regard. Le pic des deux Rocs, que sur place on appelle "les Deux Rochers" et qui jouxte le mont Gaussier sur la gauche (non visible sur la photo). Le Mausol, aujourd'hui appelé le Mausole (**photo ci-dessous**), qui se dresse derrière les ruines romaines de Glanum lorsqu'on les regarde de la colline. Enfin Sext fait référence à Sextus, nom figurant en abrégé dans l'inscription latine qui court autour du chapiteau du Mausole et que Nostradamus connaissait bien également.

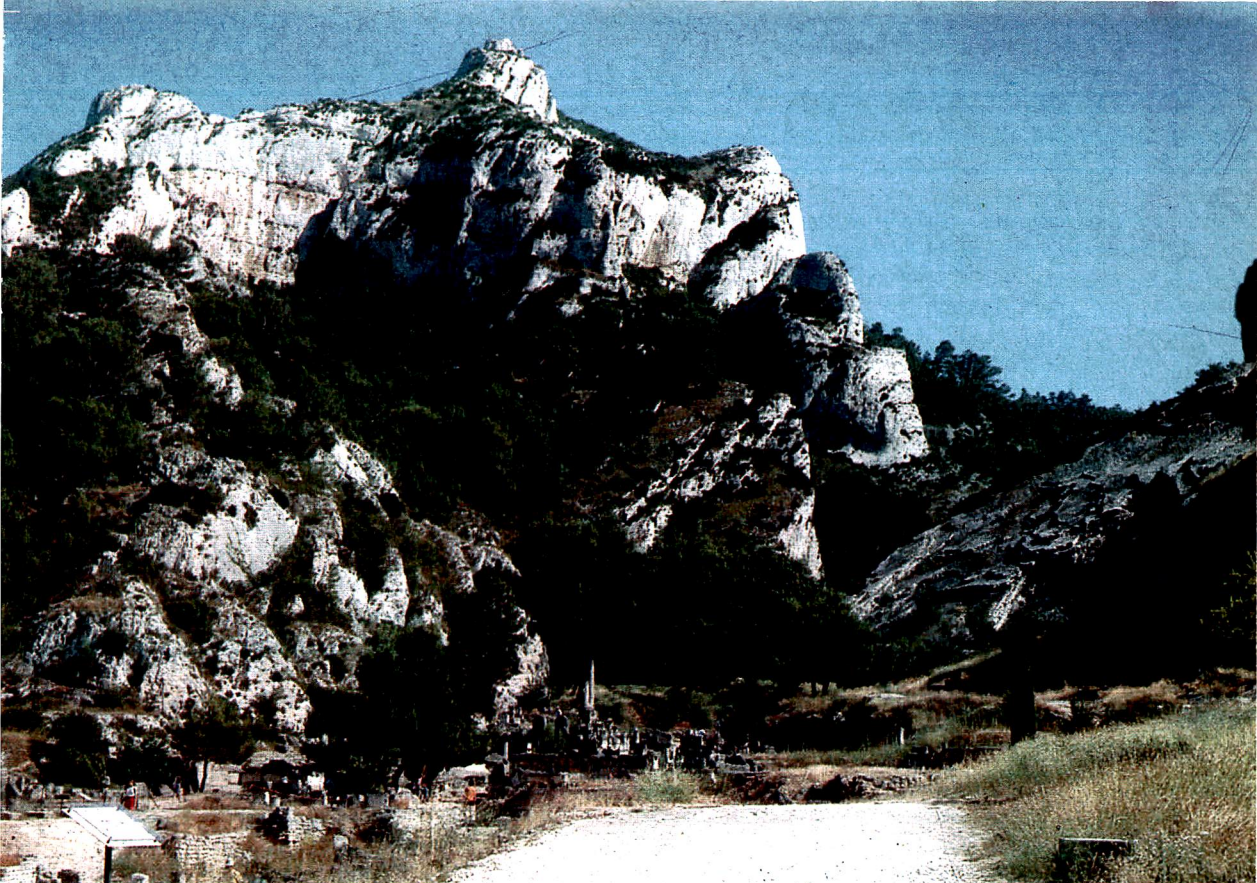
ter en bonne santé). Puis, au printemps 1555, paraît la première édition des fameuses *Centuries*.

On a discuté de la signification exacte de ce titre. D'après Randi, il désigne simplement un groupe de cent quatrains. L'édition de 1555 contenait les *Centuries* 1 à 3, plus 53 quatrains de la 4<sup>e</sup> *Centurie*. Une nouvelle édition, en 1557, va jusqu'à la moitié de la 7<sup>e</sup> *Centurie*. En 1558, l'œuvre s'achèvera avec les *Centuries* 8, 9 et 10. Des contrefaçons surgissent un peu partout, avec des changements et même des quatrains apocryphes, façonnés par des imitateurs plus ou moins habiles. C'est la rançon de la gloire. Quatre mois après l'édition de 1555, Catherine de Médicis, reine de France, invite Nostradamus à Paris. Il y est reçu comme un grand personnage et repart muni d'une confortable subvention. Il n'a plus à

craindre l'Inquisition. Ses hautes relations le rendent intouchable. En 1562, l'évêque d'Orange le consulte pour trouver les coupables de vols sacrilèges perpétrés dans la cathédrale. La réponse est un modèle d'habileté : après des prédictions et des précisions soigneusement invérifiables, elle se termine sur une note optimiste, laissant espérer que les trésors







dérochés seront retrouvés et les coupables châtiés. En 1564, Catherine de Médicis et son fils, le roi Charles IX, parcourant le royaume, ne manquent pas de passer par Salon pour y rendre visite au vieux devin, qui reçoit le titre de Médecin du roi.

**Nostradamus croyait-il vraiment à son don de voyance ?** Randi tend à le penser. Le prophète professionnel, explique-t-il, peut être convaincu de son pouvoir, tout en ayant essuyé assez d'échecs pour savoir qu'une certaine mise en scène est nécessaire pour ménager son prestige. Pour le "sorcier de Provence", la mise en scène était d'abord l'art de donner à ses oracles la forme de poèmes à la fois énigmatiques et impressionnants. C'était aussi de s'assurer d'efficaces protections parmi les puissants de ce monde.

**Était-il sincère quand il affichait sa piété** et se donnait pour le fils soumis de la Sainte Eglise apostolique et romaine, allant jusqu'à féliciter un cousin du pape Pie IX pour avoir chassé d'Avignon les hérétiques, ces « ennemis de Dieu » ? A cet égard, Randi produit des documents qu'on peut juger accablants : des lettres en latin de Nostradamus, adressées à un astrologue allemand, le luthérien Lorenz Tubbe. Après des aventures compliquées et mal connues, des copies de cette correspondance ont été retrouvées en 1961 à Paris, dans les archives de la Bibliothèque nationale, et dûment authentifiées par des experts. No-

stradamus y exprime sa sympathie pour les protestants, ces « chrétiens », et son aversion pour les catholiques qu'il appelle les « papistes ». Catherine de Médicis, la future organisatrice du massacre de la Saint-Barthélémy, ne soupçonnait pas chez son "sorcier" une telle duplicité. Du simple point de vue de la vérité historique, on souhaiterait une confirmation de l'authenticité de ces lettres. Elles ne semblent pas trop émouvoir Randi. Après tout, nous n'avons pas besoin de remonter jusqu'au XVI<sup>e</sup> siècle pour savoir que, si un chef d'Etat dispose du pouvoir absolu, la prudence est de se dire toujours d'accord avec lui.

Randi réserve ses sarcasmes à ceux qu'il appelle les « nostradamien », c'est-à-dire les commentateurs qui s'évertuent à prouver que les *Centuries* annonçaient à l'avance, dans un langage codé, des événements qui se sont effectivement produits. Il a sélectionné des quatrains parmi les plus souvent cités. En vedette, celui qui est censé annoncer la mort d'Henri II.

**Le lyon jeune le vieux surmontera  
En champ bellique par singulier duelle ;  
Dans caige d'or les yeux lui creuera  
Deux classes une, puis mourir, mort cruelle.**

Au cours de l'été 1559, Paris célébrait en même temps deux grands mariages : celui de la fille d'Henri II, Elizabeth, avec Philippe II d'Espagne et



celui de la sœur d'Henri, Marguerite, avec le duc de Savoie. La cour avait organisé pour clore les festivités un tournoi dans la rue Saint-Antoine. Une des dernières joutes opposait Henri II au comte de Montgomery. Mal dirigée, la lance de Montgomery se brisa et pénétra dans le crâne du roi, qui mourut dix jours plus tard. Ce n'était pas le premier accident de ce genre survenu dans un tournoi, mais ce fut le dernier, car, à la suite de cette tragédie, les tournois passèrent définitivement de mode. Les nostradamien ont voulu trouver dans ce quatrain obscur une annonce de l'accident. A quoi Randi oppose quelques remarques. La différence d'âge entre les deux hommes n'était que de quelques années, ne justifiant aucunement l'emploi des termes *jeune* et *vieux*. Henri II n'a pas été tué sur un champ de bataille (du latin *bellum*, "guerre"), mais dans un tournoi qu'on rangerait aujourd'hui parmi les épreuves sportives. *Caige d'or* ne correspond à rien : les armures et les casques, même royaux, n'étaient jamais en or, métal trop mou pour cet usage. Le lion (*lyon*) n'a jamais été l'emblème des rois de France ; le coq ou la fleur de lys eussent été plus appropriés. Enfin les nostradamien rapprochent *classes* (dernière ligne du quatrain) du grec *klasis* ("cassure", "blessure") : Nostradamus était exercé au latin, non au grec ; s'il avait voulu donner à *classes* une signification antique, il aurait pensé à "flottes", qui est le sens latin. S'agirait-il d'un combat naval ?

Citant d'autres exemples, Randi décortique les techniques imaginées par les nostradamien pour faire dire à un quatrain ce qu'il n'a jamais dit. Ainsi, le mot *noir* peut être pris comme tel, mais il peut aussi signifier "roi" par la suppression de la lettre initiale *n* et son remplacement par la lettre *r*. En somme, Nostradamus aurait inventé le "verlan" !

Ce serait justement le cas dans le 20<sup>e</sup> quatrain de la 9<sup>e</sup> Centurie, apparemment le plus "troublant", celui dans lequel les nostradamien voient l'annonce, plus de deux siècles avant l'événement, de la fuite de Louis XVI et de Marie-Antoinette, qui s'acheva par leur arrestation en cours de route à Varennes :

**De nuit viendra par la forest de Reines  
Deux pars vaultorte Herne la pierre blanche,  
Le moine noir en gris dedans Varennes  
Esleu cap, cause tempête feu, sang tranche.**

Pour une encyclopédie d'occultisme citée par Randi, le mot *forest* (orthographe ancienne de "forêt") serait un déguisement du latin *fores*, "porte". En effet, les fuyards ont réussi à quitter les Tuileries par une porte non surveillée. *Pars* devrait être lu "part", terme qui en vieux français désignait

l'un des deux conjoints, le mari ou l'épouse. *Vaultorte* devrait être décomposé en deux mots, *vaulx*, "vallées" – ou pluriel de "val", comme dans l'expression "par monts et par vaux" – et *torte*, "tortueuse". *Herne* serait un anagramme : remplaçons le *h* par un *i* et déplaçons les lettres : nous obtiendrions "reine". *Moine* représenterait le préfixe grec *monos*, "seul". *Noir* serait un autre anagramme déguisant le mot "roi". *Cap* serait Capet, nom de la dynastie royale. *Esleu* devrait se lire "élu". Et *tranche* désignerait le couteau de la guillotine qui tranchera les cous de Louis XVI et de son épouse.

Voilà vraiment beaucoup de détours linguistiques. D'autres nostradamien avancent néanmoins des variantes et des perfectionnements de ces interprétations. La *pierre blanche* signifierait ainsi que la reine était habillée en blanc, alors que le roi est en gris.

**En sollicitant et triturant un texte dans tous les sens**, on peut toujours lui faire dire ce qu'on a décidé d'y trouver. Mais, en admettant même les interprétations des nostradamien, Randi démontre qu'elles ne correspondent pas aux faits. Ainsi, la route choisie par les fuyards n'était nullement *torte* : c'était le meilleur itinéraire pour gagner Montmédy, où ils trouveraient une garnison fidèle à la royauté. Marie-Antoinette n'était pas vêtue de blanc, mais de gris, avec une cape noire. Louis XVI n'était certes pas monarque élu, mais héréditaire. Etc.

Qu'un homme vêtu de gris fit un voyage nocturne n'a en soi rien de remarquable ; il y en a eu et en a sans doute beaucoup dans ce cas de par le monde, jusqu'à aujourd'hui. C'est bien peu pour justifier un rapprochement avec un grand événement de l'histoire de France. On a donc beaucoup glosé sur la désignation de Varennes. Patatras ! Randi lui assène le coup de grâce : il a trouvé en France vingt-six localités qui portent ce nom. Pour notre part, nous en avons trouvé trente-deux – non compris Varesnes – dans le *Dictionnaire des communes* (éditions Lavauzelle). Tirons le rideau.

Et venons-en maintenant au 57<sup>e</sup> quatrain de la 5<sup>e</sup> Centurie, celui qui a conduit Randi à une découverte vraiment surprenante, car elle pourrait nous donner une nouvelle clé, valable celle-là, pour le déchiffrement d'autres quatrains. Le voici :

**Istra du Mont Gaulsier & Aventine,  
Qui par le trou advertira l'Armée  
Entre deux Rocs sera prins le butin  
De Sext, Mausol faillir la renommée.**

Des nostradamien ont vu dans ces quatre vers l'annonce de l'invention de la montgolfière et de son utilisation militaire. L'un d'eux, V. Ionescu, trans-

(suite du texte page 167)





*La Mycologie est une Science tellement complexe que tous les ouvrages réalisés ne sont conçus que pour faire connaître au Public "l'existence de divers Champignons".*

*Car pour "les reconnaître, les identifier" parmi les 1600 espèces les plus répandues faut y avoir consacré au moins 20 ans de sa vie !*

## L'ENCYCLOPÉDIE ANALYTIQUE des CHAMPIGNONS

Un énorme travail de Jacques MONTEGUT qui vous donne **une chance sérieuse, sans être Mycologue** de reconnaître les Champignons parmi 1600 espèces car il les a analysés sur le plan de leurs **caractères morphologiques** et ensuite classés en fonction de la présence ou de l'absence de ces caractères. Répartis dans 7 grands groupes empiriquement constitués, 205 INTERCALAIRES portent les analyses de 2350 Espèces dont **1600** parmi les plus répandues sont présentées, en sus avec **photos couleurs, descriptifs complémentaires, sigles et mots-clés**.

En **1114 pages** ; format : **H. 32,5 x 24,5 cm, 4,8 kg** en **2 Volumes**, couverture en dur et dorure à chaud.

Prix **1 800 F** TTC et franco, **disponible**, l'envoi est effectué en Colissimo recommandé R3

La **Cassette Vidéo VHS** de 3 heures, commentée par J. Montégut passe en revue les caractères qui ont une importance sur un champignon.

La recherche s'effectue à partir de **7 groupes** empiriquement constitués et représentés chacun par une couleur distincte sur la gauche des Onglets (= les 3 cm du haut) de leurs INTERCALAIRES (= les porteurs de toutes les analyses).

- ① **Formes diverses** : masses, coupes, doigts gélatineux, éponge avec pied, forme de selle avec pied, buisson gélatineux ; et formes diverses, **selon croquis**.
- ② Chapeau et pied et **sous le chapeau des aiguilles**
- ③ **Durs comme du bois** à l'âge adulte ; consoles au pied des arbres
- ④ chapeau et pied et **sous le chapeau des tubes** terminés par des pores ; bolets, suillus, etc...
- ⑤ chapeau et pied et **sous le chapeau des lames** 6 petits

- groupes reconnaissables au premier coup d'oeil (Chanterelles, Hygrophores, Russules, Lactaires, Pleurotoïdes, Bolets lamellés) et on vous indique bien sûr comment les reconnaître
- ⑥ chapeau et pied et **sous le chapeau des lames** ; 46 groupes d'analyses ; aucun de ces 5 caractères : *cortine, armille, anneau, volve, bulbe marginé*
- ⑦ chapeau et pied et **sous le chapeau des lames** ; avec **1 ou 2 caractères** parmi les 5 indiqués ci-dessus.

- a) Après avoir défini dans lequel des 7 groupes indiqués ci-dessus, doit se trouver le champignon examiné, la recherche d'identification s'effectue en 2 autres étapes : b et c.
- b) Il faut rechercher l'Intercalaire dont l'onglet indique des caractères que possède également le champignon que vous examinez.
- c) Il faut ensuite trouver, sur ce même Intercalaire, ou sur la ou les "suites" qu'il peut avoir, les autres caractères du champignon examiné, et seront alors inscrits le nom de Genre, d'Espèce, et le numéro que porte l'espèce dans l'Encyclopédie.

**BON DE COMMANDE** à renvoyer à : **S.E.C.N - BP 39 - 78630 ORGEVAL** - Tél. : (1) 39.75.51.51

NOM : ..... PRENOM : .....

ADRESSE : .....

CODE POSTAL [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] VILLE : .....

☐ L'ENCYCLOPÉDIE ANALYTIQUE DES CHAMPIGNONS Prix **1 800 F**

☐ CASSETTE VIDEO, 3 heures, VHS "Connaissance des Champignons" achetée avec l'Encyclopédie ..... Prix **180 F**

☐ CASSETTE VIDEO achetée seule ..... Prix **427 F**

☐ REGLEMENT : Ci-joint mon chèque de Fr. ....

☐ Règlement échelonné pour l'ENCYCLOPÉDIE + Cassette Vidéo

☐ Ci-joint mon chèque d'acompte de Fr. **600**

et ci-joint mon RIB ou RIP.

Je désire payer le solde en :

☐ 3 prélèvements de Fr. **480** (agios de 60 F).

ou ☐ 6 prélèvements de Fr. **250** (agios de 120 F).

Livraison de l'ENCYCLOPÉDIE en "Colissimo" R3

Date :

Signature

☐ Je désire d'abord recevoir votre **Documentation-Présentation** (140 g) : (7 documents représentatifs, extraits de l'ENCYCLOPÉDIE ANALYTIQUE Intercalaires, planches, croquis, index, glossaire).

Ci-joint mon chèque de Fr. **35**, que je déduirai de mon achat éventuel de l'ENCYCLOPÉDIE ANALYTIQUE DES CHAMPIGNONS.



# HAVANITOS



SELON LA LOI N° 91. 32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES



# ECHOS DE LA RECHERCHE

## VIROLOGIE

### "Sida sans virus" : des fumées (presque) sans feu

L'émoi causé en juillet par la découverte de onze personnes séronégatives mais souffrant quand même du sida a été excessif. Les faits sont sérieux, mais pas extraordinaires.

**B**ombe à Amsterdam», «sida sans virus», «troisième virus du sida» ont annoncé certains organes de presse. Voici les faits, révélés d'abord par notre confrère américain *Newsweek* (1). Le Dr Sudhir Gupta, de l'université de Californie à Irvine, a révélé au VIII<sup>e</sup> congrès sur le sida, à Amsterdam, qu'il avait trouvé chez onze personnes des signes formels du sida, alors que les analyses sanguines se révélaient séronégatives (?). Toutefois, on trouvait chez ces sujets des anticorps contre un virus non identifié.

D'autres médecins ont alors révélé qu'ils comptaient dans leurs dossiers un petit nombre de cas similaires. Or les trois tests classiques de dépistage (Elisa, Western Blot et PCR) n'ont pas été uniformément négatifs. Dans un cas, par exemple, celui d'une Portugaise de 40 ans, le test Elisa était positif alors que les deux autres étaient négatifs. De plus, une nouvelle technique d'analyse d'urines a mis fin à l'incertitude et a confirmé la séropositivité de la patiente.

Par ailleurs, précise le Pr Luc Montagnier, de l'Institut Pasteur, il n'y a pas de "troisième virus" du sida,

mais une variante ou un mutant du virus HIV 1, dont les différences portent sur l'enveloppe. Il semble que ce soit là un virus "défectueux". Un seul cas sur les onze est, selon le Pr Montagnier, resté négatif ; il est toujours à l'étude.

L'apparente "invisibilité"

du virus pourrait alors être due à l'influence d'un cofacteur, cet élément essentiel au développement de la maladie, mais dont l'identité n'est pas encore établie. Nous en avons déjà évoqué l'existence dans ces colonnes. Les faits sont sérieux parce que, bien que ces cas

soient rares, ils pourraient imposer un nouveau système de contrôle des produits sanguins. Mais les alarmes ont été excessives et l'on a vu beaucoup de fumée pour très peu de feu. **G.M.**

(1) *Newsweek*, 17 juillet 1992.

(2) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 15 août 1992.

## ÉLECTRONIQUE

### Automédication chez les puces

**V**oilà plusieurs années que les circuits électroniques des téléviseurs savent compenser tout seuls leur vieillissement. La qualité des images reste donc stable au cours des années. Procédé que la biologie serait bien contente d'imiter...

Le rêve des concepteurs de matériel électronique est d'appliquer ce système à une gamme de produits beaucoup plus large. Les ingénieurs de la General Electric étudient donc un nouveau type de puce, capable non seulement de diagnostiquer automatiquement ses pannes mais également de s'autoréparer.

Après simulation informatique de pannes, ces chercheurs ont identifié les points stratégiques de la

puce et y ont installé des circuits d'autocontrôle. En cas de défaillance, les informations recueillies sont transférées à un circuit de correction. Ce dernier produira alors un signal de compensation qui, ajouté aux informations normalement traitées par le circuit, permettra de rétablir le fonctionnement cohérent de l'ensemble.

La panne créant en quelque sorte une déformation du traitement normal du signal, on ajoute au signal d'origine une déformation opposée.

Il faut attendre deux ou trois ans avant que cette technologie soit commercialement exploitable. Ses premiers champs d'application devraient être l'aéronau-

tique ainsi que l'astronautique. Sans doute verra-t-on, sous peu, apparaître des ordinateurs qui nous préviendront qu'ils sont en convalescence et qu'on est prié de les traiter avec douceur...

**H.-P.P.**

● **Maladie rare, le lupus érythémateux disséminé** pourrait être causé par un "agent environnemental" comme un virus, un mycoplasme ou un produit chimique. En témoignent les cas de chiens de personnes atteintes de lupus présentant des anomalies immunologiques. L'origine de cette maladie reste mystérieuse, et l'étiologie la plus couramment admise est un trouble auto-immun.



## Les autres blessures de la guerre du Golfe

Les guerres provoquent aussi des dommages psychiatriques : 20 % à 30 % des blessés physiques souffrent en plus de névroses graves. Et l'on commence à les voir se déclarer en Grande-Bretagne, à la suite des engagements militaires de l'an dernier. On n'ose imaginer ce qu'il en est dans l'autre camp.

**O**n supposa d'abord (lors de la Grande Guerre), rappelle un article de notre confrère britannique *New Scientist* (1), que les troubles psychiatriques des soldats au combat, stupeur, amnésie, désorientation, délire, étaient dus à un "état de choc". L'expression (la nosologie) est vide de sens, on s'en avise aujourd'hui. Ce qui se passe en fait est qu'une peur intense provoque un stress proportionnel, qui se manifeste après l'épreuve (?).

On pensa à l'époque qu'un soldat "viril et courageux" devait se remettre de son choc dans les heures qui suivaient le combat. Ceux qui ne le faisaient pas – et on les compta par milliers – désertèrent et passèrent en cour martiale, et éventuellement par le peloton d'exécution. Les Allemands et les Autrichiens sourirent, eux, les "lavettes" à l'électrochoc, bien avant l'utilisation médicale de ce traitement. Certains soldats se suicidèrent. Ce ne fut que dans les années vingt qu'on s'avisa que le choc n'était pas dû à une défaillance patriotique ou de la virilité.

Il est illusoire d'imaginer que les soldats montent joyeusement à la mort, et c'est pourquoi, dans les siècles passés, certains chefs de bande, comme le célèbre Vieux de la Montagne, chef des Haschischins dont le nom est à l'origine d'"assassin", droguait ses recrues au haschisch donc, afin d'indui-

re en eux un état d'euphorie qui les rendait capables de mieux affronter le danger.

La drogue a fait toutefois son apparition dans le traitement des recrues choquées, lors de la dernière guerre. Pour sortir un soldat de son état de stupeur et de son amnésie, un psychiatre anglais, Stephen McKeith, lui administra de l'amytal de sodium, et l'effet fut bénéfique : le soldat revécut les circonstances du combat, et se rétablait.

Cette drogue ne fut toutefois pas efficace dans le traitement des soldats hollandais qui, dans les années cinquante, furent choqués par les scènes atroces, comme la décapitation de camarades en leur présence, vécues dans la jungle indonésienne. C'est alors qu'un psychiatre, Jan Bastiaans, de l'université de Leyde, recourut au LSD, hallucinogène célèbre. Cette drogue réussit à débloquent les malades, mais son utilisation, fût-elle médicale, suscita un tollé et l'on dut y renoncer.

Comme il n'est pas question de droguer les armées, on se limite de nos jours à évacuer vers l'arrière des lignes ceux des soldats qui ne se sont pas remis de l'épreuve quarante-huit heures après le combat.

Or il y en a beaucoup : 200 hommes pour 1 000 blessés lors des batailles sur le front de Normandie en 1944, 300 pour autant d'hommes dans les rangs israéliens lors de la guerre du Kippour en 1973.

Ces chiffres sont toutefois difficiles à estimer, car lorsqu'un soldat est évacué, cela donne à d'autres l'envie de l'être aussi.

Ces considérations prennent hélas une actualité particulière, car les conflits armés se multiplient dans le monde, de la guerre d'Afghanistan et des affrontements de Tian'anmen à la guerre du Golfe, et à d'autres engagements qui

ne disent pas toujours leur nom, qui est "guerre".

Les guerres sont assez détestables pour qu'on n'y ajoute pas l'injustice de considérer comme des couards ceux qui y perdent leur équilibre psychologique. **G.M.**

(1) David Cohen, "A War of Nerves", *New Scientist*, 8 mai 1992.

(2) Richard J. McNally, "Are Panic Attacks Traumatic Stressors ?" *American Journal of Psychiatry*, juin 1992.

## ORTHOPÉDIE

## Les chaussures, ce n'est pas "le pied"

**L**a mode en matière de chaussures est souvent une monstruosité orthopédique. Nous avons, il y a quelques années, consacré un article au sujet (1), mais il s'en faudrait qu'un ou même plusieurs articles remédient au manque d'infor-

mation des femmes et aient raison de l'obstination des fabricants, car le problème demeure.

En témoigne une étude récente américaine (2), qui démontre que 80 % des femmes chaussant plus que la pointure 38 souffrent des pieds et présentent une ou plusieurs déformations (le taux montant à 89 % pour les pointures égales ou supérieures au 40). Les conséquences ne sont pas seulement des orteils en marteau et des cors, mais également des troubles de la cheville et du genou. Une seule Américaine sur dix a des pieds normaux. **G.M.**

● **La vigne du dieu Tonnerre était utilisée en Chine de temps immémorial.** On vient de s'aviser qu'elle soulage l'arthrite rhumatoïde, la spondylarthrite ankylosante, le lupus érythémateux, l'hépatite chronique et plusieurs affections de la peau. De son nom latin, c'est le *Trypterigium wilfordii* Hook F., de la famille des caelastracées. Il en existe une variété mexicaine utilisée, depuis des siècles, exactement pour les mêmes affections.

1. *Science & Vie* n° 838.

2. Le rapport du Dr Carol Frey, chirurgien orthopédiste à l'Ecole de médecine de l'université de Californie à Los Angeles, a été présenté en juin à l'American Orthopedic Foot and Ankle Society.



● **"Puces", jeans et sexualité** : trois fois plus d'avortements chez les femmes qui travaillent dans une entreprise de production de puces électroniques et taux de spermatogénèse anormalement bas chez leurs collègues masculins. On se demande si le silicium n'en est pas responsable. Une autre étude récente indique que, depuis vingt ans, la spermatogénèse en général a baissé de moitié chez les hommes. On incrimine les jeans serrés, qui maintiennent une température pubienne néfaste à la spermatogénèse normale.

● **«Nous l'avons, en dormant, Madame, échappée belle !»** Un médecin américain réputé, Herbert L. Abrams, vient de publier un livre dans lequel il affirme que, pendant les dix jours qui suivirent l'attentat dont fut victime le président Reagan en 1981, les conséquences cérébrales de son collapsus pulmonaire, de l'anesthésie, de l'intervention chirurgicale et des drogues qui avaient un profond effet sur son comportement, avaient rendu le président américain totalement incapable de gouverner. Ce médecin accuse George Bush, alors vice-président, et tout l'état-major de la Maison-Blanche d'avoir failli à l'article 25 de la Constitution, qui exige que, dans un tel cas, l'autorité présidentielle soit transférée. Voici donc reposée la question des capacités mentales des chefs d'Etat.

● **Trou d'ozone et sida** : un rapport inattendu. Les ultraviolets nocifs accroîtraient l'apparition du sida chez les sujets déjà séropositifs, comme l'indiquent des expériences sur des souris.



#### CRYPTOZOOLOGIE

### Premier Grande Gueule n° 6, requin de genre inconnu, capturé

C'est seulement en 1976 qu'on a identifié le *Megachasma pelagios*, communément dit Grande Gueule et jusque-là inconnu des ichthyologues.

On dut lui créer une espèce, un genre et une famille pour lui tout seul.

**L**ong en moyenne de 4,5 m, c'est l'unique représentant connu des mégachasmidés, de l'ordre des laminiformes, dits aussi "requins à maquereaux". Il est de couleur bronze clair, plus pâle sur le ventre. En dépit de son apparence menaçante, il n'est pas plus dangereux pour l'homme que les autres laminiformes (requin de sable, requin-pèlerin, requin-lutin, requin-crocodile), ne se nourrissant, vu sa dentition, que de crustacés et de méduses

(les plus voraces semblent être les requins de sable, comme le requin-taureau qui peut manger de petits requins). Grande Gueule est généralement lent, et docile à l'égard de l'homme. Depuis, on en a identifié cinq autres, tous dans le Pacifique.

En octobre dernier, toutefois, on a pu capturer le sixième, un mâle, après l'avoir longtemps observé et photographié sous l'eau. C'est ainsi qu'on a pu fixer sous sa peau deux émet-

teurs qui permettent de suivre ses évolutions. On a alors établi que c'est un migrateur vertical, qui, au crépuscule, monte de quelque 300 m, à un angle de 70°, et jusqu'à une dizaine de mètres de la surface, pour se nourrir. Vitesse de montée et de descente : 43 m en 10 s. Il reste en eaux peu profondes jusqu'à l'aube, puis regagne ses profondeurs. C'est pourquoi on ne l'avait pas observé jusqu'à présent. On ignore tout de sa reproduction. G.M.



## PHYSIQUE

## Un trésor antique convoité par les physiciens

Il y a 2 000 ans, le *Navis oneraria*, cargo romain chargé de 50 tonnes de plomb en lingots, faisait naufrage au large de la Sardaigne.

Son chargement fascine un chercheur de trésors inattendu, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) d'Italie, qui parraine une campagne archéologique pour le récupérer.

**C**ar pour les physiciens, ce plomb vaut de l'or ! Meilleur matériau de blindage contre les rayons gamma et le rayonnement émis lors des collisions entre particules dans les accélérateurs, le plomb est déjà précieux. Mais celui-ci l'est encore plus, car il peut protéger certaines expériences délicates contre le "bruit de fond" de la radioactivité ambiante.

Ces expériences de physique des particules sont installées dans des tunnels de montagne, ou au fond de mines : ainsi, les centaines de mètres de roches qui les surplombent absorbent la plupart des rayons cosmiques qui pourraient les parasiter. Le laboratoire du tunnel du Gran Sasso, en Italie, est consacré à la recherche des neutrinos solaires, et à l'étude de certaines autres réactions très rares, que les rayons cosmiques masqueraient complètement si les expériences avaient lieu en surface.

Cependant, enterrer les laboratoires ne suffit pas, car la radioactivité gamma naturelle de la roche engendre elle aussi un "bruit de fond" inacceptable ; d'où la nécessité de blinder le détecteur avec du plomb pour absorber ce rayonnement. Mais, le plomb ordinaire n'est toujours pas suffisant : il est trop radioactif, lui aussi, pour ces expériences décidément fort épiques.

Lorsqu'il s'agit de piéger certaines désintégrations rarissimes, même la faible radioactivité de quelques isotopes contenus dans le plomb naturel (plomb 210, bismuth 210 et polonium 210) constitue une nuisance.

C'est là qu'apparaît tout l'intérêt du plomb romain : très ancien, sa radioactivité est exceptionnellement faible. En effet, après un séjour de deux mille ans au fond de la mer, il n'y a pratiquement plus trace de plomb 210, ni de ses descendants ; et protégés par l'eau, les lingots n'ont pas été "ré-

activés" par les particules environnantes d'origines cosmique ou terrestre. Ils aideront peut-être à résoudre l'énigme de la disparition des neutrinos solaires, l'une des tâches principales à laquelle est consacré ce laboratoire (1).

En échange de son soutien financier aux recherches archéologiques, l'INFN récupérera justement une partie du plomb pour le laboratoire du Gran Sasso. Les Romains, eux, le destinaient à la fabrication de canalisations, d'agrafes de vêtements ou d'ancres. **H.G.**

(1) Voir *Science & Vie* n° 893.

## ENVIRONNEMENT ET GÉNÉTIQUE

## La dioxine féminise les fœtus de rats mâles

**L**es effets de la dioxine, produit chimique rendu célèbre par l'accident de Seveso, ne font toujours pas l'unanimité. Il n'existe pas de travaux qui prouvent qu'elle déclenche le cancer, par exemple. Mais un fait au moins est acquis : à fortes doses, elle réduit les concentrations d'hormones mâles chez l'animal.

Administrée à des doses mêmes très faibles à la rate gravide, la dioxine ne fait pas que démasculiniser, elle féminise aussi l'embryon mâle. Elle agirait donc à la façon d'une "hormone environnementale" (1). Le Dr Thomas A. Mably,

chef de l'équipe du Wisconsin-Madison qui a effectué les travaux sur la question, cherche à savoir si la dioxine n'agirait pas aussi sur l'animal adulte. Linda S. Birnbaum, du centre de toxicologie de Research Triangle Park en Caroline du Nord, a trouvé qu'il n'existe pas de seuil minimal à l'action de la dioxine, ce qui est une nouveauté.

Si les travaux sur l'animal sont concluants, il faudra donc chercher à savoir si la dioxine ne modifierait pas également les hormones masculines humaines. **G.M.**

(1) *Toxicology and Applied Pharmacology*, mai 1992.

● **Non, les manuscrits de la mer Morte ne seront pas librement accessibles** : en dépit de la mesure annoncée par le gouvernement israélien après les tempêtes suscitées par les abus de pouvoirs et les extravagances des commis à la traduction, les célèbres textes esséniens ne seront pas disponibles au public, du moins pas comme on l'espérait. En effet, les autorités israéliennes en limitent la communication aux chercheurs qui voudraient les examiner «pour des raisons personnelles», et pas aux fins de publication. C'est-à-dire que l'on continuera, jusqu'en 1997 au moins, d'assujettir la publication des textes aux décisions unilatérales des commis cités plus haut. L'affaire est toujours complexe, une institution américaine, la Huntington Library, ayant décidé de communiquer, à tous ceux qui en feraient la demande, les photocopies des manuscrits qu'elle a réussi à obtenir. Dans un premier temps, le gouvernement israélien avait menacé la Huntington Library de poursuites judiciaires mais, dans un second temps, il y a renoncé. C'est donc le flou juridique qui règne jusqu'ici.

● **Nouveau traitement génétique** mis à l'essai sur une fillette souffrant d'une rare et grave maladie immunitaire (la déficience en adénosine déaminase, qui entraîne la destruction des globules blancs). Dans le monde, seuls 25 enfants en sont atteints. La fillette, qui a reçu en huit perfusions quelque 120 milliards de lymphocytes T manipulés génétiquement pour qu'ils produisent la substance déficiente, semble très bien se porter.



## Qu'en est-il du refroidissement de la planète ?...

L'effet de serre psychologique a été certes déclenché par le Sommet de Rio, celui-ci ayant échauffé certains esprits outre mesure. Mais, dans certains débordements de mauvaise foi, on a pu trouver des arguments intéressants.

**A**insi, dans un éditorial récent (1), le journaliste conservateur américain George F. Will a ironisé avec verve sur les capacités de prédiction de la science, notamment dans le domaine de l'aérologie et à propos de l'effet de serre (effet qui ne convainc pas non plus un scientifique de tendance idéologique pourtant antagoniste, André Langaney, qui soutient que l'effet de serre ne l'empêche pas de dormir). Reprenant des articles d'il y a une vingtaine d'années, Will rappelle que le *New York Times* du 14 août 1975 déclarait que «de nombreux signes annoncent que la Terre se dirige vers un autre âge glaciaire», que *Science* en 1971 constatait «une glaciation étendue de l'hémisphère Nord», et annonçait, le 10 décembre 1976, «l'approche d'un nouvel âge glaciaire de 10 000 ans».

Les annonces catastrophiques du même genre abondèrent : *International Wildlife* écrivait qu'«un nouvel âge glaciaire doit figurer, auprès d'un conflit nucléaire, comme une source probable de mort et de misère à grande échelle». En février 1973, *Science Digest* concluait aussi que nous devions tous nous préparer au prochain âge glaciaire. Le 28 avril 1975, *Newsweek* rapportait des «signes menaçants d'un refroidissement de la Terre» et déclarait que «les météorologues sont presque unanimes à reconnaître que

cette tendance réduira la production agricole pour le restant du siècle». Le 27 août 1974, le *Christian Science Monitor* annonçait pour sa part que les tatous avaient déserté le Nebraska pour se diriger vers le Sud, que les escargots avaient quitté les forêts de l'Europe centrale et que «l'Atlantique Nord se refroidit aussi vite qu'un océan peut se refroidir», que «les glaciers avancent» et que «les saisons de croissance végétale en Angleterre et en Scandinavie ont commencé à se raccourcir».

Bigre ! Où est donc passé ce refroidissement ? Or, Will n'arrête pas là ses sarcasmes. Il s'en prend aussi au scientifique Paul Ehrlich qui, en 1968, avait vaticiné en ces termes : «La bataille pour nourrir l'humanité est déjà perdue... Nous ne serons pas capables de prévenir de vastes famines au cours de la prochaine décennie.» Il est vrai que le même Ehrlich avait parié, avec l'économiste Julian Simon, mille dollars sur le fait que les prix du cuivre, du chrome, du nickel, de l'étain et du tungstène monteraient dans la décennie suivante ; ils tombèrent ; et Ehrlich dut alors payer.

Nous avons parfois, nous aussi, cru certains scientifiques sur leur autorité. Bien souvent aussi, nous les avons contestés, et nous nous sommes efforcés, en ce qui concerne l'effet de serre, de tempérer des alarmes exagérées. Entre

autres, dans notre article du n° 888 intitulé «Réchauffement planétaire ? Pas sûr !», nous avons, sur la base de certaines données, mis en doute la réalité du réchauffement. Et nous avons, à d'autres occasions, rappelé la difficulté de

construire des modèles climatiques fiables et le danger d'interpréter des tendances provisoires comme des tendances à long terme. **G.M.**

(1) *International Herald Tribune*, 11 juin 1992.

## ZOOLOGIE

### Le premier aye-aye dans l'hémisphère Nord

**I**l s'appelle Blue Devil (le diable bleu) ; il ressemble à un tout petit singe et appartient à une race de primates en voie de disparition, les aye-aye. L'université de Duke en Caroline du Nord (Etats-Unis) vient d'annoncer la première naissance en captivité, dans l'hémisphère Nord, de ce lémurien, origi-

naire de l'île de Madagascar. A sa naissance, Blue Devil était gros comme le poing et pesait 145 grammes. Il semble porter l'espoir des primatologues de repeupler Madagascar ; en effet, parce que, dans cette île, il a longuement été chassé, il s'y trouve aujourd'hui en voie d'extinction. **G.M.**





## Gaz dans le cerveau (suite) : hilarant !

L'affaire du gaz dans le cerveau (!) se corse avec les découvertes de plusieurs équipes de chercheurs : s'il y a bien un gaz dans le cerveau, ce serait celui qu'on appelle gaz hilarant.

**N**ous avons contesté l'hypothèse, très en vogue chez certains neurologistes, du monoxyde d'azote qui jouerait le rôle d'un neurotransmetteur. Les travaux des chercheurs du département de pharmacologie de l'école de médecine de l'université de Californie à Los Angeles (UCLA) semblent plaider en faveur de notre thèse. L'affaire est complexe, mais on peut la résumer ainsi : dans l'hypothèse de Snyder, Marletta et autres, il se formerait dans le cerveau un composé nitré qui libérerait le monoxyde d'azote. Ce composé se forme à partir de produits intermédiaires qui sont, eux, connus. Nos chercheurs ont donc oxydé ces composés, pour vérifier la nature des substances qu'ils libèrent alors.

Pour cela, ils ont utilisé différents types d'oxydants. Puis, ils ont recouru à des techniques d'analyse très fines qui permettent d'identifier les produits de l'oxydation sans ambiguïté (spectrométrie de masse couplée à la chromatographie en phase gazeuse). Si l'hypothèse de Snyder, celle du monoxyde d'azote donc, avait été juste, on eût dû trouver ce gaz-là et aucun autre. Or, on a trouvé et du monoxyde d'azote et du protoxyde d'azote,  $N_2O$ , dit gaz hilarant (il déclenche, en effet, un état d'hilarité) depuis sa découverte par Davy au XIX<sup>e</sup> siècle.

Ce gaz est toujours utilisé comme anesthésique. Il

agit, à forte concentration, en changeant la fluidité des membranes cellulaires (il rend beaucoup moins visqueuses), ce qui entraîne l'insensibilisation et l'anesthésie. C'est un gaz inerte, qui s'élimine dans l'air expiré par les poumons.

La découverte des chercheurs américains montre que la même molécule peut donc produire au moins deux gaz totalement différents. Mais il faut observer ceci : si la rupture du composé RNO s'effectuait à d'autres endroits, on obtiendrait aussi bien de l'ammoniaque ( $NH_3$ ) que de l'hydroxylamine ( $H_2NOH$ ). Comme le disent les chimistes interrogés, «la chimie des composés oxygénés de l'azote est compliquée et de nombreuses possibilités de coupures et de réactions peuvent être proposées».

Un chimiste de l'unité 71 de l'INSERM, à Clermont-Ferrand, spécialiste de la synthèse des composés RNO, estime pour sa part que l'hypothèse du monoxyde d'azote est la moins probable pour une raison spécifique : le groupement R du composé RNO attire généralement des électrons au moment de la rupture de la liaison. Ce qui ferait qu'on obtiendrait immédiatement des nitrites, sans passer par le stade de gaz, indispensable à l'hypothèse de Snyder.

On peut même imaginer que les réactions de rupture de RNO se fassent dans des pourcentages différents.

Par exemple, 70 % de  $N_2O$ , 15% de NO et 15 % de  $NO_2$ .

Si l'on veut suivre l'hypothèse de Snyder et Garthwaite, on dira alors que  $N_2O$  perturbe la membrane neuronale ; et si, comme le propose Jean-Pierre Changeux de l'Institut Pasteur, la mémoire était due en partie à un arrangement et à un état particulier des canaux dans la membrane des neurones, le  $N_2O$  sécrété par le neurone postsynaptique se diffuserait jusqu'au neurone présynaptique et modifierait sa membrane. L'enzyme responsable de la synthèse de ce gaz –  $N_2O$  cette fois et non plus NO – serait la  $N_2O$  synthase.

L'avantage de cette hypothèse, bien plus vraisemblable, est que le  $N_2O$ , le fameux gaz hilarant donc, n'est ni mutagène, ni toxique comme le monoxyde d'azote. Mais même cette hypothèse-là est farfelue, car  $N_2O$ , étant inerte, peut demeurer indéfiniment dans le cerveau et nous devrions alors être secoués en permanence par l'hilarité, ou bien alors anesthésiés !

S'il fallait pousser les spéculations dans ce domaine, il y aurait de quoi être alarmé. En effet, plus la population augmente, et plus la quantité de  $N_2O$  excrétée tout à fait normalement par les poumons augmente, ce qui aurait pour effet d'augmenter l'effet de serre ! Puisque ce gaz participe à cet effet.

A.M.

● **Les zébrures des moules** (quand elles sont zébrées) proviennent des toxiques qu'elles filtrent dans l'eau, comme les diphenyls polychlorés, les métaux lourds et les pesticides.

● **Les céréales riches en avoine** ont bien un effet hypocholestérolisant. Cet effet s'explique par la présence de bêta-glucan, qui réduit le cholestérol.

● **Et le vin aussi !** Cet effet s'explique, lui, par la présence d'un agent antichampignon que le raisin produit naturellement, le resveratrol. A consommer avec modération. Mais, lors d'une table ronde tenue paradoxalement à Bordeaux, des médecins français ont estimé qu'il n'existe pas assez de travaux pour affirmer les vertus thérapeutiques du vin.

● **Un taux élevé de manganèse dans les cheveux** correspond à des comportements agressifs, d'après une étude psychiatrique effectuée sur des prisonniers de droit commun condamnés pour crimes violents, et recensant les taux de 23 éléments différents. Le taux de manganèse de ces prisonniers était de 1,62 ppm, contre 0,34 ppm dans la population ordinaire. On savait déjà que l'intoxication au manganèse entraîne des troubles mentaux connus sous le nom de "folie de manganèse", ainsi qu'un syndrome parkinsonien. Reste à savoir pourquoi certains ont trop de manganèse.

● **Les échos de cette rubrique** ont été réalisés par Hélène Guillemot, Gerald Messadié, Alain Meunier et Henri-Pierre Penel.

(1) Voir Science & Vie n° 897, p. 64.



## Oui, la télévision peut rendre violent

La question de l'influence de la télévision sur le comportement, posée à plusieurs reprises ces dernières décennies, a trouvé sa réponse : la violence à l'écran augmente bien la criminalité.

**L**e démontre une étude du *Journal of the American Medical Association*, ou JAMA (1); signée du Dr Centerwall, du département de psychiatrie et de sciences du comportement de l'université du Washington à Seattle. Elle porte sur quarante ans, ce qui en fait la plus vaste enquête épidémiologique réalisée sur le sujet, et, surtout, elle n'est pas centrée sur les Etats-Unis, mais concerne également le Canada et l'Afrique du Sud.

Il y a bien corrélation entre le nombre de possesseurs de télévision et les taux d'homicides ; il y a un délai de huit à douze ans entre l'introduction de la télévision et l'augmentation de la violence. Pour Centerwall, le délai s'explique par le fait que l'influence de la

type avaient été réalisées dans le passé, mais elles n'avaient pas été concluantes ; peut-être parce que le champ épidémiologique n'était pas assez large ; peut-être aussi parce que les enquêteurs répugnaient à condamner la télévision. Demeurait le fait indiqué par le *Nielson Index*, hélas assez banalisé, qu'un jeune Américain a assisté en moyenne à 18 000 meurtres avant de terminer son enseignement secondaire. Un jeune Français, lui, comme l'indiquait l'enquête de notre confrère *le Point* (2), assiste en une année à « 670 meurtres, 15 viols, 848 bagarres, 419 fusillades ou explosions, 14 enlèvements, 11 hold-up, 8 suicides, 32 prises d'otages, 27 scènes de torture, 9 défenestrations, 13 tentatives de strangulation... ». Soit au total 2 066 scènes de violence. En dix ans, cela représente 7 000 homicides !

L'omniprésence de la violence à la télévision a été mesurée : de 73 % à 83 % de comportements agressifs aux Etats-Unis, par exemple. Comme les séries américaines sont les plus diffusées au monde, ouvrir son poste de nos jours revient à ouvrir



une fenêtre sur des scènes où la vie humaine est considérée comme sans importance.

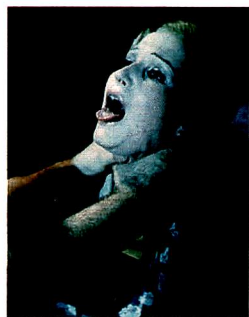
On a longtemps argué que cette violence n'aurait pas d'importance, étant donné qu'elle est fictive. La fiction est dans l'argumentation,

parce que l'enfant distingue mal entre réalité et fiction, surtout quand celle-ci est habillée du réalisme qu'on voit à la télévision. Et l'impact de l'exemple adulte sur l'enfance et l'adolescence n'a plus à être contesté.

Reste actuellement à savoir si les pouvoirs publics, en France comme aux Etats-Unis, tiendront compte de l'étude du JAMA et s'ils prendront les mesures nécessaires pour enrayer l'expansion d'une drogue tout aussi nocive que le crack, le chanvre ou l'héroïne : la violence télévisuelle. Peut-être certains argueront-ils de la difficulté qu'il y aurait à contrevienir aux lois du marché et à la liberté d'"information". Mais on ne laissera pas de trouver alors singulier que l'intervention des mêmes pouvoirs s'exerce aussi efficacement dans des domaines qui relèvent, eux, du comportement privé et pacifique. **G.M.**

(1) JAMA, 10 juin 1992.

(2) *Le Point*, 24 octobre 1988.



télévision sur le taux d'homicides s'exerce à partir de l'adolescence. Sa conclusion est formelle : « Les études épidémiologiques concourent à démontrer que l'influence de la violence à la télévision est responsable d'environ 50 % des homicides aux Etats-Unis ».

Des enquêtes du même





# Soif de partir !

# **NOUVEAU** **LE MAGAZINE** **DE CEUX QUI PARTENT VRAIMENT**

**A**ujourd'hui, il existe mille façons d'étancher votre soif de partir. Vous pouvez très bien avoir une folle envie de bronzer sous les cocotiers. Quelque temps après, de vous délecter devant les portails romans de Saintonge et plus tard, de crapahuter dans les Carpates en solo. **VOYAGE PRATIQUE** décline les vacances sous tous leurs aspects. Il vous donne les solutions pratiques pour organiser votre voyage et les astuces pour profiter au maximum de vos vacances.



## N°2

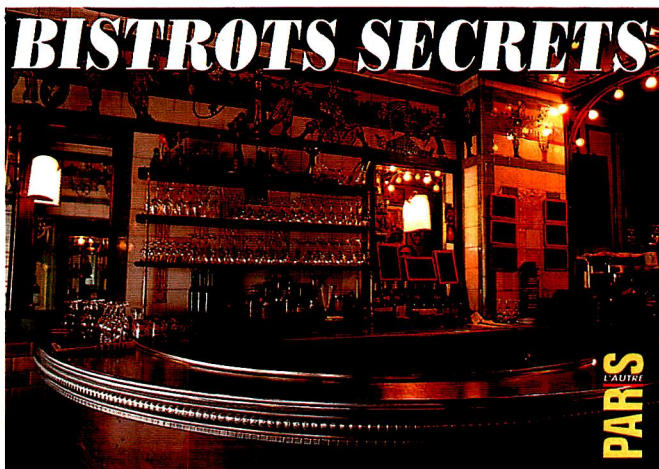
## SPECIAL PARIS

# LE PREMIER MAGAZINE



## Voyager futé

Ceux qui le peuvent aiment partir huit jours en Septembre ou en Octobre. Bonne saison pour louer moins cher une villa ou un voilier, descendre le cours d'une rivière en bateau habitable... Bonne saison aussi pour préparer les vacances d'hiver ou un voyage au long cours. Le n°2 de Voyage Pratique fourmille d'idées...

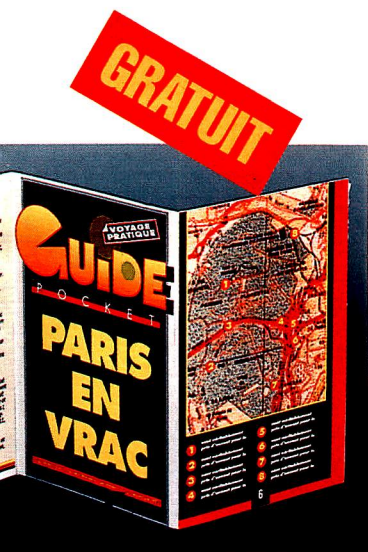


## Un tout autre Paris

Eh oui, vous n'y pensiez pas : vous avez voyagé, vous avez bronzé, mais Paris est toujours à découvrir. Dans le n°2 de Voyage Pratique, le Paris des bistrots secrets, le Paris poétique de Doisneau, le Paris des Puces les moins chères d'Europe, le Paris des collections étranges. Bref, le Paris des surprises au coin de la rue.

## Idées neuves pour vos week-ends

Trente destinations à portée de week-end. Le n°2 de Voyage Pratique vous promène en France et chez nos voisins proches. Au bord de la mer, sur des petites îles ou en pleine nature ; à Florence ou à Londres et même, pour vous ressourcer, dans un monastère... Hôtels douillots, hôtels cocons, petits restaurants savoureux, fermes-auberges : une manière de prolonger les vacances en automne.



## Le Guide-Pocket détachable

Avec chaque numéro de Voyage Pratique, le Guide Pocket, plein de tuyaux et d'adresses. Dans le n°2, Paris en vrac : des promenades nez au vent par arrondissements, mêlant les boutiques rares, les petits musées inconnus, les lieux les plus magiques de Paris. Un vademecum à conserver, avec index par genres.



**PARUTION DEBUT SEPTEMBRE**

UN MAGAZINE DU GROUPE SCIENCE & VIE

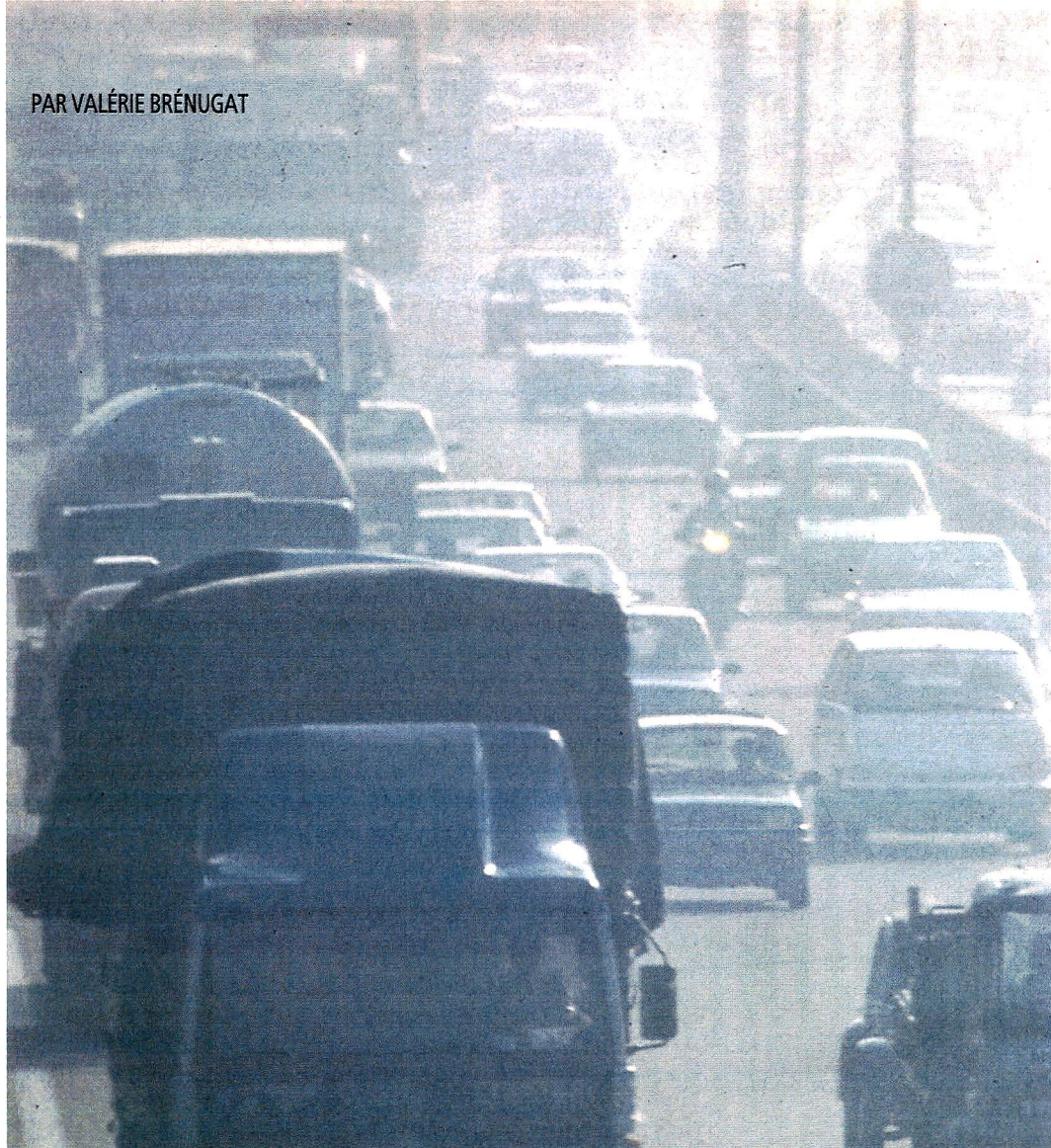
**RECOMMANDE PAR**



**PRATIQUE DU VOYAGE**



PAR VALÉRIE BRÉNUGAT



## LE CO<sub>2</sub> AU REBUT

Au rythme où vont les hommes, la teneur en gaz carbonique dans l'atmosphère pourrait doubler vers le milieu du siècle prochain. A la clé, un possible chamboulement du climat. Comment freiner cette tendance et éliminer ces dangereux surplus ? Des chercheurs proposent tout simplement de traiter le CO<sub>2</sub> comme un vulgaire déchet, tout juste bon à être enfoui dans les profondeurs de la terre ou de l'océan. Des solutions audacieuses et encore bien incertaines.





C'est désormais une certitude solidement établie : les activités humaines sont en train de mettre à mal la précieuse enveloppe gazeuse de la planète. Depuis une bonne dizaine d'années maintenant, des centaines de scientifiques à travers le monde auscultent l'atmosphère pour tenter de prendre la mesure des dégâts. Certes, leurs conclusions sont loin d'être définitives. A mesure qu'elles progressent, les recherches révèlent surtout la complexité insoupçonnée du système climatique de la Terre. Mais ils sont en revanche unanimes pour dire que la facture se paiera un jour par une perturbation du climat. Ainsi, la plupart des scénarios, les uns très alarmistes, les autres plus prudents, retiennent-ils comme une hypothèse à prendre très au sérieux un possible réchauffement de la planète. Au banc des accusés, les gaz à effet de serre, et notamment le  $\text{CO}_2$ . Non pas que le dioxyde de carbo-

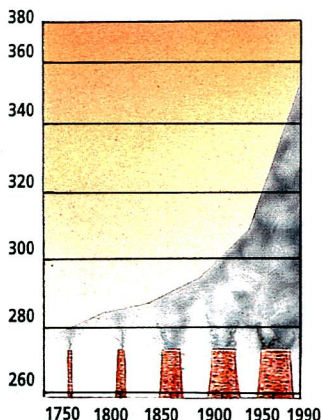
ne soit le plus abondant dans cette catégorie. La vapeur d'eau vient largement en tête. Le méthane, les CFC ou les oxydes d'azote sont également de la partie. Mais, selon les estimations les plus récentes, comme celles, par exemple, de J.F. Mitchell, du Meteorological Office de Bracknell, le  $\text{CO}_2$  est impliqué pour un tiers dans l'effet de serre naturel. C'est également le gaz à effet de serre qui augmente le plus vite du fait des activités humaines.

Les mesures systématiques du  $\text{CO}_2$  atmosphérique ont commencé en 1958. Les scientifiques disposent donc aujourd'hui d'un recul suffisant pour donner une estimation fiable de l'ampleur du phénomène. Ainsi, entre 1958 et 1990, sa concentration moyenne est-elle passée de 315 ppmv (partie par million en volume) à 354 ppmv, une teneur qui représente une augmentation évaluée à 25 % par rapport à la période préindustrielle. Bon an



## De plus en plus de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère

Concentration de CO<sub>2</sub> (en ppmv)



mal an, en chiffres absolus, la consommation mondiale des combustibles fossiles, charbon et hydrocarbures, entraîne un rejet dans l'atmosphère de six milliards de tonnes d'équivalent carbone de CO<sub>2</sub> (quantité de carbone présente dans le CO<sub>2</sub>) par an, un à deux milliards de tonnes dus à la déforestation venant, selon les estimations, alourdir le bilan. Cet enrichissement inquiétant peut paraître peu de chose si on le rapporte aux impressionnants gisements naturels de carbone. L'atmosphère en contient en permanence quelque 700 milliards de tonnes. L'ensemble des organismes vivants, végétaux et animaux, ainsi que les sols en stockent 1 800 milliards de tonnes. Quant au réservoir que constituent l'eau et surtout les sédiments marins, il est estimé à 39 000 milliards de tonnes. Chaque année, sans que l'homme n'y soit pour rien, 90 milliards de tonnes de carbone s'échangent, dans les deux sens, entre l'atmosphère et l'océan.

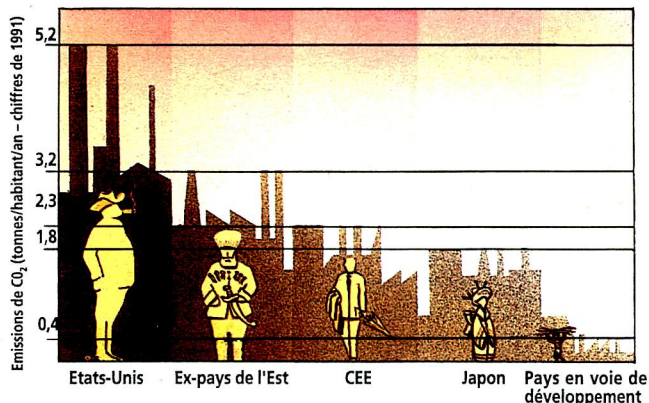
Dans ce système extrêmement complexe et encore très mal connu, l'océan est un irremplaçable régulateur. On estime qu'il renouvelle tous les huit ans la totalité du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et qu'il joue un rôle régulateur dans sa concentration.

Mais ce formidable encaisseur a ses rythmes. Il est lent à réagir. Trop, en tout cas, pour corriger les excès dus aux activités humaines. Selon Paul Quay, de l'université de Washington, l'océan absorberait chaque année 2,1 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> anthropogénique (produit par l'activité humaine). Un peu plus selon d'autres estimations. La végétation, dont la croissance dépend étroitement du carbone atmosphérique, pourrait, selon certaines études, se trouver dopée et en absorber un bon milliard de tonnes. Mais le solde, en tout état de cause, demeure positif. Un tiers environ du CO<sub>2</sub> d'origine humaine, soit entre 2,5 et 3 milliards de tonnes de carbone, reste dans l'atmosphère.

**Comment en réduire la production ?** Les termes de l'équation étant ainsi posés, il reste à imaginer les parades. Depuis la fin des années 1980, le sujet a figuré à l'ordre du jour d'un nombre impressionnant de conférences mondiales. Dernier sommet en date, celui de Rio. Brutalement propulsées sur le devant de la scène par les grands chocs pétroliers, économies d'énergie et énergies alternatives réapparaissent dans les programmes de nombreux pays sous la bannière de l'environnement. Les progrès technologiques réalisés en laboratoire sur les cellules photovoltaïques pourraient ainsi favoriser une relance de l'énergie solaire. Britanniques et Danois envisagent de confier aux éoliennes, d'ici 2025, 10 % de leur production totale d'énergie. En France, où l'on vante surtout la "neutralité" en matière d'effet de serre des réacteurs nucléaires, une éolienne de 300 kilowatts tourne depuis un an à Dunckerque. La voiture électrique fait timidement ses premiers tours de roues (**voir encadré page ci-contre**). L'"essence verte" commence également à faire recette aux Etats-Unis, par exemple dans le cadre du Clear Air Act, ou au Canada, qui s'est doté d'un Plan vert (1). En France, la consommation de biocarburants et de biocombustibles pourrait, selon des estimations du ministère de l'Environnement, représenter 15 millions de tonnes d'équivalent pétrole d'ici vingt à trente ans.

**La forêt, piège à CO<sub>2</sub>.** A côté de ces pistes déjà anciennes, on voit surgir depuis quelque temps des projets beaucoup plus étonnants. Surprenants même. L'indésirable dioxyde de carbone craché par les usines ou les centrales thermiques est, ni plus ni moins, rétrogradé au rang d'un vulgaire déchet que l'on va chercher à élimi-

## Responsables : les pays les plus industrialisés...



(1) Il s'agit, dans les deux cas, de programmes d'action visant à encourager l'utilisation de biocarburants.



## ROULER ELECTRIQUE, DÈS 1995

Un bon coup de pouce à la voiture électrique a été donné par le gouvernement français, le 28 juillet dernier. En effet, sous l'impulsion du ministère de l'Environnement et du ministère de l'Industrie, Renault, PSA et EDF ont signé un accord cadre. Ils s'engagent, d'ici à 1995, à équiper au moins 10 agglomérations pilotes des installations nécessaires à la recharge de batteries, de réseaux d'entretien et de maintenance, de location de batteries. Des villes pionnières comme La Rochelle, Châtelleraut et Tours seront de la partie.

La création d'un réseau de location de batteries permettra de diminuer le coût d'achat d'un véhicule électrique, acquis alors sans accumulateurs. En effet, ces véhicules ont un prix de 40 % à 50 % plus élevé qu'une voiture à moteur thermique. Le budget consacré au Preditt (Programme de recherche, développement et innovation des tech-

nologies des transports terrestres) passera ainsi de 200 à 500 millions de francs sur deux ans. De plus, l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) distribuera 15 000 F pour l'achat, par les collectivités territoriales, de 1 000 véhicules électriques. Déjà, depuis deux ans, l'Ademe consacrait à l'ensemble des acheteurs de véhicules électriques une aide de 1 million de francs chaque année.

Mais la voiture électrique présente encore de nombreux inconvénients. La recharge des batteries d'un véhicule nécessite huit à dix heures (pour une autonomie de 100 à 160 km), ou une minute par kilomètre pour une recharge plus rapide mais partielle. Les constructeurs automobiles travaillent d'ores et déjà sur des voitures qui allieraient l'énergie électrique en ville et l'essence sur les routes. Exemple d'un compromis : la Peugeot 405 (notre photo). En



ville, son moteur électrique est alimenté par des batteries ; pour les longs déplacements, par un groupe électrogène. Il s'agit d'un moteur à explosion fonctionnant au gazole et entraînant une bobine à 3 500 tours par minute dans un champ magnétique. Le courant produit permet de recharger les batteries et d'alimenter le moteur électrique de la voiture. La vitesse de ce véhicule peut monter à 130 km/h. Un plein de

gazole permet de couvrir une distance de 750 km.

Si la France a fait un grand pas en avant pour promouvoir la voiture électrique, elle n'a pas rejoint la politique de la Californie. En effet, à partir de 1998, 2 % de la production de chaque constructeur en Californie sera consacrée à des véhicules "zéro pollution", c'est-à-dire électriques. Résultat : en 2003, 10 % des voitures vendues devront être électriques !

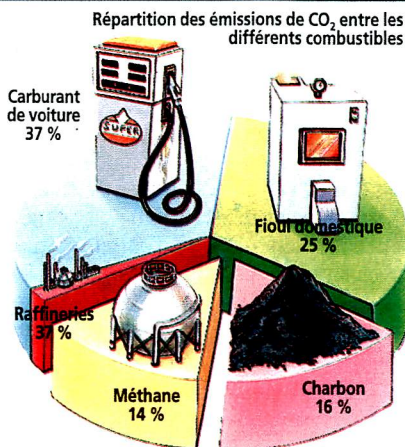
ner. Dans ce registre original, la solution la plus simple à imaginer consiste à opposer une barrière verte aux émissions de CO<sub>2</sub>. Ainsi, une compagnie d'électricité américaine a-t-elle financé au Guatemala une plantation de 500 kilomètres carrés, censée digérer les 400 000 tonnes du dioxyde de carbone émis en quarante ans par une centrale classique. Les résultats demeurent toutefois très hypothétiques. Les études les plus récentes en physiologie végétale semblent effectivement montrer qu'un accroissement de CO<sub>2</sub> dans l'air stimule la photosynthèse et la croissance des plantes. De là à attendre de cette pompe à carbone naturelle qu'elle s'at-

taque efficacement aux excès de CO<sub>2</sub>, il y a un pas que beaucoup hésitent à franchir. Un million de kilomètres carrés de forêts seraient nécessaires, selon certaines études, pour absorber un gigatonne (un milliard de tonnes) de carbone par an.

### Un "pot catalytique" pour usines ?

Autre piège à CO<sub>2</sub> qui suscite aujourd'hui l'intérêt, la microflore océanique. L'activité biologique très intense qui règne à la surface des océans, jusqu'à cent mètres de profondeur, est considérée comme un acteur important dans le cycle du carbone océanique. Fixé par le plancton végétal ou par les coquilles calcaires de minuscules mollusques, le carbone,

### ... et la voiture

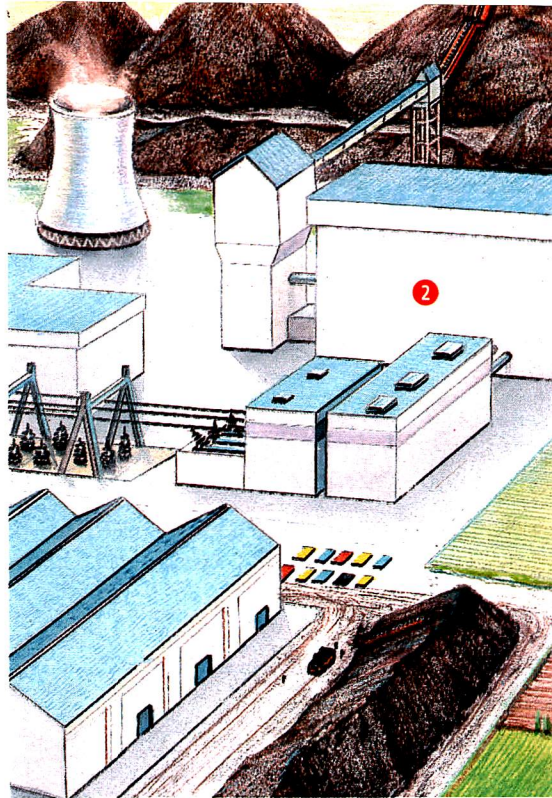




entraîné dans les cycles très longs de l'océan, va migrer entre les couches d'eau superficielles et profondes où il sera dissous. Une petite partie ira se déposer sur les fonds et alimenter le stock des sédiments marins. Les processus physiques et chimiques impliqués dans le fonctionnement de cette véritable pompe biologique demeurent extrêmement complexes. Assez en tout cas pour justifier un programme international, Joint Global Flux Ocean Study, qui réunit plusieurs dizaines de chercheurs dans le monde. Ce très vaste projet devrait permettre de mieux cerner les subtils équilibres qui commandent les échanges de carbone entre l'atmosphère et la mer.

Le groupe Hitachi et le ministère de la Recherche du Japon, un des pays qui investit sans doute le plus dans les technologies de l'environnement, n'ont toutefois pas attendu pour tenter de tirer parti de la microflore marine ou aquatique. Ce sont les microalgues, en l'occurrence, qui intéressent les chercheurs du pays du Soleil-Levant. Le département des équipements et des systèmes industriels d'Hitachi, que dirige Hiroshi Kuwahara, a ainsi imaginé de doper la photosynthèse de ces microalgues en leur faisant digérer le  $\text{CO}_2$  émis par les centrales thermiques. Intensément éclairées en lumière solaire indirecte par un réseau de fibres optiques, ces micro-organismes seraient mis en culture dans un bain nutritif où on leur ferait subir, sous température soigneusement contrôlée, un véritable gavage au  $\text{CO}_2$  récupéré à la sortie des centrales. Très optimistes, les chercheurs japonais de biotechnologie marine de la ville de Kamaishi affirment avoir isolé, dans des lacs et dans des sources chaudes, plusieurs espèces d'algues microscopiques susceptibles d'améliorer de 20 % la fixation du gaz carbonique. Une opération tout bénéfique, puisque ce "super-pot catalytique", à l'échelle d'une usine, ne se contenterait pas de dépolluer ; en effet, les résidus de ce retraitement d'un nouveau genre pourraient être utilisés, selon Hiroshi Kuwahara, comme biocarburant ou comme aliment. Pas moins de seize sociétés travaillent à ce projet sous la houlette d'Hitachi. Un projet très sérieux, puisque les technologies imposées par la mise au point des collecteurs de lumière – des fibres optiques ainsi que les logiciels qui piloteraient une telle installation – sont d'ores et déjà à l'étude. Ces recherches, promettent les Japonais, devraient permettre l'implantation d'une usine test au début du prochain siècle. Coût du projet : 123 millions de dollars.

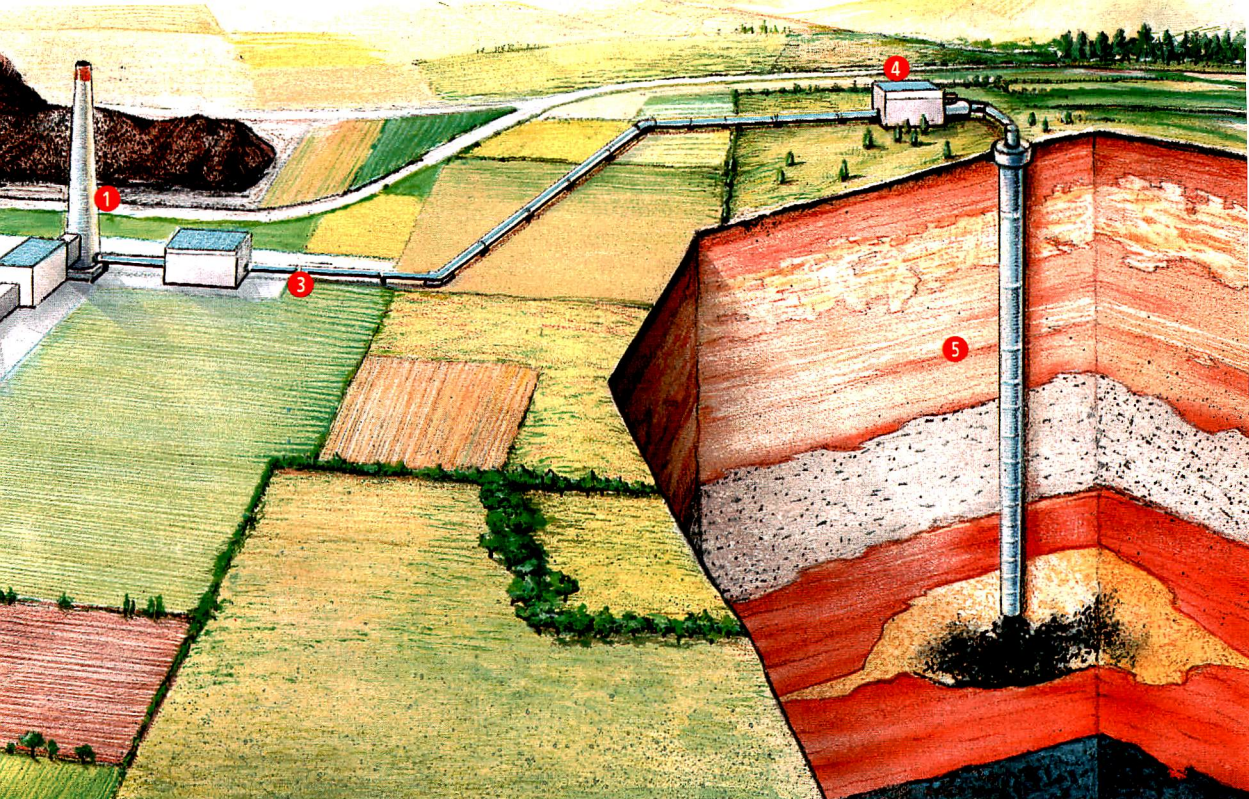
**Le stockage plus prisé que le retraitement.** En dehors du Japon, la filière du retraitement ne semble toutefois pas avoir fait à ce jour beaucoup



d'adeptes. Moins par exemple que le stockage. «Les recherches dans ce domaine ont sérieusement débuté au niveau mondial il y a trois ans», précise Maurice Clavier qui a dirigé le Programme interdisciplinaire de l'énergie et des matières premières au CNRS. Anciens gisements de pétrole ou de gaz naturel, nappes aquifères, poches de sel... Autant de cavités naturelles du sous-sol dont la reconversion en sites de stockage de  $\text{CO}_2$  est très sérieusement envisagée (voir dessin ci-dessus). Les Néerlandais, en particulier, vantent avec beaucoup de conviction les capacités impressionnantes de leurs gisements de gaz. Quelque 220 gisements de méthane ont été inventoriés aux Pays-Bas, dont 90 sont actuellement en exploitation. Le plus grand d'entre eux, celui de Groningen, contient 2 500 milliards de  $\text{m}^3$  de gaz. Selon des chercheurs d'Utrecht, on dispose là, après épuisement du méthane, d'une capacité de stockage de quelque 8 milliards de tonnes de  $\text{CO}_2$ . De quoi enfouir, sous pression de 350 bars et jusqu'à 3 000 mètres de profondeur, les rejets en  $\text{CO}_2$  de cinquante centrales fonctionnant pendant cinquante ans. Groningen ne sera épuisé qu'en 2050 environ, mais d'autres gisements plus modestes seront disponibles dès le début du prochain siècle.

Selon les auteurs de ces études, ce type de site présente l'énorme avantage d'avoir depuis longtemps fait la preuve de son étanchéité. Le confinement du  $\text{CO}_2$  ne présenterait donc pas de problème





particulier. Autre intérêt, les technologies de transport et de mise sous pression du gaz ont été largement éprouvées par l'exploitation du méthane. Selon ces chercheurs, on peut même envisager, au moins pour les gisements terrestres, d'utiliser une partie des installations existantes sur les têtes de puits de méthane. Ainsi, les puits d'Annerveen, toujours au Pays-Bas, ferait un bon candidat. On pourrait y mettre au rebut le  $\text{CO}_2$  rejeté pendant soixante-six ans par une centrale de 600 MW.

Sur le papier, le principe est d'une simplicité enfantine. Le  $\text{CO}_2$  est collecté à la centrale, mis sous pression pour son transport par gazoduc, à nouveau mis sous pression sur le site, puis injecté dans le sous-sol. La réalisation sera sans doute plus complexe. Le bilan économique d'une telle filière de stockage reste à faire. Il peut s'avérer intéressant pour certains sites, beaucoup plus lourd pour d'autres, notamment les gisements *off-shore*. De sérieuses inconnues devront par ailleurs être levées avant que l'aventure ne puisse être tentée. La chimie du  $\text{CO}_2$ , en particulier sa transformation en solution acide lorsqu'il est en contact avec l'eau, pourrait par exemple avoir raison des plus solides espoirs dans ce domaine. Les

## Le $\text{CO}_2$ des centrales stocké dans le sous-sol...

Des réservoirs de gaz naturel épuisés ! Pourquoi ne pas recycler ces poches, de méthane par exemple, en sites de stockage de  $\text{CO}_2$  ? Des chercheurs néerlandais ont imaginé un dispositif pour injecter le gaz carbonique dans les profondeurs de l'écorce terrestre. Le dioxyde de carbone présent dans la fumée (1) émise par une centrale thermique (2) serait comprimé pour son transport en pipeline (3). En raison de l'action corrosive du mélange du  $\text{CO}_2$  et de l'eau, le gaz serait pressurisé à 65 bars, pour éviter la condensation de l'eau dans le pipeline. Sur le site de stockage, le gaz serait ensuite comprimé à des pressions de 210 bars (4), puis distribué dans différents puits (5). Il reste néanmoins une grande inconnue : les réactions chimiques du  $\text{CO}_2$  avec l'écorce terrestre !

chercheurs néerlandais en conviennent. Le risque de dégradation du réservoir devra être très sérieusement pris en compte.

Les gisements de gaz apparaissent toutefois comme des candidats beaucoup plus fiables que les puits de pétrole ou les nappes aquifères (nappes d'eau souterraines) profondes, deux autres solutions également envisagées. Ainsi a-t-on imaginé d'utiliser l'injection de  $\text{CO}_2$  dans des gisements d'hydrocarbures en cours d'épuisement en mer du Nord. Outre la mise au rebut du dioxyde de carbone, ce procédé entraînerait une exploitation plus poussée du gisement, l'injection de gaz carbonique permettant de récupérer les hydrocarbures collés à la paroi. Solution très alléchante en apparence. Là encore, les estimations sur les capacités de stockage donnent le vertige. On parle de 60 milliards de tonnes. Inconvénient majeur toutefois : outre le coût prohibitif qu'exigeraient de telles installa-

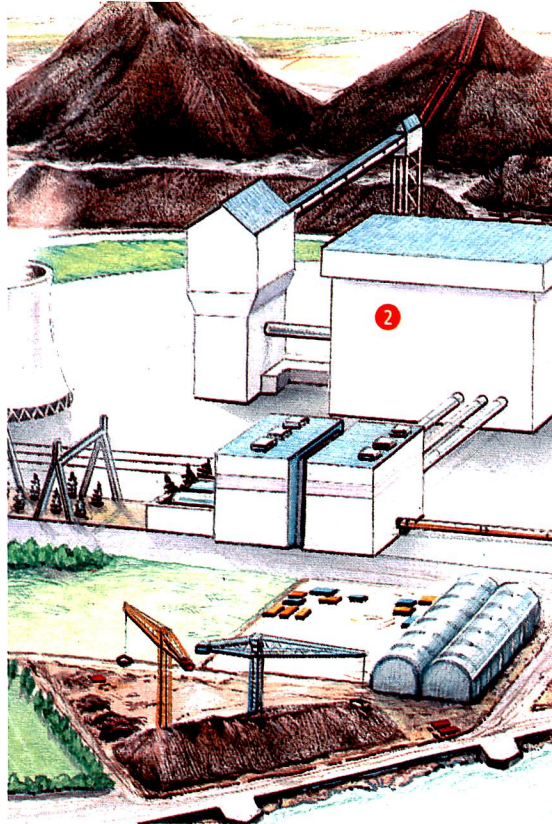


tions, le  $\text{CO}_2$  ne demanderait qu'à s'échapper des roches à hydrocarbure. On estime qu'une partie du stock serait perdue au bout de cinq ans. Même type d'obstacle rédhibitoire pour les nappes aquifères. L'aptitude de ces réservoirs naturels – que l'on trouve entre 1 500 et 3 000 mètres de profondeur – à retenir du  $\text{CO}_2$  sous pression est totalement incertaine. Le prix à payer pour les équiper en puits, pipelines et compresseurs semble par ailleurs les éliminer de la course.

**Injecter le  $\text{CO}_2$  au fond des mers ?** L'océan et sa formidable capacité de digestion suscitent les projets les plus audacieux, voire les plus fous. En théorie, les océans sont en mesure d'absorber la plus grande partie du  $\text{CO}_2$  rejeté dans l'atmosphère par les activités humaines. Les choses, malheureusement, ne sont pas aussi simples. «Le problème crucial», explique par exemple Hein J.W. de Baar et son collègue H.C. Stoll, de l'institut néerlandais des sciences de l'océan, «est que le  $\text{CO}_2$  a augmenté très rapidement dans l'atmosphère, en l'espace de cent à deux cents ans, alors que la réponse de l'océan pour résorber une telle pointe sera très lente, de l'ordre de plusieurs centaines d'années, voire de millions d'années.» D'où l'idée de contourner cette barrière en injectant directement le  $\text{CO}_2$  au fond de la mer.

La solution peut paraître d'autant plus ingénieuse qu'elle mettrait à profit la formidable faculté de brassage des océans. Toutes les mers du monde sont parcourues par un système complexe de puissants courants. Créés par le vent et entraînés en grandes boucles cycloniques par la force de Coriolis, les courants de surface sont les plus connus. Ils assurent la circulation des eaux, des régions équatoriales vers les pôles. Le retour se fait en profondeur selon des cycles très variables. Une partie de l'eau revient en surface dans les zones équatoriales après un périple d'une trentaine d'années, à des profondeurs allant de 600 à 1 000 mètres. Mais lorsqu'elles atteignent les régions polaires, les eaux transportées par les grands courants comme le Gulf Stream, une fois refroidies et devenues beaucoup plus denses, peuvent s'enfoncer jusqu'à 2 000 mètres de profondeur. Le voyage du retour entre la mer de Norvège et le Pacifique Nord, par exemple, dure entre cinq cents et mille ans. Ces gigantesques migrations océaniques qui déplacent de formidables quantités d'énergie et de chaleur jouent un rôle de premier plan dans la régulation du climat de la planète (voir l'article p. 42). Ce sont elles également qui commandent le brassage et le cycle du carbone dissous dans l'océan.

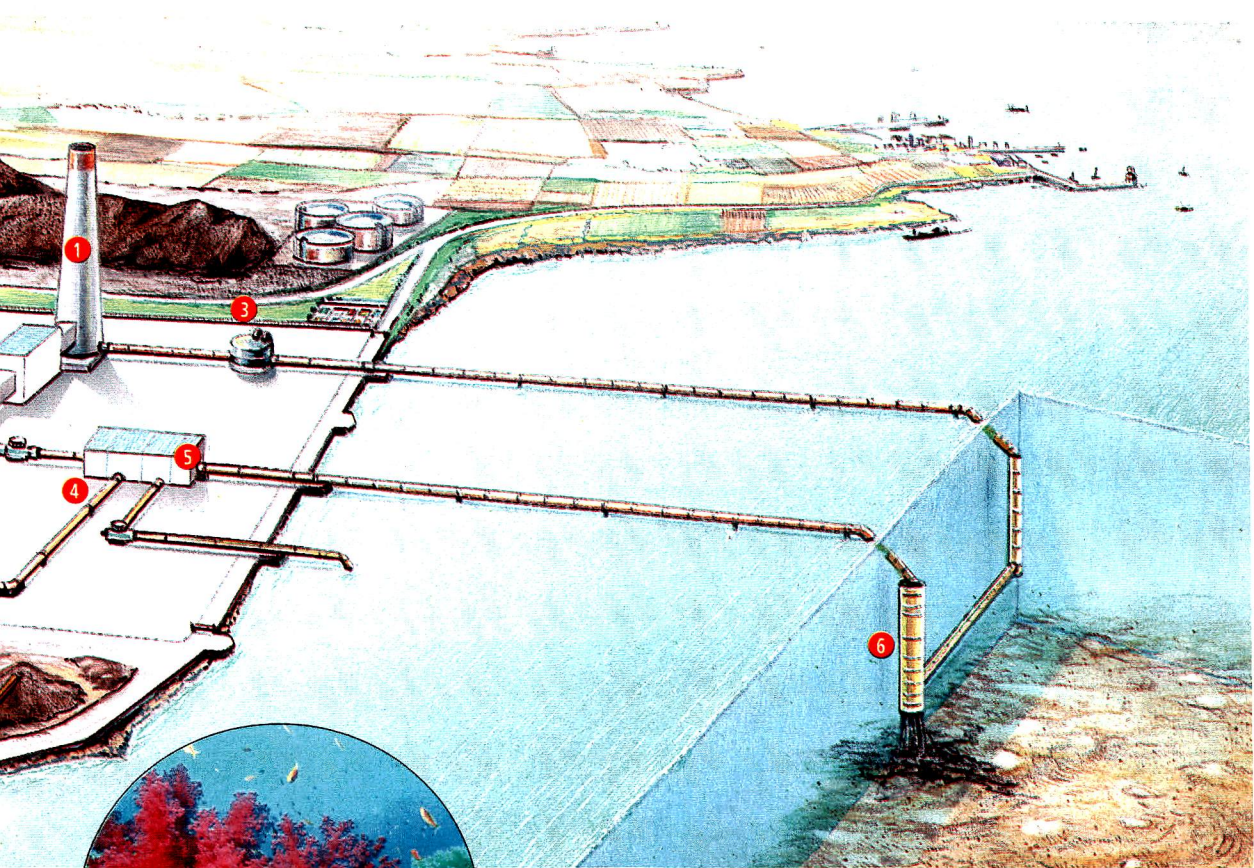
Pourquoi pas, dès lors, leur confier le  $\text{CO}_2$  rejeté par les centrales thermiques ? Même principe que



pour les projets de stockage dans les réservoirs de gaz. Le  $\text{CO}_2$  serait prélevé à la source de pollution, transporté par pipeline et injecté en mer sous pression. Les plus audacieux, à l'image de Charley F. Baes, du Oak Ridge National Laboratory, aux Etats-Unis, ont poussé le jeu jusqu'à suggérer diverses technologies d'injection. La plus simple serait de se débarrasser du  $\text{CO}_2$  sous forme gazeuse, à charge pour la circulation océanique de l'emporter vers le fond. Une autre technique consisterait à liquéfier le  $\text{CO}_2$  avant de l'injecter à 3 000 mètres de profondeur. Plus dense que l'eau, il resterait alors au fond. On pourrait également, estime ce chercheur, conditionner le  $\text{CO}_2$  en cristaux de  $\text{CO}_2$ -hydrate (corps solide formé de dioxyde de carbone et d'eau) qui, plus lourds que l'eau, migreraient vers le fond. Quelques grands courants font ainsi figure de candidats possibles pour ce transport. C'est le cas, par exemple, des grands mouvements qui s'amorcent dans la région du Groenland, un système complexe de circulation profonde qui longe la côte est des Etats-Unis en direction du sud. On a également songé à mettre à contribution le courant qui règle les échanges entre la Méditerranée et l'Atlantique via le détroit de Gibraltar.

Les obstacles qui s'opposent à de tels projets sont toutefois extrêmement nombreux. Par exemple, on sait déjà que la récupération du  $\text{CO}_2$ , son conditionnement et son transport exigeront





### ... ou recyclé au fond de la Méditerranée

C'est l'idée d'un chercheur italien : avant la sortie de la cheminée (1) d'une centrale thermique à charbon (2), un compresseur (3) récupérerait le gaz carbonique pour le comprimer. Le  $\text{CO}_2$  serait ensuite dirigé vers le tuyau d'évacuation dans l'eau de mer (4). Là, le gaz serait dissous dans l'eau provenant du condensateur (5) de la centrale, puis expédié à des profondeurs de 1 000 à 3 000 m (6). Gros point noir de ce type de stockage : l'acidification des eaux due au gaz carbonique pourrait menacer toute l'écologie marine !

une consommation d'énergie telle que les coûts seront extrêmement élevés. Mais surtout, on ignore tout des risques que ces injections massives et brutales de  $\text{CO}_2$  peuvent faire courir à l'environnement marin. L'acidification des eaux de surface pourrait, par exemple, avoir des conséquences très fâcheuses sur la microflore marine. Or les scientifiques estiment, on l'a vu, qu'elle joue un rôle précieux dans le cycle du carbone. On ignore tout également des dégâts que cet apport inopiné est susceptible de provoquer sur les sédiments océaniques. Le régime des grands courants et, notamment, les échelles de temps qui régissent la circulation océanique demeurent en partie une énigme. Un programme de recherche international, baptisé WOCE, vient d'ailleurs d'être engagé avec pour objectif un inventaire dynamique de la circulation océanique. Le satellite franco-américain *Topex-Poseidon*, lancé par Ariane cet été, fut spécialement conçu pour ce travail qui va mobiliser plusieurs

centaines de chercheurs pendant six à sept ans.

Devant tant d'incertitudes, vouloir court-circuiter les cycles naturels peut paraître insensé. On estime, par exemple, que la moitié du  $\text{CO}_2$  que l'on confierait ainsi à la Méditerranée serait de retour dans l'atmosphère dans cinquante à deux cents ans. Bénéfice nul. «Il ne peut s'agir que d'un remède partiel, cher et très temporaire», reconnaissent les chercheurs qui se laissent tenter par ces projets.

Difficile, en attendant, d'échapper à des solutions plus classiques. Les économies d'énergie et la diminution des émissions demeurent à l'ordre du jour. Les résultats, tout en demi-teinte, du sommet de Rio prouvent qu'elles ont de leur côté beaucoup de mal à s'imposer. Les Etats-Unis, par exemple, mais également certains pays producteurs de pétrole, ont refusé de se joindre aux 143 signataires de la Convention sur les changements climatiques. Un texte jugé pourtant peu contraignant pour les pollueurs.

**Valérie Brénugat**



PAR DIDIER DUBRANA

# LE PRIX DE NOS DÉCHETS

L'élimination de nos ordures ménagères et, surtout, celle des rebuts industriels et hospitaliers sont mal gérées. Trafics chez les professionnels, gabegie administrative, manque de contrôle, opacité dans l'information, transgression des règlements par les exploitants de décharges et les industriels pollueurs. Les détritiques de notre société finissent, de plus en plus souvent dans des sites clandestins. Une nouvelle loi veut y mettre de l'ordre.





**U**n beau jour du printemps dernier, et sans rien comprendre à ce remue-ménage inaccoutumé, la petite agglomération girondine de Martignas-sur-Jalle (7 000 habitants) voit défiler en quelques heures une armée de 225 camions à ordures. Un cortège d'éboueurs jamais vu dans le bourg. La mairesse, Danielle M'Bomo, à défaut d'en être informée officiellement, apprend par la presse que les deux décharges de sa commune – "bourriers", dans la langue du pays – ont été désignées par arrêté préfectoral comme dépotoirs de tous les rebuts ménagers secrétés par l'entière communauté urbaine de Bordeaux, forte de 27 communes et de 600 000 habitants.

Des tonnes d'immondices, de provenance étrangère à Martignas, seront charriés tous les jours vers les deux décharges, classées catégorie II dans la nomenclature administrative, c'est-à-dire interdites aux matières dangereuses – nous verrons comment cette prescription est respectée.

La décision préfectorale fait suite à la fermeture de la décharge principale de la région bordelaise ; après quinze ans de service, celle-ci est saturée, gorgée à plein, incapable d'absorber la moindre miette de déchet supplémentaire.

Première riposte des Martignassais en colère : l'établissement d'un poste de contrôle sauvage, où les citoyens prennent l'initiative de mesurer les

quantités de matières apportées de l'extérieur et déversées quotidiennement, d'autorité, sur leur commune. Quelque 1 400 t par jour "ouvrable", près de 365 000 t par an, plus de 85 fois le volume qu'on y déposait normalement. De quoi semer la révolte dans la population.

La guerre des bourriers est déclarée. A l'heure où le barrage routier est en France la forme suprême de la protestation civique, les gens de Martignas empêchent l'accès aux deux terrains par un blocus en règle, obligeant Bordeaux et sa banlieue à envoyer ses saletés jusqu'à Toulouse ou Angoulême.

### **1 400 t d'ordures par jour**

C'est ce qu'allaient déverser, sur arrêté préfectoral, 225 camions dans la petite ville de Martignas ; 85 fois le volume d'ordures qu'on y déposait normalement. Mais c'était sans compter avec la rébellion des habitants et de leur mairesse, qui ont stoppé ce trafic malgré les procédures administratives aberrantes. Cela pourrait se reproduire dans toute la France, grâce à la nouvelle loi sur les déchets.





Cette action commando "à la Clochemerle" contraint le préfet, Pierre Chassigneux, fonctionnaire à la carrière éminente, nommé depuis directeur du cabinet de François Mitterrand, à effectuer un repli stratégique : son arrêté du 30 avril 1992 réduit de moitié – à 7 00 t par jour – la quantité de rebuts qui pourra être évacuée sur Martignas. Sans pour autant satisfaire les Martignassais, le voilà qui, du même coup, prête le flanc à d'autres attaquants : les professionnels du transport et de la récupération des ordures, furieux de perdre une part du marché local. Ils menacent de monter une "opération escargot" aux portes de Bordeaux, la veille du week-end de la Pentecôte, autre mode d'expression civique très pratiqué par toutes nos catégories de mécontents.

Pris entre deux feux, le malheureux préfet cherche un moyen terme, qui ne contentera aucune des parties : son arrêté du 5 juin 1992, annulant le précédent, fixe à 1 200 t par jour la quantité d'ordures qui pourront être importées de Bordeaux dans les bourriers de Martignas. A peine moins que les 1 400 t qui, à l'origine de cette affaire, avaient dressé les habitants contre la préfecture. Cette dernière enjoint en outre à la Société de transports mixtes bordelais (STMB)-Onyx, propriétaire de l'une des décharges, de ne plus accepter les déchets ménagers et de se consacrer au stockage des déchets industriels banals (gravats, feuillages...). Un comble pour les Martignassais : on leur interdit de déposer leurs ordures dans une de leurs propres décharges, alors même qu'on leur impose d'accueillir celles des 27 communes de l'ensemble urbain bordelais.

Ce conflit illustre ce que les Anglo-Saxons appellent plaisamment le syndrome NIMBY (*not in my Backyard*). Interprété librement : mettez vos cochonneries où vous voudrez, mais pas chez moi. Le syndrome NIMBY des localités complique singulièrement la tâche de l'administration chargée de gérer le placement des ordures. D'un autre côté, la mauvaise gestion des déchets par les autorités a permis, partout en France, les dépôts clandestins et sauvages, ou même autorisés mais pas en règle. Montchanin, tristement célèbre même à l'étranger, n'en est que l'exemple le plus scandaleux. En plein cœur de cette agglomération de Bourgogne, on a laissé pendant dix ans s'accumuler des déchets industriels d'une teneur hautement toxique qui ont donné de Montchanin l'image d'une ville pestiférée (voir *Science & Vie* n° 875, p. 92). Evoquons aussi le spectacle affligeant de la plus grande décharge d'ordures ménagères d'Europe que la France a l'honneur d'abriter, en plaine de Crau près de Marseille, avec ses hectares de pollution, et qui essaima des tonnes d'objets volants, cartons et plastiques, partout dans

les environs, chaque fois que souffle le mistral.

Le ministère de l'Environnement s'est attaqué à cette déplorable situation dans le pays par une nouvelle loi, parue au *Journal officiel* du 14 juillet 1992. Elle vise trois objectifs. D'abord «permettre aux collectivités de s'équiper d'installations adéquates de traitement (160 dans un premier temps) en finançant leur construction par le produit d'une taxe de 20 F par tonne de déchets ménagers et industriels mis en décharge». Les installations en question sont principalement des usines d'incinération et des centres de recyclage. La taxe sera prélevée auprès des industriels et des communes. Deuxième objectif : «mettre en place un contrôle efficace». La

France en effet souffre de graves lacunes dans le domaine de la surveillance et du contrôle. Tertio, la loi veut «enfin garantir aux populations une totale transparence de l'information». Car, très souvent, pour se débarrasser de déchets industriels, surtout de type radioactif, on a agi en sous-main et en cachette, quand on n'a pas directement menti à l'opinion.

Cette nouvelle loi donne un second souffle à la loi sur les déchets datant du 15 juillet 1975, elle-même relayée par la loi sur les installations classées (les décharges appartiennent désormais à la catégorie 1, 2 ou 3), du 19 juillet 1976. Tout en reprenant l'ensemble des prescriptions des anciennes lois, les juristes des années 1990 répondent à la pression des écologistes en donnant des outils financiers aux collectivités locales. Ce sera le rôle de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)<sup>(1)</sup>, chargée de prélever une taxe de 20 F par tonne, soit 350 millions de francs par an, correspondant aux 17 500 000 tonnes de déchets que la France brasse chaque année. L'ADEME redistribuera le produit de cette dime aux collectivités locales, qui l'utiliseront

(1) Née de la fusion de l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME) et de l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (ANRED).







pour la construction d'usines destinées à «traiter et valoriser tous les déchets par les meilleurs procédés possibles. Il sera interdit de mettre en décharge ou de stocker des déchets autres que des déchets ultimes» – c'est-à-dire ce qui reste des déchets une fois qu'on en a extrait la part valorisable ou que leur toxicité a été neutralisée au maximum.

On entend, par «valorisation» des déchets, le fait de prolonger leur vie utile en les recyclant, ou d'en tirer de l'énergie ou de la chaleur en les incinérant.

A la date butoir du 1<sup>er</sup> juillet 2002, «toutes les décharges qui n'accueilleront pas que des déchets retraités ou valorisés devront avoir été fermées». Une échéance qui peut paraître lointaine, mais si cette mesure devait intervenir aujourd'hui, ce sont nos 6 700 décharges françaises qu'il faudrait immédiate-

### Cette décharge est réglementaire

Pourtant les déchets, chargés de métaux lourds, dangereux, baignent en permanence dans une mare (*ci-contre*) qui s'écoule vers une petite rivière avoisinante, tandis que les camions se débarrassent de cartons (*ci-dessus*), précieuse matière première qui aurait pu être recyclée dans la papeterie.



ment condamner. Car la valorisation des déchets en est chez nous à un stade encore primaire. Les déchets industriels sont un peu mieux valorisés, mais les ordures ménagères, elles, restent largement inexploitées ; le verre, le papier-carton et les plastiques qu'on récupère pour les retraiter représentent une part infime de la quantité de rebuts envoyés tels quels à la décharge. Or, chaque Français produit chaque année 358 kg en moyenne de déchets qui, au

(suite du texte page 96)



# L'usine à poubelles du XXI<sup>e</sup> siècle

**V**os ordures intéressent beaucoup les nouveaux industriels des déchets. Cette mine de matières premières – qui s'entassent quotidiennement dans votre cuisine ou au fond du jardin pour finir dans les décharges (29 millions de tonnes par an) – va désormais gonfler les filières de valorisation d'usines "new look" (**voir photo page de droite**) dont les principaux objectifs seront de produire de la chaleur, de l'électricité, des engrais et toute une panoplie de matières recyclées (plastique, ferraille, papier, verre).

Les villes de Nantes, de Grenoble, d'Orléans et de Cergy-Pontoise s'équipent de telles structures qui bouleversent intégralement la gestion traditionnelle des déchets urbains et, par la même occasion, les habitudes de la population.

A Cergy-Pontoise, l'installation de l'usine fera passer la commune du "tout en décharge" aux "80 % de déchets recyclés". L'usine table sur un traitement de 180 000 tonnes de déchets ménagers par an, pour atteindre près de 230 000 tonnes à l'orée de l'an 2000. Mais, pour mettre en place cette stratégie, tous les maillons de la chaîne de production seront sollicités, de l'habitant au transformateur.

En haut de la pyramide, 170 000 producteurs, qui regroupent la population des 11 communes de l'agglomération de Cergy.

Le premier niveau de valorisation repose sur trois systèmes de collecte (**voir dessin**) :

- Un réseau de 400 points d'apport volontaire (1) pour déposer le verre, les papiers et cartons et les plastiques.

- Cinq déchetteries (2) constituées de containers sous gardiennage dans lesquels les particuliers, les artisans ou les commerçants peuvent déposer

des déchets ménagers ou industriels banals qu'ils ont préalablement triés (verre, ferraille, gravats, fonds de pots de peinture, piles, batteries).

- La collecte sélective (3) se fera en équipant les foyers de deux poubelles servant à séparer les matières putrescibles humides (épluchures, fruits, légumes) des déchets secs (tels que les emballages : boîtes de conserve, pots de yaourt). Ces écopoubelles seront installées dès le mois prochain dans deux quartiers de l'agglomération (Jouy-le-Moutier et Menucourt) afin d'habituer la population et d'ajuster la rotation de la collecte à la masse de déchets produits. A terme, le système de collecte traditionnelle doit donc disparaître (4).

Tous ces déchets sont dirigés vers l'une des trois unités de traitement :

- L'unité de compostage (5) est composée de quatre planchers ventilés permettant d'étaler la matière putrescible sur plusieurs milliers de mètres carrés. Les matières organiques y sont donc placées en condition oxydante, c'est-à-dire aérée et humide (de 50 % à 60 % d'humidité). Elles se transforment en humus sous l'action des millions de bactéries et des champignons (*Penicillium* et *Aspergillus*) présents dans le milieu. Cela transforme le carbone en gaz carbonique sans dégagement de méthane, donc sans odeur. L'activité biochimique des microorganismes dégageant de la chaleur, l'augmentation de la température à plus de 60 °C pasteurise ce compost. Au bout de quinze jours, on obtient un substrat destiné aux champignonnières tandis qu'il faut attendre deux mois pour utiliser ce produit dans la viticulture ou la céréali-



Déchets industriels et commerciaux banals



Déchets encombrants



Gravats



Déchets "verts"



3

Collecte sélective

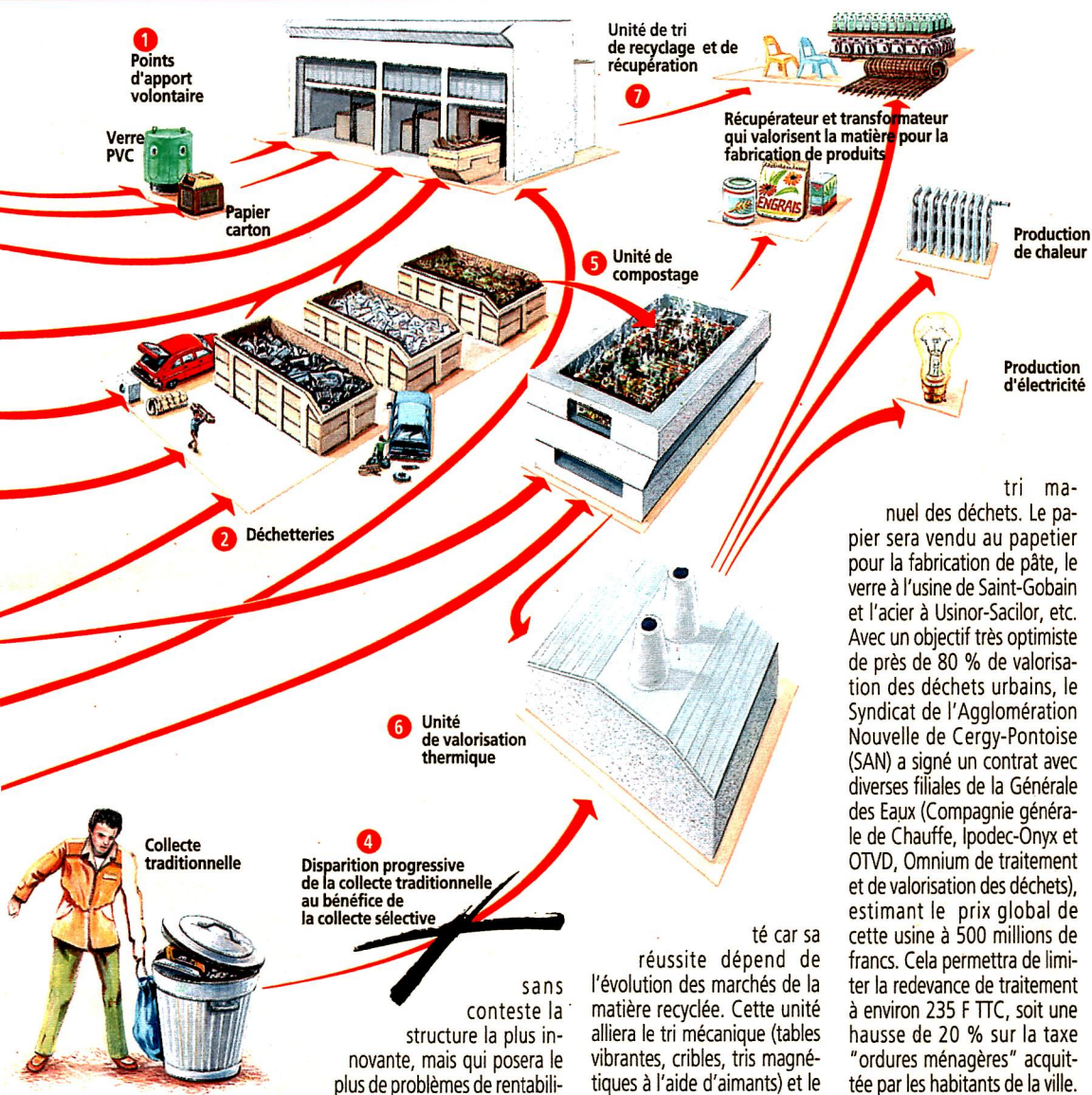


culture, et au-delà de six mois comme amendement dans les cultures maraîchères. Le rendement moyen tourne autour de 450 kg de compost pour 1 tonne d'ordures ménagères.

- L'unité de valorisation thermique (6) permet de produire à la fois de l'électricité et de la chaleur. C'est ce que les techniciens appellent un système de "cogénération". Les déchets sont incinérés dans un four à raison de 10,5 tonnes par

heure à une température atteignant au maximum 850 °C. La chaleur produite est récupérée par une chaudière fournissant la vapeur (390 °C, 40 bars) qui fait tourner une turbine reliée à un alternateur produisant de l'électricité. La vapeur rejetée par la turbine est recondensée en eau dans une chaufferie (180 °C, 1,4 bar) : ainsi les calories libérées alimentent les radiateurs (70 °C) des habitations



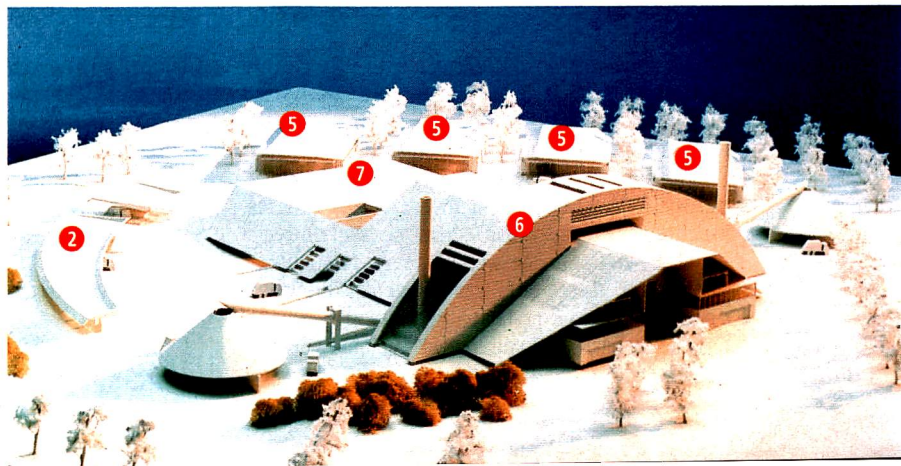


tri ma-  
nuel des déchets. Le pa-  
pier sera vendu au papeter  
pour la fabrication de pâte, le  
verre à l'usine de Saint-Gobain  
et l'acier à Usinor-Sacilor, etc.  
Avec un objectif très optimiste  
de près de 80 % de valorisa-  
tion des déchets urbains, le  
Syndicat de l'Agglomération  
Nouvelle de Cergy-Pontoise  
(SAN) a signé un contrat avec  
diverses filiales de la Générale  
des Eaux (Compagnie généra-  
le de Chauffage, Ipodec-Onyx et  
OTVD, Omnim de traitement  
et de valorisation des déchets),  
estimant le prix global de  
cette usine à 500 millions de  
francs. Cela permettra de limi-  
ter la redevance de traitement  
à environ 235 F TTC, soit une  
hausse de 20 % sur la taxe  
"ordures ménagères" acquit-  
tée par les habitants de la ville.

environnantes.

Lorsque l'usine fonctionnera  
à son plein rendement, deux  
chaudières produiront jusqu'à  
25 mégawatts d'électricité  
(1/10 de la production d'une  
centrale hydraulique d'EDF).  
L'apport d'énergie à la chauf-  
ferie est estimé à 9 200 TEP,  
soit la moitié de la consomma-  
tion actuelle de la ville.

● L'unité de tri, de recyclage  
et de récupération (7) : c'est





total, constituent une mine potentielle de matières premières de 20,5 millions de tonnes, dont 12 % de verre, 6 % de métaux, 10 % de plastiques, 30 % de papiers-cartons, 25 % de matières putrescibles compostables, 15 % d'éléments divers. Seul le recyclage du verre prend déjà une certaine importance chez nous, puisque près de 74 % de notre production est à base de verre de récupération.

Pour le plastique, le taux de recyclage n'est que de 1 %. Pourtant la France est le troisième producteur mondial de plastique, avec 4,5 millions de tonnes par an. Mais contrairement aux Allemands, les Français préfèrent incinérer leurs déchets plastiques, pour en tirer de l'énergie, plutôt que de les recycler ; l'incinération permet de récupérer 60 % de l'énergie investie dans la fabrication du produit d'origine, mais elle demeure une solution de facilité. Le nouveau décret sur les emballages – 40 % du contenu de nos poubelles sont des emballages – pourrait rentabiliser la pratique du recyclage ; elle prévoit en particulier de généraliser le système des consignes pour les conditionnements en plastique et en métal, les boîtes de bière notamment.



En attendant, on jette allègrement ce qui devrait resservir. Dans l'un des deux bourriers de Martignas, nous avons vu décharger des camions remplis uniquement de vieux cartons bien entassés, ce qui laisse supposer que ces cartons provenaient d'une collecte sélective. Les gens qui avaient eu à cœur de les mettre de côté si soigneusement, pensant que cela contribuerait à faire de la pâte à papier, ne soupçonnaient pas que ces cartons finiraient dans un feu de bourrier, autodafé des temps modernes.

Ici sont également entreposées des tonnes de mâchefer et de cendres issus de l'usine d'incinération de

Canon, dans la banlieue de Bordeaux. Et même d'une autre, bien plus lointaine, d'Angoulême. Mâchefer et cendres sont des déchets de déchets. Le premier est une scorie provenant de la combustion imparfaite des ordures ménagères dans les fours. Les cendres sont les résidus d'épuration des fumées rejetées par l'incinérateur. Ces deux produits forment un cocktail de métaux lourds – plomb, cadmium, mercure, arsenic, chrome et autres –, tous plus délétères

(2) C'est son nom (pour aplatissage, broyage, compactage, "chalumage", découpage).

(3) Jus de décomposition des déchets.





## Mickey a les mains sales

Le parc de loisir Eurodisney-land stocke clandestinement ses déchets dans un centre de transit situé à Lagny, dans la région parisienne (**photo ci-contre**). La société de collecte qui se charge de ce trafic, la Sidel, le fait au grand jour (**photo ci-dessous**).

Et pourtant, ce bourrier est tout à fait "légal", doté d'une autorisation préfectorale parfaitement en règle. Mais comme le remarque Ségolène Royal, ministre de l'Environnement, «le droit de l'environnement est un ensemble incohérent, mal appliqué, qui n'a jamais fait l'objet d'un plan global. Ce

les uns que les autres. Si l'incinération a l'avantage de réduire de 70 % le volume des déchets, ce procédé concentre du même coup les polluants. La réglementation actuelle exige que les cendres soit séparées du mâchefer avant leur transfert en décharges de classe I, celles qui sont habilitées à recevoir des déchets dangereux. Et que l'usine d'incinération présente régulièrement une fiche signalétique de la composition des mâchefers en métaux lourds. Cette disposition n'est pas toujours scrupuleusement respectée, de même que la cendre reste souvent mélangée au mâchefer. Ce mélange est jeté dans des décharges de classe II, c'est-à-dire destinées à ne recevoir que des produits inoffensifs, ou finit comme matériau de travaux publics, pour le confection des routes et des ballasts de chemins de fer, par exemple.

L'incinération n'est donc qu'un transfert de pollution. Mises en décharge, les matières toxiques s'évacuent, sous l'effet de la pluie, par ruissellement et infiltration vers les rivières voisines ou la nappe phréatique sous-jacente. D'autant plus facilement que le mâchefer, dans la décharge de l'ABCCD (?), à Martignas, trempe dans une mare ; or, le mâchefer est lixiviable, c'est-à-dire que les métaux lourds pris dans la masse se solubilisent au contact d'un liquide. La mairesse du lieu a d'ailleurs vérifié ce phénomène en faisant analyser des percolats (?) prélevés à proximité de la décharge ; on y trouve du plomb, du chrome, du cadmium, du zinc. Toute une mixture de métaux lourds qui s'écoulent vers le ruisseau du coin, la Jalle.

droit traduit souvent en règle juridique des normes techniques toujours plus complexes... Tous ces éléments concourent à une certaine opacité dont souffrent tout autant les administrations que les représentants d'associations, *a fortiori* les simples particuliers».

Voilà comment des mâchefers et des cendres qualifiés de "déchets dangereux" (destinés aux décharges de classe I) par la directive du Conseil des communautés européennes du 12 décembre 1991, peuvent, le plus simplement du monde, se retrouver dans une décharge d'ordures ménagères (classe II). D'ailleurs, Simon Charbonneau, professeur de droit de l'environnement à l'IUT d'hygiène et sécurité de Bordeaux, intente un procès à l'administration au nom de l'association écologique Aquitaine Alternative, pour cause de non-conformité à la législation du 19 juillet 1976 et pour avoir autorisé «la mise en décharge de déchets dangereux dans un site inadéquat».

La nouvelle loi du 13 juillet 1992, sur l'élimination des déchets, précise qu'il importe de «mettre en œuvre un contrôle efficace afin d'éviter les trafics : les actions de courtage, de négoce ou de transport de déchets seront réglementés». Aujourd'hui, les ordures sont matière à commerce. La "poubelle-business" marche très fort. Les industriels et les collectivités locales signent des contrats de ramassage et d'élimination avec des entreprises privées qui s'engagent à respecter la loi. Sur le papier, du moins. Car la chasse aux bénéfices incite facilement à la fraude.



Nous avons, par exemple, cherché à savoir comment le centre américain de loisirs Eurodisneyland se débarrasse de ses énormes masses de déchets. Après bien des coups de téléphone et autant de rappels par fax, notre demande a été rejetée. Impossible, paraît-il, de nous recevoir sur le site en cette période de presse. Et le responsable de l'environnement était trop occupé pour être interviewé par téléphone. On nous a tout de même assuré que l'environnement restait une «préoccupation prioritaire chez Mickey».

*Science & Vie* a donc enquêté sans la coopération de l'intéressé. Nous avons découvert que les déchets d'Eurodisney étaient stockés dans un centre de transit non autorisé, en zone industrielle de Lagny, avant d'être acheminés vers la décharge de Vermars, en Seine-et-Marne. Le transport est assuré par la Sidel, filiale de la Société industrielle de transports automobiles (SITA), elle-même filiale de la Lyonnaise des eaux (\*). A Lagny, les déchets sont compactés pour en réduire le volume, ce qui économise des voyages vers la décharge et abaisse d'autant le prix du transport. C'est d'ailleurs ce qui a permis à la Sidel de répondre avantageusement à l'appel d'offre d'Eurodisney et de remporter le gâteau.

Or la mise en place et l'exploitation d'une installation comme celle de Lagny exigent tout d'abord une

enquête d'utilité publique, puis, si celle-ci est favorable, l'autorisation préfectorale. Une procédure qui peut durer deux ans avant d'aboutir. Mais la Sidel n'a demandé ni enquête, ni autorisation. Son centre de transit fonctionne en toute illégalité et impunément. On ne se cache même pas, au contraire : la Sidel arbore fièrement son pavillon à l'entrée. Eurodisney, en tant que responsable de l'élimination de ses déchets, se trouve naturellement associé à cette infraction.

Revenons à la décharge de l'ABCCD, à Martignas, décidément un excellent cas d'école. Un comité de citoyens de la commune a voulu contrôler la nature du chargement des camions arrivant sur le site et sa conformité au bordereau de suivi des déchets, en quelque sorte le "passport" des ordures, un document que le camionneur emporte avec lui à chaque voyage. On y apprend le nom du producteur des déchets, leur nature, le mode d'élimination finale (incinération, mise en décharge ou autres). Également les noms du collecteur, du transporteur, du destinataire. Ce bordereau suit les déchets dans leur parcours et garantit qu'ils ne s'égarent pas dans la nature.

En principe, tout au moins. Car l'efficacité du système suppose l'honnêteté des trois intervenants : producteur, transporteur, destinataire. Une condition qui n'est pas toujours respectée, comme en témoigne Danielle M'Bomo : «Nous avons intercepté un camion censé transporter des gravats dans lesquels se cachaient des bouteilles d'une émulsion noirâtre et des bidons identifiés sous les noms de toluène et dichlorométhane. Ces substances provenaient d'un laboratoire utilisant les sous-produits de la houille – des huiles – pour améliorer la qualité des bitumes.»

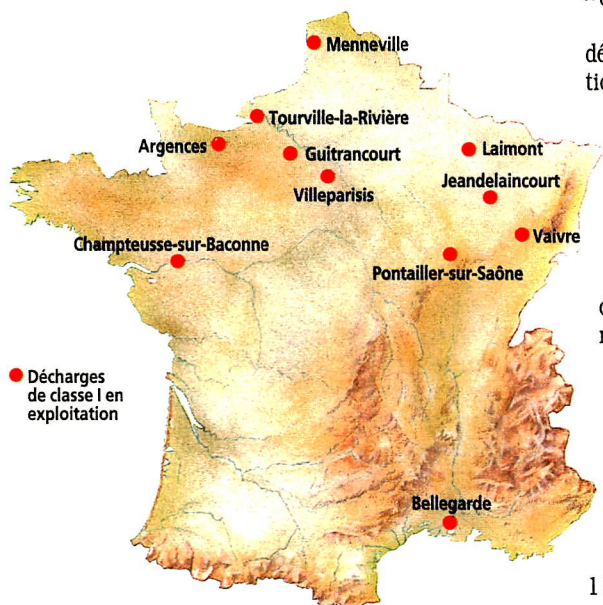
L'infraction est donc patente, puisque ce type de déchet doit légalement être incinéré dans des conditions spéciales dans le centre approprié le plus proche : celui de la Société Industrie Aquitaine

Pyrénées (SIAP), filiale de la Générale des eaux, à Bassens, dans la banlieue bordelaise.

Mais les pratiques frauduleuses comme celle-là n'étonnent pas le directeur de la SIAP qui déclare «que de nombreuses entreprises de la région Aquitaine ne font pas traiter les déchets qui devraient l'être... Seulement 10 % des devis d'élimination que nous proposons aux industriels donnent lieu à un contrat. Comment font les autres, les industriels qui refusent nos offres de traitement ?» La réponse tient dans quelques chiffres très simples : il est plus intéressant pour l'industriel de balancer ses produits toxiques dans une vulgaire décharge d'ordures ménagères, à 200 F la tonne, que de les confier à une usine d'incinération spécialisée – qui facture en moyenne 1 500 F la tonne, et jusqu'à 6 000 F pour les solvants

## Où vont nos déchets industriels ?

Dans ces onze décharges de classe I, largement insuffisantes. Il faudra non seulement en créer de nouvelles, mais également corriger le déséquilibre entre le nord et le sud du pays.





## LES PAYS DU SUD, POUBELLE DE CEUX DU NORD ?

**A**trois mois du marché unique européen (1<sup>er</sup> janvier 1993), on ne sait toujours pas quel sera le mode de circulation des déchets à l'intérieur de la Communauté européenne. Le débat s'est engagé entre les pays considérant les déchets comme "des marchandises ordinaires", tel le Portugal, et ceux qui, comme la France, soulignent que ce «commerce doit être soumis à des règles particulières». L'enjeu est de taille puisque l'acte unique européen décrit le marché «comme une zone sans frontière intérieure dans laquelle est garantie la libre circulation des biens et des personnes» (article 8 a). La France est doublement concernée puisqu'elle est déjà le premier importateur de déchets de la CEE, et que la liberté de circulation pourrait transformer notre territoire en poubelle de l'Europe.

La parade du gouvernement

repose sur la sortie d'un décret interdisant l'importation des ordures ménagères, qui vient ainsi compléter un texte du même genre contrôlant le transfert des déchets industriels. Le récent scandale du trafic des déchets hospitaliers entre l'Allemagne et la France confirme, s'il en était besoin, l'urgence d'un contrôle efficace. Cette réglementation suffira-t-elle à décourager les exploitants de décharges acceptant les déchets allemands (à des prix 10 fois plus élevés que pour les déchets français) ?

Dans l'hypothèse où ce trafic européen deviendrait problématique, les flux de produits toxiques risquent fort de se diriger vers les pays sous-développés qui ont besoin d'apports de devise étrangères.

A ce petit jeu de l'offre et de la demande, de nombreux pays du Tiers Monde se sont déjà brûlés les doigts, comme en témoigne le dernier rapport

de la commission OMS Santé et Environnement. Les experts de la santé s'alarment dans un premier temps des répercussions des modifications de la réglementation européenne : «La difficulté et le coût croissant de l'élimination des déchets dangereux dans les pays développés ont engendré un trafic et des transports de déchets surtout à destination des pays en développement.» Les pays d'Europe et l'Amérique du Nord ont pris l'habitude d'expédier leurs déchets à l'étranger vers des décharges inadéquates pour un prix dérisoire par rapport au coût de leur élimination en Occident. L'OMS accuse de trafic des navires italiens «ayant déversé 3 800 tonnes de déchets chimiques d'origine européenne dans le port de Koko, sur le fleuve Niger, moyennant paiement au propriétaire du terrain de l'équivalent d'environ 100

dollars par mois, alors que la même opération en Europe aurait coûté de 350 à 1750 dollars la tonne». Par la suite, le gouvernement italien a dû procéder à l'enlèvement des déchets, et à la remise en état du site. Le Benin, quant à lui, continue à accepter des déchets industriels européens moyennant 2,5 dollars/t alors que la société SESCO (basée à Gibraltar), qui se charge de recueillir cette marchandise, facture 1000 dollars la tonne aux entreprises européennes qui utilisent ses services.

Ce rapport précis de l'OMS, présenté à la conférence de Rio en juin dernier, souligne une nouvelle fois que l'effort louable de protection de l'environnement dans les pays du Nord n'aura aucun impact sur la santé de la planète si les pays du Sud demeurent la dernière roue du carrosse vert de l'écobusiness !

chlorés. Il lui en coûtera moins cher encore de déverser ses produits de rebut dans un coin perdu de la nature. Une ancienne gravière, ou mieux, une grotte, d'un équilibre naturel fragile, feront très bien l'affaire. Quel bonheur aussi de grossir un beau lac souterrain de milliers de litres d'huile de vidange quand on est garagiste. Mais nul besoin d'aller si loin : «Les déchets industriels sont souvent stockés sur le terrain même des usines», dit Jacques Simon, président de l'Union nationale des exploitants de décharges.

Le ministère de l'Environnement estime qu'il existe en France une centaine d'importants "points noirs orphelins"<sup>(4)</sup>, des sites pollués dont l'ancienneté des dépôts rend impossible l'identification certaine du ou des responsables. Cette estimation devra être revue à la hausse quand on aura les résultats d'un inventaire précis commencé cette année. En attendant, des industriels se sont associés pour aider l'Etat à faire un grand ménage dans ces décharges sauvages et mettre de l'ordre dans l'anarchie des déchets industriels. C'est la toute jeune Association française des entreprises pour l'environnement (AFEPE) qui collectera 15 millions de francs par an auprès de ses membres pour assister l'ADEME dans sa tâche.

Cette somme, bien que généreusement consentie, est franchement dérisoire au regard du prix de la réhabilitation des sites systématiquement pollués pendant des décennies. Pour preuve, l'opération lancée à La Mercerie, dans la commune de Sermaise, en Essonne : ce projet, qui a déjà coûté 14 millions de francs pour les trois premiers mois seulement, s'étendra sur trois ans. Il s'agit d'assainir un terrain contaminé par le dépôt de fûts de solvants organochlorés, accumulés là depuis les années 1950. On ignore encore le nombre de fûts en cause et l'étendue de la contamination du sol. Ce que l'on en sait déjà est considérable. Mais on connaît le responsable : l'entreprise Gerber, dont l'activité consiste à régénérer des solvants organochlorés de la famille des hydrocarbures, tels que le trichloréthylène et le perchloroéthylène. Gerber n'emploie que 4 personnes et on s'étonne qu'une si petite société ait pu causer un si grand mal. Il faut dire qu'elle a pris son temps : quarante ans. Une belle constance dans le méfait. Gerber n'est pas solvable, c'est donc au contribuable d'assumer les frais.

L'affaire éclate lors d'un contrôle de routine de l'état sanitaire de la nappe phréatique, en 1983. Les agents du ministère de la Santé relèvent, dans les eaux souterraines, des teneurs en contaminants de l'ordre du milligramme par litre ; le seuil tolérable

(4) Eurodisney a confié au groupe SITA la collecte et l'évacuation des déchets de la zone hôtelière et du parc à thèmes (Magic Kingdom).

(5) "Orphelins" parce qu'abandonnés et de "père inconnu".



avoisine le microgramme. Il est mille fois dépassé. Cette première analyse entraîne la fermeture de la station d'eau potable de Sermaise et de celle de Saint-Chéron, une commune voisine. Mais c'est toute l'Ile-de-France, desservie par cette même nappe, qui est menacée. Il faut donc remonter à l'origine du drame et vite. Au terme d'une recherche frénétique, les équipes de dépollueurs finissent par découvrir les premiers fûts, enterrés au pied d'une digue, en contrebas de l'ouvrage qui canalise l'Orge.

Mais l'extraction des fûts risque de crever la digue et de provoquer l'inondation des 800 m<sup>2</sup> de terrains souillés par les organochlorés. On déclencherait alors une sorte de mini raz-de-marée qui étendrait la pollution à la campagne environnante. On décide donc de dévier le cours de l'Orge pendant la durée des travaux de déterrement, soit tout l'été. Commence alors une minutieuse opération de chirurgie, consistant à décaper délicatement la couche superficielle du terrain pour mettre au jour les fûts sans les éventrer. La terre ainsi recueillie est dirigée vers un laboratoire d'analyses qui évalue sa teneur en polluants. Les lots les plus souillés passent dans des incinérateurs ou des décharges de classe I. Les parties "moins dangereuses" sont stockées sur place sur des bâches, à même le sol, et subissent un traitement de désintoxication *in situ*.

Dans un deuxième temps, les ouvriers se transforment en archéologues pour retirer un à un les fûts emprisonnés dans le sol, sans les endommager. Leur contenu est transvasé précautionneusement dans des citernes dont l'étanchéité a été rigoureusement éprouvée. Après trois mois d'efforts, les dépollueurs ne sont pas au bout de leur peine. En effet, l'entreprise Gerber déversait régulièrement les liquides toxiques que lui confiaient des sociétés complices pour s'en défaire à bon compte, dans de vastes flaques d'eau qu'elle recouvrait d'une bonne épaisseur de terre. S'il a été relativement facile de localiser les satanées barriques grâce à des détecteurs magnétiques, comment repérer ces lacs empoisonnés soigneusement camouflés ? Par des moyens de prospection coûteux, qui vont encore allonger la note. Entre-temps, l'entreprise Gerber poursuit son activité de régénération des solvants, sans être inquiétée. Claude Mouton, chargé à l'ADEME de la réhabilitation des dépôts à risque, observe que «la facture est lourde pour la collectivité, s'agissant d'une société de quatre personnes qui s'est dérobée à tout contrôle».

Combien nous en coûtera-t-il pour remettre en état tous les sites contaminés de France ? Certains pays ont déjà fait leur calcul, comme les Pays-Bas qui évaluent à 9,1 milliards de francs le prix de la dé-

contamination de ses 1 600 sites dangereux. L'Allemagne compte 24 milliards de francs, les Etats-Unis, 100 milliards. La nouvelle loi française va renchérir le coût écologique de notre activité industrielle. Il faudra nous donner les moyens financiers de son application.

Les effectifs de la Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE) sont aujourd'hui tout à fait inadéquats pour contrôler efficacement tous les sites et entreprises méritant d'être surveillés : 500 inspecteurs pour 50 000 installations classées. De plus, le nombre de décharges capables de recevoir des déchets industriels dangereux est non seulement très insuffisant, il présente un déséquilibre inquiétant entre le Nord et le Sud du pays. «Il faudrait en France une dizaine de décharges de classe I de plus, note Christian Desachy, responsable de la gestion des déchets au ministère de l'Environnement. Et personne n'en veut sur son département.»

Le troisième volet de la nouvelle loi prévoit de «garantir aux populations une totale transparence de l'information». Dans le domaine du stockage souterrain des déchets de l'industrie nucléaire, on a souvent menti au public ou, tout au moins, on s'est ingénié à lui dissimuler toute la vérité. On a abusé les gens avec des chiffres pipés, par des affirmations scientifiques pas toujours fiables. L'opinion est devenue méfiante. Les élus locaux ont peu de foi dans la parole de l'administration. L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra), en particulier, doit faire un sérieux travail de "transparence" si elle veut rétablir sa crédibilité.

Lorsque Danielle M'Bomo, premier magistrat de la commune de Martignas, a voulu visiter la décharge de l'ABCCD en compagnie d'un huissier, le propriétaire, épaulé par le préfet de la Gironde, lui en a interdit l'entrée. Quand nous avons nous-même demandé à voir ce propriétaire, Philippe Bartholot, sur le site, il ne s'est pas montré. Relancé au téléphone, il nous a tenu des propos fort coléreux. Au bout d'une demi-heure, cependant, il nous avouait que «des politiques m'ont demandé de ne pas vous rencontrer».

On est donc encore loin de la transparence de l'information souhaitée par la nouvelle loi ; il faudra sans doute bien du temps pour changer les attitudes et les comportements, qui ne se laissent pas légiférer comme les institutions. Et pourtant, la gestion des déchets d'une nation est aujourd'hui un élément essentiel de sa politique de l'environnement. Un échec mènerait sûrement à une prolifération des dépotoirs sauvages comme celui de Sermaise, qui menacent la salubrité d'un environnement déjà tant dégradé.

**Didier Dubrana**

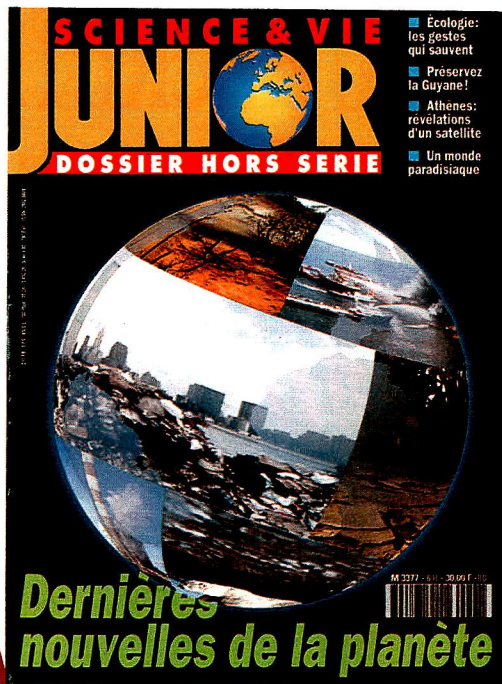
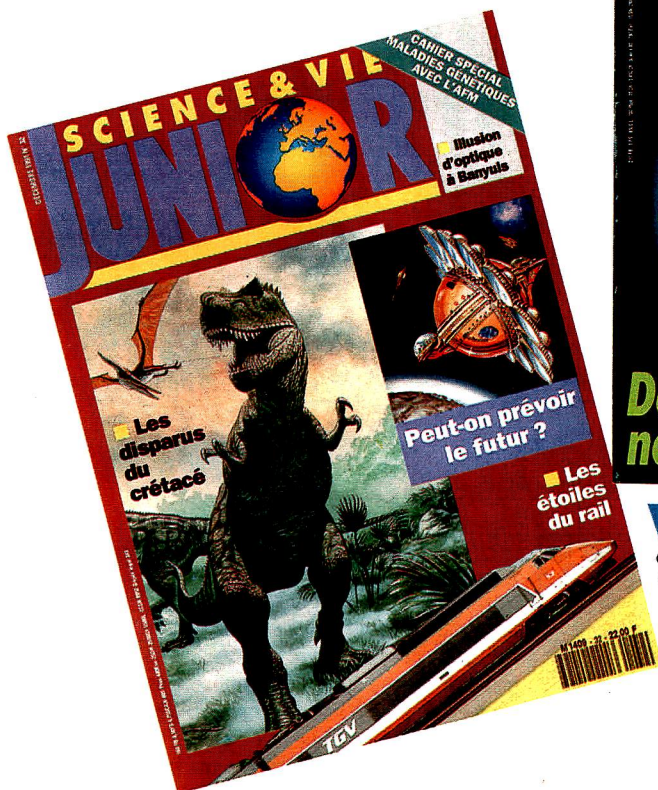


# POUR CEUX QUI VONT REFAIRE LE MONDE...

**ABONNEZ VOTRE ENFANT A**



**ET ECONOMISEZ JUSQU'A 75 F.**



**V**ous avez un "junior" ? Alors, vous devez connaître SCIENCE & VIE JUNIOR, le magazine de toutes les découvertes. Son ambition: expliquer aux enfants les dernières avancées des sciences et des techniques, leur faire vivre en couleur la grande aventure scientifique et ses exploits les plus ahurissants. Offrir S&V JUNIOR chaque mois, c'est une façon intelligente de faire plaisir. Pour aller plus loin, S&V JUNIOR publie des HORS SERIE trimestriels qui approfondissent un grand sujet.

## BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner avec votre règlement à SCIENCE & VIE JUNIOR 1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 PARIS CEDEX 15

☐ **je souscris un abonnement d'un an à SCIENCE & VIE JUNIOR (11 numéros) 200 F seulement au lieu de 245 F\***

☐ **je souscris un abonnement d'un an à SCIENCE & VIE JUNIOR (11 numéros + 4 HORS SERIE) 289 F seulement au lieu de 365 F\***

\* Prix de vente en kiosque

joint mon règlement par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE JUNIOR-BRED S&V 900

NOM \_\_\_\_\_

PRENOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

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

DATE DE NAISSANCE DE L'ENFANT \_\_\_\_\_

OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1992 ET RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE  
RC PARIS B 572 134 773 S&V 892



PAR VINCENT FRÉZAL \*

# LES FOLIES DU RECRUTEMENT

«Monsieur, vous avez séjourné à Oxford... Quels sont les noms de la principale rue et de la principale librairie ?» «Mademoiselle, quel genre de dessous portez-vous ?» De telles questions sont, hélas, courantes lors d'entretiens d'embauche. De même que le recours à des techniques peu orthodoxes, portant plus sur l'intimité du candidat que sur son aptitude et ses compétences. Le rapport demandé au Pr Lyon-Caen par le ministre du Travail rappelle que ces pratiques sont illégales. Il faut que cesse le temps du mépris des candidats, qui rejaillit sur les entreprises.

**C**réés et développés en marge, voire en violation de la loi, les cabinets de recrutement ont pourtant acquis droit de cité. Il faut désormais garantir la qualité de leur recrutement, dans l'intérêt des entreprises comme dans celui des candidats. Ce qui revient à dire que leurs procédures doivent se limiter à déterminer les aptitudes et compétences des candidats en rapport direct et nécessaire avec la fonction offerte.

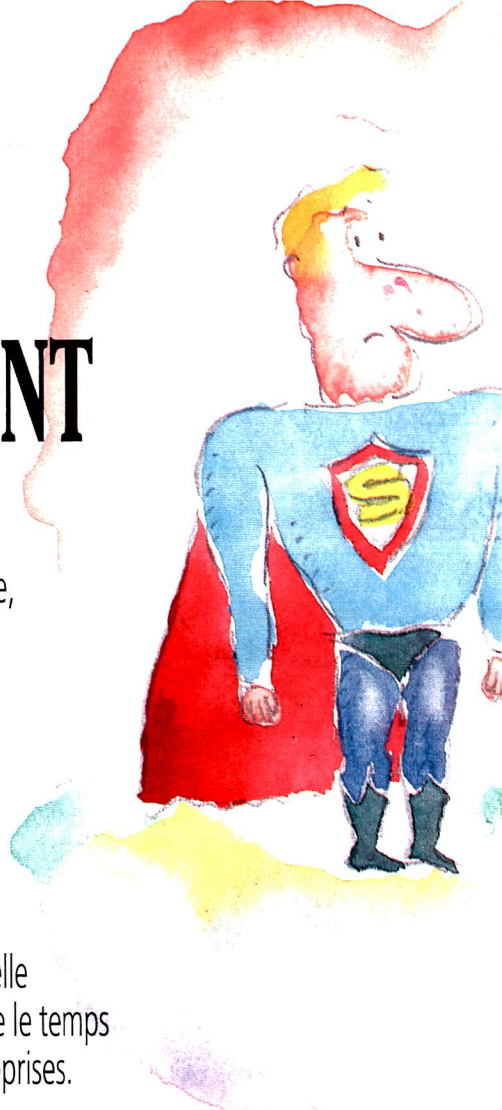
Il n'est pas question ici de jeter l'anathème sur l'ensemble des recruteurs français, dont certains sont parfaitement compétents, mais d'attirer l'attention sur des méthodes ineptes d'évaluation des candidatures, qu'utilisent et vantent de nombreux cabinets de recrutement, y compris les plus grands. Un

rapport demandé par le ministre du Travail au Pr Gérard Lyon-Caen <sup>(1)</sup> dénonce, en effet, le recours trop fréquent à des pratiques ésotériques portant atteinte à la dignité et aux droits de l'homme. Ces pratiques, sans validité, sont aussi désastreuses pour l'entreprise que pour les candidats.

**Pratiques scandaleuses et langage imprécis.** Certaines annonces ne correspondent à aucun poste. Elles sont en réalité publiées par des entreprises ou des cabinets de recrutement qui cherchent à se constituer des fichiers. Ils font miroiter aux candidats des postes qui n'existent pas, alors que l'article L 311-4 du Code du travail interdit de publier des offres d'emploi comportant des allégations fausses ou susceptibles d'induire en erreur. Est-il admissible que bien souvent les candidats ne soient pas informés de la réalité du poste offert, alors que cet article et l'article 44 de la loi Royer obligent le recruteur à décrire le poste au candidat ? Est-il tolérable que ces candidats ne reçoivent généralement pas d'explications sur les raisons qui ont conduit le recruteur à ne pas les retenir ?

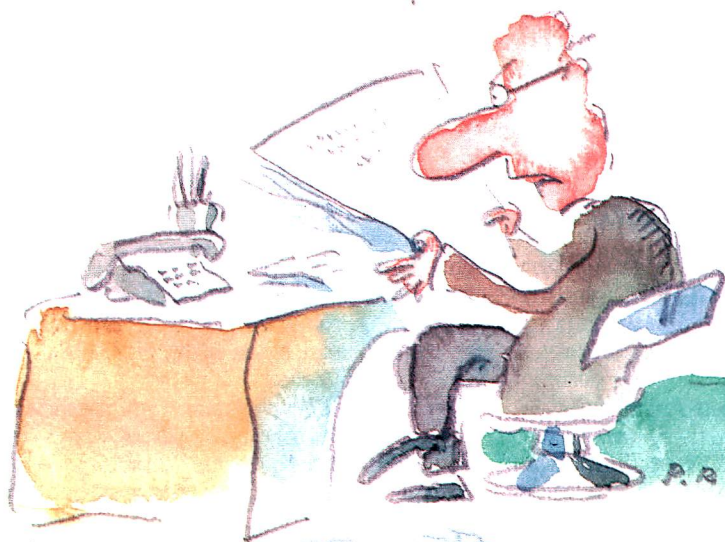
La plus grande partie des autres annonces ne reflète

\* Directeur de recherche à l'ICOS (voir encadré p. 162) jusqu'en 1990, puis directeur de projet à l'Inter-Laboratoire de modélisation de systèmes de communication sociale de l'université Paris VIII, Vincent Frézal dirige le département de gestion et de communication du Management Research Institute (The International University, Etats-Unis). Il est membre du Cercle d'éthique des affaires, basé à l'Ecole nationale des ponts et chaussées.





voire étude morphopsychologique montre  
que vous n'avez pas le profil aérodynamique  
en pigeon...



tent pas vraiment l'offre. Une enquête de l'APEC (Association pour l'emploi des cadres), en 1987, trouvait ainsi qu'environ 50 % des annonces publiées étaient "défectueuses". Un exemple parmi des foules : une annonce stipulait que le candidat devait être diplômé d'une école supérieure de commerce avec quatre ou cinq ans d'expérience ; or le candidat engagé fut... un ingénieur en mécanique frais émoulu d'une grande école ! Quatre ans plus tard, une autre enquête de l'APEC montrait que rien n'avait changé. Dans un tiers des annonces recrutant des cadres, le profil de candidat demandé ne correspondait pas à celui du candidat embauché. Exemples : «Cinq analystes programmeurs de formation IUT, MIAGE avec deux à cinq ans d'expérience professionnelle et des compétences en Cobol, Assembleur, Cics, Ims/Dli», demandait le texte. Le deuxième candidat embauché était géologue de formation, et n'avait qu'un an d'expérience en informatique. «Profil requis : jeune diplômé», de-

mandait une autre annonce. Or, le candidat embauché avait... treize ans d'expérience professionnelle.

Outre qu'elles ne contiennent pas, le plus souvent, le minimum d'informations utiles, les annonces d'offres sont souvent anonymes. Pourtant l'entreprise qui annonce devrait, sauf cas exceptionnel, se nommer. C'est pourquoi le Pr Lyon-Caen suggère qu'un texte réglementaire fixe le contenu minimal du message pour informer les demandeurs d'emploi.

**Flou, inexactitude, anonymat**, ce n'est pas tout : il y a aussi des annonces qui omettent de dire quel travail on propose et quelles compétences on demande. On en a vu qui réclamaient le bac alors qu'étaient exigées force physique ou habileté manuelle. Pour le Pr Lyon-Caen, «la crise du marché de l'emploi est aussi une crise de langage». En effet, il ne suffit pas que les annonces informent, de la façon la plus véridique possible, sur l'emploi offert et sur les compétences qu'il requiert. Il faut que les mots aient, d'une entreprise à l'autre, pour les employeurs et les candidats, le même sens. Or, en dépit des efforts importants déjà réalisés (notamment par l'ANPE et l'APEC)

(1) L'un des meilleurs spécialistes français de droit du travail, professeur émérite à l'université Paris I.



pour dresser une nomenclature précise des emplois, il reste beaucoup à faire, et c'est difficile, parce que les emplois évoluent. Ce serait là «une des premières causes du mauvais fonctionnement du recrutement en France».

### **Peu importe vos compétences, si votre écriture est contre vous!**

L'annonce a, finalement, suscité des lettres de candidature. Les candidats sont bien loin d'imaginer le traitement que vont subir leurs lettres, ces lettres sollicitées à coups de placards coûteux dans la presse. Un certain nombre d'entre elles apparaîtront à première lecture hors normes. Les autres feront très souvent l'objet d'un premier tri... graphologique ! D'un coup d'œil sur la lettre manuscrite, au rythme de quelques minutes par candidature (?), plus de 85 % d'entre elles seront irrémédiablement éliminées, selon des critères abusifs, sans aucune validité scientifique. Crépieux-Jamin, théologien du XIX<sup>e</sup> siècle, que les graphologues considèrent comme le père fondateur de leur art, notait que les avatars momentanés d'un individu affectent son écriture, et donc son interprétation. Ainsi, le stress du chômeur dévalorise à coup sûr le portrait que le graphologue prétend en faire. Ce portrait risque de faire rejeter le candidat, et cela est inacceptable. On verra plus loin ce qu'il en est de la graphologie.

**Drôles de questions pour cerner votre personnalité.** Les candidats qui obtiennent le privilège d'un premier entretien sont alors confrontés à un autre problème : celui d'être traités non pas en fonction de leurs aptitudes et compétences mais des contrats qui lient cabinets et entreprises, et c'est leur personnalité qu'on va essayer en priorité d'évaluer. Et tout se passe comme si les entreprises n'avaient cure de la manière dont ces intermédiaires reçoivent les postulants. Normalement, l'entreprise devrait fournir au cabinet l'information nécessaire à celui-ci pour un recrutement pertinent. En fait, la responsabilité du cabinet est limitée et dépend du montant des honoraires convenus. Comme dit l'autre, «il y a mieux, mais c'est plus cher».

**Qui vous recrute?** Il ne viendrait à l'esprit de personne (de sensé) de faire recruter des mathématiciens par des danseurs. Et pourtant ! Il n'existe, en effet, aucune formation spécifique au métier de recruteur. Il est indispensable qu'un candidat ne se sente pas jugé par moins compétent que lui,



## **LES CONDITIONS NORMALES D'UN RECRUTEMENT**

**U**n recrutement qui respecte à la fois les droits des candidats et ceux de l'entreprise peut se définir à partir de quatre principes :

1. S'informer sur ce qui constitue le «lien direct et nécessaire» avec le poste à pourvoir : les renseignements demandés à l'embauche ne peuvent avoir pour but que d'apprécier la qualité du salarié pour l'emploi sollicité par lui et ne peuvent concerner des domaines n'ayant pas ce lien direct et nécessaire avec l'activité professionnelle (arrêt de la Cour de cassation du 17 octobre 1987).
2. Ne pas s'attarder sur des éléments non déterminants : une réponse ministérielle du 27 juillet 1987 précise que les omissions ou inexactitudes du salarié lors de son embauche ne sont constitutives de faute

justifiant son licenciement ou le refus de l'employeur de le recruter, que si elles portent sur un élément déterminant pour la conclusion du contrat de travail. D'ailleurs, un principe comparable s'applique aux rapports entre les entreprises et leurs clients.

3. La transparence et la recherche contradictoire de la capacité à faire. Dès lors que l'appréciation a pour but non d'évaluer la personne mais de déterminer dans quelle mesure elle est capable de remplir une fonction, la procédure de recrutement peut s'expliquer en objectifs précis ; les réponses peuvent alors être recherchées, à l'aide de moyens pertinents, dans un climat de transparence. L'évaluation ne peut être conduite de façon "clandestine", mais doit l'être de façon contradictoire, tant

en ce qui concerne les relations entre l'équipe impliquée par le recrutement et le candidat, que les méthodes adoptées et l'analyse des résultats.

4. Utiliser à cet effet des méthodes scientifiquement validées. Le Pr Lyon-Caen écrit à ce propos : «Tous les arguments en faveur de tel candidat ou en sa défaveur doivent concourir à démontrer s'il est capable ou non de remplir telle fonction précise». Ce "principe de finalité" interdit catégoriquement toute investigation sur la psyché. Et les méthodes utilisées doivent avoir apporté la preuve de leur pouvoir prédictif. Le code d'éthique professionnelle des conseils en recrutement leur prescrit, du reste, de n'utiliser que des techniques d'analyse dont la validité est démontrée et qu'ils maîtrisent.»



car l'examineur, placé en situation d'infériorité, est tenté de rejeter le candidat. C'est ce qui se produit, surtout lorsque les recruteurs sont très jeunes (parfois moins de vingt-cinq ans) – ce qui est la tendance actuelle des entreprises et des cabinets de recrutement – et n'ont donc eux-mêmes aucune expérience, ni de l'entreprise, ni du recrutement.

Cette ignorance se double à l'occasion d'une totale méconnaissance des compétences requises pour le poste à pourvoir. Et comment en serait-il autrement ? Il est hors de question que le même recruteur soit capable de juger de comptabilité aussi bien que d'informatique, d'aéronautique et de pharmacologie...

Pas étonnant que les recruteurs fassent alors appel à des méthodes "miracles", portant plus sur la seule évaluation de la personnalité et recourant à des questions volontairement déstabilisantes. « Voyons, vous écrivez que vous avez séjourné à Oxford de telle date à telle date. Quels sont les noms de la principale rue d'Oxford et de la principale librairie ? ». L'intérêt de ce séjour à Oxford était pour le candidat l'occasion de perfectionner son anglais. La seule question importante était de savoir si le candidat maîtrisait ou non l'anglais. Il eût fallu le questionner en anglais. Mais le recruteur ne parlant pas cette langue, il usait de subterfuges. Alors, comment un recruteur pourrait-il utilement dialoguer avec les candidats autrement qu'en recourant à son pseudo-savoir sur l'expression du corps, des gestes, des regards, sur la forme de l'écriture, etc. ?

Cas également authentiques : « Nous ne pouvons vous engager. Votre thème astral révèle que la proximité de votre date de naissance (le 20 décembre) avec les fêtes de fin d'année vous prédispose à être un esprit dilettante. » Le candidat en question avait trois doctorats (droit, gestion et communication) et un MBA (*Master of Business Administration*) d'une grande université américaine. Et encore : « Monsieur, vous êtes né à Lyon. Puis vous êtes venu à l'âge de trois mois avec vos parents à Paris. Puis vous voilà à Rouen de l'âge de 10 ans à l'âge de 16 ans. Puis à nouveau à Paris. Ce n'est pas cohérent. » Ou : « Monsieur, je ne vous vois pas faire du marketing. » Le candidat était âgé de 38 ans, titulaire d'un PHD en marketing (le diplôme

américain le plus élevé), titulaire de la chaire de marketing dans un centre universitaire de renom. Le recruteur, lui, était âgé de 25 ans, titulaire d'un DEUG d'économie.

Quelques sommets de sottise impudente : « Mademoiselle, éprouvez-vous du plaisir lorsque vous avez une relation sexuelle avec votre ami ? » Dans le même genre : « Mademoiselle, quel genre de dessous portez-vous ? » Des assertions ineptes : « Vous n'êtes pas un homme d'entreprise. Vous n'êtes pas assez opérationnel et vous n'êtes certainement pas capable d'avoir des contacts avec des gens de haut niveau. » Le candidat, en relation permanente avec la classe dirigeante internationale, avait à son actif, à l'époque de l'entretien, l'organisation de trois manifestations internationales.

Une recruteuse, âgée de 28 ans, cherchait un responsable du service de vente par téléphone d'une entreprise importante. Le candidat : « Je suis en relation avec l'ADETEM <sup>(3)</sup> et le syndicat du marketing téléphonique ». La recruteuse, qui ne connaissait rien à la vente par téléphone et rien non plus au marketing : « C'est quoi, ce syndicat et cette ADETEM ? »

Exemple d'obscurantisme impardonnable : « Votre étude numérologique m'a montré que vous avez une tendance à pleurnicher facilement. Si vous le souhaitez, nous organisons des stages pour corriger ce défaut gênant pour la vie des affaires. » Le plus grave est que de tels questionnements éliminent les candidats.

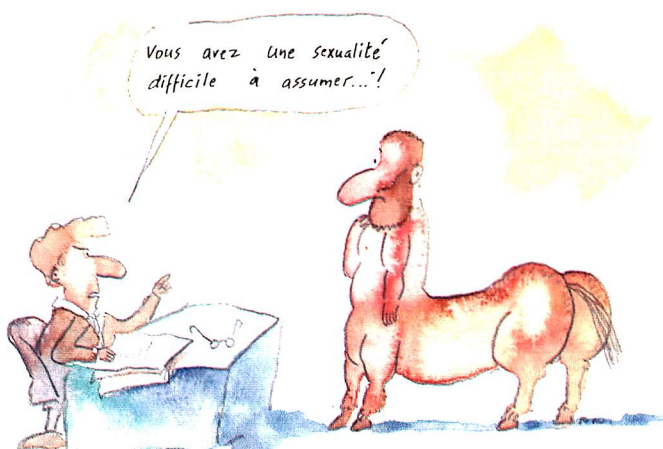
Dans un article publié dans le *Nouvel Observateur*, le 13 septembre 1990, intitulé "Chômage, le pouvoir des recruteurs : ils ont passé ma vie au scanner", l'auteur de l'article, Jean-Paul Dubois, raconte qu'il a suivi pendant un mois la vie d'Etienne M., cadre de 40 ans au chômage, « un mois durant lequel il a été testé, questionné, fouillé, humilié par des recruteurs ordinaires ». Voici quelques-unes des questions qui ont été posées à Etienne M.

(2) A ce propos, le journal *les Echos grandes écoles*, de mai 1988, rapporte : « Certains cabinets comme Raymond Poulain consultants (membre de Syntec-Recrutement, NDLR) ne se cachent pas d'entreprendre l'étude graphologique dès réception du courrier, sans loupe mais avec un chronomètre. » Dans ce journal, un graphologue de ce cabinet raconte : « Le consultant me donne les lettres, entre 20 et 100 en général, que j'étudie en une ou deux minutes. »

(3) Association pour le développement des techniques du marketing, qui édite la plus importante revue de marketing en langue française.







«Que faites-vous si, au cinéma, la personne devant vous porte un chapeau ?»

«Vous arrive-t-il, à certains moments de la journée, d'avoir envie de pleurer ?»

«Alors, comme ça, vous êtes né dans un chou ?»

«Donnez-moi cinq qualificatifs de vos qualités et cinq autres de vos faiblesses ? Vous remuez toujours ainsi votre jambe ?»

Etienne M. avait une amie qui, elle aussi, était au chômage et qui subissait des traitements analogues de la part de recruteurs. Jean-Paul Dubois raconte qu'un après-midi elle passa une "étude de tempérament" chez un conseil en recrutement qui, après deux heures d'entretien, écrit au sujet de cette jeune femme : «Propension à déclencher des tumeurs, tendance spasmophile, sujet aux occlusions intestinales, au gonflement gastrique et des pieds, sexualité difficile à assumer, tendance aux excès, à la jouissance, pulsions instinctives orageuses, féminité difficile à assumer, masochisme, pulsions instinctives destructrices».

Récemment, lors d'un forum sur le recrutement, un soi-disant "expert" déclarait : «Croyez-moi, c'est au-dessous de la ceinture que s'expriment en entretien de recrutement les choses les plus vitales. D'ailleurs, on l'a observé pendant la guerre, les femmes nues qui se rendaient à la chambre à gaz, c'est leur sexe qu'elles protégeaient encore des regards». Sans commentaire.

**La poudre aux yeux informatique** : c'est parés des atours "scientifiques" prétendument conférés par l'informatique que de tels interrogatoires ont été affublés du titre de "logiciels d'évaluation". La commission nationale Informatique et Liberté a donc demandé au ministère du Travail de réglementer l'utilisation de pareils logiciels. Car sait-on vraiment à quel usage ils vont ser-

vir ? Et les entreprises qui les achètent savent-elles en apprécier la validité ? D'ailleurs, celle-ci a-t-elle été scientifiquement démontrée ? Les questions posées aux candidats ont-elles un lien direct et nécessaire avec le poste à pourvoir ? Respectent-elles leurs droits ? Les candidats ont-ils, comme la loi le prescrit, été informés de la finalité de l'opération et des raisonnements

sur lesquels ces logiciels sont fondés ?

**De quel droit, et selon quelle éthique** ? En droit, les résultats d'un test quel qu'il soit (médical, de recrutement, graphologique, etc.), et qu'il soit manuel ou automatisé, appartiennent aux testés. La divulgation de ces résultats à des tiers, tels que les employeurs, et leur exploitation doivent être expressément soumises à l'accord des intéressés.

C'est bien là que le bât blesse. Pour Gérard Lyon-Caen, il existe un problème qui n'est pas seulement juridique, mais encore éthique : «On peut souhaiter faire examiner sa propre personnalité par un psychologue, si l'on souffre de troubles. Mais peut-on imposer un tel examen à quelqu'un à des fins d'emploi ? Car, dans ce dernier cas, les résultats seront souvent communiqués à l'employeur.» Or «l'article 9 du Code civil à lui seul suffit à faire considérer illicites de telles méthodes». Chacun a droit au respect de son intimité. L'immixtion dans celle du candidat n'est pas possible sans son consentement et l'absence de consentement est constitutive du délit d'atteinte à la vie privée. Sont notamment visées les investigations psychologiques par des tests ou autres approches de la personnalité prétendant scruter les comportements intimes ou les croyances, et les pratiques d'espionnage audiovisuelles qui enregistrent ou exploitent à l'insu du candidat son image ou sa voix. Il en est de même pour l'analyse de son écriture (graphologie), de ses traits physiques (morphopsychologie), de ses gestes (gestuologie), de son signe astral (astrologie), etc. L'évaluation du candidat par de tels procédés, non seulement ne présente aucun intérêt pour l'en-

treprise et porte atteinte au secret de la vie privée, mais est encore discriminatoire et relève du racisme.

Si la graphologie avait une valeur scientifique, son utilisation serait donc déjà abusive. Or, elle ne l'a pas.





L'utiliser quand même, c'est donc appliquer à l'employeur et au candidat, à leurs dépens respectifs (l'un payant le graphologue et l'autre encourant le chômage) une méthode qui n'a pas fait ses preuves, ce qui est contraire à la loi. Le rapport Lyon-Caen rappelle que l'on n'a le droit d'expérimenter sur autrui que ce qui a été scientifiquement prouvé.

De même, l'évaluation de l'état physique appartient à la vie privée et relève de la compétence du seul médecin du travail. Ainsi, une femme n'a pas à déclarer sa grossesse, et celle-ci n'a pas à être prise en compte dans la procédure d'embauche. Le Pr Lyon-Caen estime parfaitement possible d'établir un droit général de non-révélation, celui «de ne pas dire une vérité qui est sans lien direct et nécessaire avec l'emploi proposé. Par exemple, la date de naissance n'a pas d'utilité dans ces opérations... Les informations qui appartiennent au domaine de la vie privée (situation de famille, etc.) ne peuvent, en droit, être utilisées dans les opérations de recrutement.»

Les recruteurs français qui recourent à ces méthodes affirment qu'elle ont prouvé leur validité. Mais ils ne publient, contrairement à l'usage, aucune preuve de leurs affirmations. Ils n'offrent pas de résultats conformes aux protocoles de calcul internationalement admis (ce sont des méthodes statistiques largement utilisées dans différents domaines scientifiques ou de gestion, citées dans le rapport Lyon-Caen et décrites dans de trop rares ouvrages spécialisés en langue française). Lorsqu'on le leur dit, les recruteurs allèguent qu'ils sont des hommes de terrain et d'expérience, tandis que les calculs en question sont issus d'esprits théoriques, éloignés des réalités, ce qui fait malheureusement son effet auprès de certains publics. Ce sont les calculs qui ont fondé la médecine moderne.

Or, nombre de recruteurs veulent s'honorer de pratiquer, comme les médecins, un art, une science humaine qui reste nécessairement incertaine. Ils amalgament leurs activités avec celles des secteurs les plus prestigieux de la biologie, de la neurologie et de la génétique. Tel François Sulger, qui se dit fondateur de la gestuologie et qui écrit que, dans cette jeune discipline, bien des choses restent à défricher. «Entre autres, le lien entre des gènes physiques et psychologiques, s'exprimant au travers de gestes de souffrance par des blocages de zones corporelles, et la signification profonde de ces blocages» (4). Il faudrait qu'il s'explique devant la communauté scientifique.

Evidemment, les rappels au droit désarçonnent certains recruteurs qui ont pris l'habitude de s'appuyer, pour évaluer les candidats, sur des informations qu'ils n'ont pas le droit d'utiliser, ni même de recueillir.



Ce coup de pied dans la fourmilière contrarie les graphologues, morphopsychologues, astrologues et autres caractérologues qui, comme le rappelle le Pr Maurice de Montmollin (5), possèdent sur le psychologue, parfois embarrassé dans ses nuances et ses probabilités, les avantages énormes de l'affirmation sans preuves et de la simplicité conceptuelle. Montmollin ajoute qu'aucune de ces disciplines n'a jamais donné lieu à aucun contrôle expérimental concluant. Peter Drucker, l'un des meilleurs spécialistes mondiaux du management, considère lui aussi que l'objet central du recrutement n'est certainement pas d'examiner la personnalité des candidats, mais leurs compétences.

Ces points de vue n'ont rien de révolutionnaire, ni de réactionnaire non plus : dans les années 1950, le développement de la psychologie et des sciences humaines avait amené les Américains à appliquer à l'embauche les méthodes d'investigation de la personnalité. Une décennie plus tard, les échecs, aussi retentissants que nombreux, les firent renoncer à ces procédés. Les spécialistes abandonnèrent même la mesure test du quotient intellectuel (QI) dans les procédures d'évaluation.

On est d'ailleurs loin de l'ignorer en France : les auteurs de *Monsieur Personnel* (6), Georges Trépo, docteur d'Harvard, Jacqueline Laufer, docteur de l'université Cornell et Gilles Amado, professeur à HEC, tous trois praticiens, écrivent à propos des tests de personnalité : «Ce qu'il faut comprendre, c'est que, dans le domaine pseudo-psychologique, toutes les pseudo-théories reposent sur des typologies (l'anxieux, le colérique, l'obstiné...) et conduisent à des pratiques magiques.» Peter Drucker n'a pas meilleure opinion de ces tests archaïques : «Il est dou-

(4) Les travaux des scientifiques, en particulier des généticiens, démentent les affirmations de François Sulger. On pourra notamment se référer aux travaux du Pr Albert Jacquard et consulter, dans la collection Que sais-je ?, *l'Hérédité humaine*, du Pr Jean Frézal.

(5) Ancien directeur du DESS d'ergonomie à l'université Paris XIII, ancien professeur à l'Ecole polytechnique et introducteur de l'ergonomie en France.

(6) Editions Flammarion.



## ZÉRO À LA GRAPHOLOGIE

TECHNIQUES DE RECRUTEMENT (PRÉDICTEUR)	COEFFICIENT DE VALIDITÉ MOYEN	ECHANTILLONS TOTAUX
Score composite d'aptitudes	0,38 à 0,54	30 000
Echantillons de travail	0,53	3 000
Centre d'évaluation (assessment centers)	0,41 à 0,43	15 000
Évaluations antérieures (pairs, supérieurs)	0,43	8 000
Aptitude mentale générale	0,25 à 0,45	30 000
Données biographiques	0,24 à 0,38	5 000
Références	0,17 à 0,26	5 000
Entretien(s)	0,14 à 0,23	2 500
Tests de personnalité (1)	0,15	20 000
Tests d'intérêts	0,10	1 500
Auto-évaluation	0,15	500
Écriture* (graphologie)	0	<500

(1) Recroquent les questionnaires et les tests projectifs.

D'après M.L. Bruchon-Schweitzer

(\*) Les autres techniques irrationnelles ont elles aussi un taux moyen de validité égal à zéro.

teux que les procédures complexes de sélection sélectionnent réellement qui que ce soit. Nous savons comment identifier les traits physiques spécifiques qui rendent un individu moins susceptible d'accomplir une activité manuelle déterminée, par exemple empiler des briques. En revanche, nous ne savons rien des combinaisons de personnalité, de caractère et de talent qui sont celles qui interviennent dans le travail intellectuel, en particulier dans le travail du manager.» Il ajoute que «la plupart des grandes entreprises américaines ont formé de nombreuses équipes de recrutement universitaires qui essaient de chercher un "potentiel" parmi les diplômés des universités et des écoles professionnelles» et que, «du point de vue de l'habileté de ces recruteurs à isoler les individus les plus prometteurs, le résultat est pitoyable». Conclusion : «Une sélection aléatoire, par exemple l'engagement d'un candidat sur trois au ha-

sard, produirait probablement de meilleurs résultats», simplement parce que «nous ignorons ce qui fait un manager potentiel et comment tester cette qualité, sauf d'après le rendement». Et ce ne seraient certes pas les tests de personnalité qui permettraient d'évaluer ce rendement.

Comment ne pas s'alarmer de ce que, malgré cela, en France, les entreprises et les cabinets de recrutement donnent encore, dans l'immense majorité des cas, la priorité à l'évaluation de la personnalité des candidats ? Dans son rapport, le Pr Lyon-Caen mentionne une enquête de l'Union patronale Provence-Alpes-Côte d'Azur selon laquelle, pour 756 entreprises interrogées, la personnalité du candidat est plus importante que ses aptitudes. Il est anormal qu'elles soient si mal informées, car il existe d'autres méthodes d'évaluation, infiniment plus pertinentes, mais, malheureusement, presque jamais employées en France.

Certes, la liberté d'entreprise implique le libre choix par l'employeur de ses collaborateurs. Réciproquement, la liberté du travail exige la possibilité du libre accès à tout emploi sans autres restrictions que celles tirées de la comparaison des aptitudes et compétences du candidat avec les caractéristiques de la fonction à pourvoir. Cette comparaison n'est possible que dans des limites strictement définies.

Les principes de liberté du travail et d'égalité impliquent l'interdiction absolue des pratiques discriminatoires, notamment celles qui pourraient concerner l'origine, la nationalité, la religion, la culture, les mœurs et l'âge. Ces considérations juridiques dérivent autant de la science que de l'éthique, et c'est pourquoi les principes en sont garantis par plusieurs textes d'application (7). La notion de liberté de choix des méthodes d'évaluation n'autorise donc nullement à passer outre aux obligations juridiques.

**La cruelle vérité** sur la validité des méthodes de recrutement les plus utilisées apparaît dans un travail internationalement reconnu, du Pr Bruchon-Schweitzer de l'université de Bordeaux, qui rend compte des synthèses internationales classant les

(7) Notamment : art. 9 du Code civil, art. 416 du Code pénal, loi du 6 janvier 1978 sur l'informatique et les libertés, recommandations de la CNIL de 1985.

(8) Les entretiens, même très bien conduits, n'ont qu'une valeur prédictive très faible.

(9) Les tests de personnalité et les tests projectifs (eux-mêmes des tests de personnalité) ne permettent en aucun cas de recueillir des données ayant un lien direct et nécessaire avec le poste à pourvoir. Ils posent en outre le problème de l'atteinte à la vie privée.

(10) Bernard Galambaud, *Des hommes à gérer*, ESF éditeur.

(11) On a l'habitude de dire que cette notion de "conseil extérieur" est importée des États-Unis. Cela est exact, mais on oublie de préciser que le conseil américain, qui est en général simultanément un praticien, un chercheur et un enseignant, n'a que peu de similitude avec son homologue français.





différentes méthodes en fonction de leur pouvoir à prédire l'adéquation du candidat à la fonction (voir tableau page de gauche). La graphologie y apparaît dépourvue de toute validité. Ce coefficient zéro est

confirmé par diverses autres études. Les tests de personnalité ne sont guère plus valides. Pour le Pr Lyon-Caen l'investigation de la personnalité est disqualifiée, tandis qu'est souligné l'intérêt des méthodes d'évaluation s'approchant des conditions de travail réelles. Les autres techniques irrationnelles ont elles aussi un taux de validité égal à zéro.

Le Pr Bruchon-Schweitzer relève qu'en France, contrairement à l'étranger, ce sont les techniques d'évaluation les moins valides qui sont les plus utilisées (tableau ci-dessous). Chez nous, c'est en effet l'entretien (8), puis la graphologie qui viennent en tête, puis les tests de la personnalité, auxquels il faut ajouter les tests projectifs (9).

**Pourquoi la France est-elle donc obstinément en retard ?** Pour Bernard Galambaud, directeur du master de management social des organisations à l'Ecole supérieure de commerce de Paris, c'est en raison de «l'attitude infantile de certains dirigeants devant les sciences humaines et dans l'assouvissement des penchants dominateurs de certains recruteurs (10). (...) Des hommes qui exercent de lourdes responsabilités techniques ou financières dans leur entreprise abandonnent toute rationalité, et même tout bon sens, dès qu'ils se préoccupent du comportement humain. Ils se laissent habiter alors, sans la moindre parcelle d'esprit critique, par des croyances dépassées et obscurantistes offensant l'intelligence quand ce n'est pas la morale.» Enfin, «le recrutement place les interlocuteurs en présence d'une situation particulière qui, le plus souvent, offre au recruteur une position dominante. Aussi, certains recruteurs résistent-ils mal au petit plaisir de manifester leur domination.»

**Mettre le holà !** Certaines entreprises françaises ont toutefois



admis, comme beaucoup d'entreprises étrangères, l'absurdité des méthodes que nous dénonçons. Elles ne font en cela que suivre un impératif social et économique. Contre les fortes pressions

qu'exercent des recruteurs attardés, il faut que se manifeste une volonté de mettre fin à l'inacceptable.

Car les procédures de recrutement sont un élément de régulation du marché de l'emploi. C'est dire leur importance. Prétendre, comme on l'entend beaucoup trop souvent dire, que le recrutement doit se faire à l'intuition, au "feeling", et qu'en conséquence la part de l'irrationnel est prépondérante, est absurde. Certes, l'irrationnel est présent comme dans toute activité humaine, mais la procédure de recrutement doit aussi inclure, à tous les niveaux, des moyens de contrôle pour le canaliser et le maîtriser. Toute procédure de recrutement doit viser à éliminer les dérapages vers l'arbitraire. Et cela n'est possible qu'au prix d'une coopération étroite entre de nombreux acteurs de la vie de l'entreprise. Parmi eux se trouve naturellement le directeur des ressources humaines (DRH), qui devrait être un expert coordinateur assisté, le cas échéant, par des conseils extérieurs (11). Hélas, le DRH ne dispose généralement pas d'un pouvoir suffisant. Il en résulte que trop souvent la procédure de recrutement ne permet pas de poser les problèmes correctement et, par conséquent, rend très aléatoire une embauche répondant aux besoins réels de l'entreprise.

Pourtant, si l'on reprend la formule de Robert Mac-

(suite du texte page 162)

## EN FRANCE, ON PREFERE LES TECHNIQUES FANTAISISTES

TECHNIQUES D'EXAMEN APPROFONDI	SERVICES DE RECRUTEMENT	CABINETS %	ENTREPRISES PRIVÉES %	ENTREPRISES NATIONALISÉES %	ECHANTILLON TOTAL
Entretien(s)		98	100	100	99
Examen graphologique approfondi		97	96,5	69	93
Tests d'aptitude ou d'intelligence		55	69	84,5	63
Tests de personnalité		61,5	55	69	61
Mini-situation de travail (tests in basket, jeux de rôle)		28	41	46	34
Techniques projectives		21,5	17	23	20,5
Autres techniques (morphopsychologie : 12 % ; astrologie : 8 % ; neurobiologie : 15 % ; analyse transactionnelle : 1,5 %...)		25	0	0	15
Techniques complémentaires (choix définitifs, si nécessaire)					
Contact avec supérieur hiérarchique		10	55	54	28
Autres méthodes (visite entreprise, dossier sur le poste, vérification des références, questionnaires d'intérêts)		23,5	3,5	7,5	15,5



# LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

## L'HISTOIRE DES SCIENCES COMME ON NE VOUS L'A JAMAIS RACONTÉE

### LES GRANDES CONTROVERSES SCIENTIFIQUES

### LA COLLECTION COMPLETE POUR 150 F SEULEMENT

### AU LIEU DE 180 F, SOIT 1 NUMERO GRATUIT !

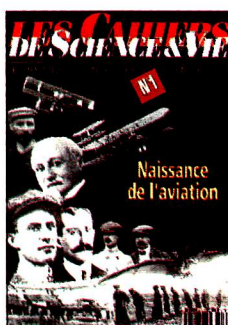
Découvrez à des conditions exceptionnelles la collection des six CAHIERS DE SCIENCE & VIE traitant chacun d'un grand sujet scientifique ayant donné lieu à de vastes et parfois violentes controverses. Construits comme des enquêtes, parfaitement documentés et richement illustrés, ces six CAHIERS vous plongeront dans le contexte de l'époque pour éclairer d'un jour nouveau la grande saga de la science.

**OFFRE PREFERENTIELLE**  
**1 NUMERO GRATUIT**  
**POUR L'ACHAT DE LA**  
**COLLECTION COMPLETE**

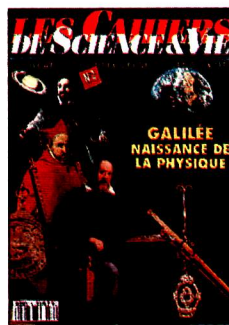
Qui sont les hommes à qui l'on doit l'univers technologique qui nous entoure ?

La science a une Histoire dont les héros sont parfois des génies, parfois des imposteurs, des opportunistes ou des fous.

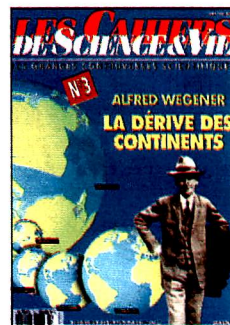
Mais toujours ce sont des hommes, avec leurs grands et leurs petits côtés. C'est leur histoire - et donc l'histoire de leurs découvertes - que vous racontent LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE.



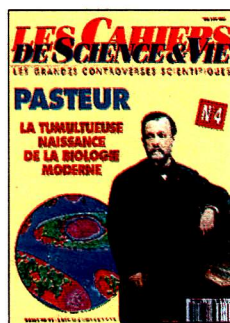
**N°1**  
**NAISSANCE DE L'AVIATION**  
Farman ou les Wright, qui a inventé l'avion ?



**N°2**  
**GALILÉE**  
La naissance de la physique moderne.



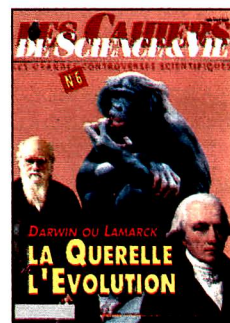
**N°3**  
**LA DERIVE DES CONTINENTS**  
Wegener, l'homme d'une géniale découverte.



**N°4 PASTEUR**  
Tumultueuse naissance de la biologie moderne.



**N°5 FRESNEL**  
Quelle est la vraie nature de la lumière



**N°6 DARWIN ou LAMARCK**  
La querelle de l'évolution

### BULLETIN D'ACHAT DIRECT DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

A RETOURNER SOUS PLI AVEC VOTRE REGLEMENT A SCIENCE & VIE - 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA 75503 PARIS CEDEX 15

**OUI,** je souhaite recevoir la collection complète des CAHIERS DE SCIENCE & VIE consacrée aux grandes controverses scientifiques pour 150 FTTC seulement.

Je recevrai sous 3 semaines la collection complète des 6 CAHIERS de SCIENCE & VIE  
Ci-joint mon règlement de 150 F à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED  
J'économise ainsi immédiatement 30 F sur le prix de vente public de la collection

S&V 900

Nom \_\_\_\_\_  
Prénom \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_  
Date de naissance \_\_\_\_\_

Etes-vous déjà abonné (e) à SCIENCE & VIE Oui ☐ Non ☐

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.  
OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1992 DANS LA LIMITE DES STOCKS DISPONIBLES.  
ET RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE.



# ECHOS DE L'INDUSTRIE

VEILLE TECHNOLOGIQUE

## Nippofile, le japonais facile...

### 日本語が簡単です

**Exemple de traduction :** après avoir recherché les idéogrammes et caractères phonétiques de cette phrase dans ses dictionnaires,

*Nippofile* traduit : « Japon langue simple être » ; autrement dit, « le japonais, c'est facile ».

Nous avons souligné, il y a quelques mois, dans ces mêmes colonnes (*Science & Vie* n° 891, p. 109) que si les Japonais savaient tout de nous en matière de recherche, développement et marketing, et ce, en temps réel, il ne tenait qu'à nous, de la même manière, de savoir, aussi rapidement, ce qu'ils faisaient et même ce qu'ils préparaient.

Jean Esmein, du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), maître de conférence à l'Institut d'études politiques de Paris, a, en effet, établi le constat suivant :

1) « L'information est ouverte au Japon, pays où il n'y a pour ainsi dire rien qui puisse rester longtemps secret, à cause de l'acharnement des médias à se concurrencer... On peut lire souvent de nouvelles tech-

niques... dans de nombreux journaux japonais. »

2) Certaines entreprises françaises se tiennent informées en s'abonnant soit à des lettres d'information, généralement rédigées en anglais, soit à des services spécialisés, le plus souvent des banques de données informatiques. Dans un cas comme dans l'autre, elles ont recours à des traducteurs qui, ne connaissant pas lesdites entreprises, passent à côté de l'essentiel, ou les noient d'informations inutiles, qui finissent empiquées dans un coin...

3) Il faut former des ingénieurs capables de dépouiller les publications japonaises – comme on le fait déjà pour celles en anglais – et c'est assez simple. « Pour des esprits formés à la logique des sciences, c'est moins difficile qu'on ne le croit ; le japonais technique se laisse assez bien décrypter... Et, pour un technicien connaissant sa partie, les pièges ne sont pas nombreux. »

Sylvain Meyer, ingénieur de recherche au Centre national d'études des télécommunications (CNET), nous confirme la justesse de ces allégations. Il a

travaillé pendant un an au Japon et appris le japonais dans une école de Tokyo. Cette expérience lui a fait prendre conscience du déséquilibre existant dans les échanges d'informations scientifiques entre le Japon et les pays occidentaux. « Au vu, nous écrit-il, de la faiblesse des organismes de traduction qui font, en général, appel à un personnel non scientifique, je pense que seul un intérêt des scientifiques eux-mêmes pour la culture japonaise arrivera à réduire l'inégalité des échanges d'informations avec le Japon. »

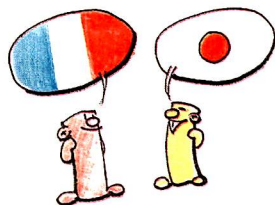
A partir de ce constat, Sylvain Meyer s'est mis au travail, pendant plus de trois ans, pour peaufiner *Nippofile*, un programme informatique d'aide à la traduction des publications japonaises. Un produit initialement élaboré pour ses propres besoins, qui est aujourd'hui édité et commercialisé par la chambre de commerce et d'industrie de Quimper.

*Nippofile* comprend trois parties : un historique de la langue japonaise et une introduction à la grammaire ; un didacticiel sonorisé qui aide à mémoriser,

tout en jouant, les deux syllabaires phonétiques utilisés en japonais (*hiragana* et *katakana*) ; enfin, un dictionnaire de 3 500 caractères symboliques, les idéogrammes (*kanji*), les plus courants en japonais. Ce dictionnaire peut être enrichi et personnalisé par l'utilisateur, ainsi à même, en ajoutant des vocables spécifiques, de comprendre des textes traitant de la spécialité qui l'intéresse plus particulièrement.

Lire les publications des Japonais est le seul moyen de savoir vraiment ce qui se passe dans leur pays. *Nippofile* le permet aujourd'hui, sans s'astreindre à de longues et pénibles études. Pour tout renseignement : Mme Couteleau, Centre d'étude des langues, Chambre de commerce et d'industrie de Quimper, 145 avenue Kéradennec, 29330 Quimper, tél. : 16 98 98 29 29.

■ **Ils voient des puces partout à Meudon** où, dès la rentrée, la carte à puce "2M" (*Meudon Multipass*) donnera accès – tout en gérant leur fonctionnement – à la restauration scolaire, aux centres de loisirs, à la restauration à domicile, aux crèches et garderies, aux activités sportives et culturelles (piscine, bibliothèque, musicothèque...), etc. Meudon réalise ainsi une première en France, grâce à son partenariat avec le groupe *Innovatron*, dont le patron n'est autre que Roland Moreno, l'inventeur de la carte à puce.







## AQUACULTURE

### Les Etats-Unis font le forcing

**L'**Amérique découvre l'aquaculture. Une industrie qui permettrait de créer des emplois, de diminuer le déficit commercial, d'assurer un approvisionnement sûr et régulier en ressources marines, et, en plus, de développer le stock des espèces menacées. Il suffirait d'un coup de baguette magique : 12 millions de dollars investis dans la recherche et le développement.

Telle est du moins la conclusion d'un récent rapport établi par le National Research Council, lequel a pour mission d'éclairer le Congrès sur l'impact de la politique scientifique et technologique du gouvernement fédéral.

Certes, l'élevage d'espèces d'eau douce (brochets, perches, truites, écrevisses, etc) est aux Etats-Unis une industrie en pleine expansion. C'est en matière d'aquaculture marine que le bât blesse. Dans ce domaine, les Etats-Unis ne possèdent pas encore d'exploitation rentable. Ainsi, la production américaine ne représente-t-elle qu'un infime pourcentage de la production mondiale qui est estimée, selon les derniers chiffres connus, à 22,5 milliards de dollars. Ce retard serait d'autant plus préjudiciable aux Etats-Unis que les consommateurs, de plus en plus soucieux de leur poids et de leur santé, mangent davan-

tage de poisson. «Nous devons ainsi sans cesse plus dépendants de nos importations», note le rapport du National Research Council.

Les solutions ? Débloquer sans délai ce budget de 12 millions de dollars pour financer la recherche en aquaculture marine. Et surtout l'utiliser... Car tous les crédits jusqu'ici affectés à l'aquaculture sont restés dans les caisses de l'Etat, sa-brisés pour cause de restrictions budgétaires !

Et, comme le rapport ne trouve pas de mots assez forts pour traduire tout le bien que l'aquaculture doit apporter au pays, il propose que celle-ci soit déclarée "d'intérêt national".

## DÉCHARGES

### Question de réputation

**U**ne ordonnance a été prise en Allemagne, selon laquelle, à partir de 1995, 64 % des emballages plastiques devront être recyclés. Comme on pouvait s'y attendre, le VKE, l'homologue de notre Syndicat des producteurs de matières plastiques, n'est d'accord en rien avec cette ordonnance. Il réfute les échéances : développer des unités de recyclage et des marchés pour les matériaux recyclés est, estime-t-il, complètement irréaliste dans d'aussi brefs délais. Le VKE réfute aussi le pourcentage des emballages plastiques susceptibles d'être recyclés : 64 %, dit-il, cela relève de l'utopie ; en fait, le réalisme voudrait que l'on démarre avec 20 %.

Enfin, le VKE réclame, de toute urgence, la construction de 50 à 75 incinérateurs producteurs d'énergie. Pour la raison, avance-t-il, qu'il se trouve toujours des cas où le recyclage est plus polluant qu'une utilisation thermique des déchets, ou qu'une mise en décharge propre et contrôlée.

Le VKE est, sur ce point, soutenu de façon assez surprenante par le Dr von Lersner, qui n'est autre que le président de l'agence fédérale allemande de l'environnement... Ce dernier a fort clairement déclaré : «Nous arriverons à faire comprendre aux gens que le traitement thermique et les décharges sont nécessaires... Pas en France ou en Turquie, mais dans les véritables régions concernées.» La France poubelle de l'Europe, telle est notre prestigieuse réputation...

## ROUTE

### Les bornes kilométriques de retour... grâce au plastique



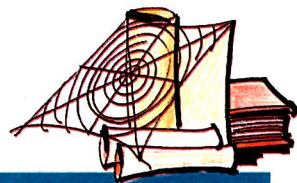
**T**aillées dans le granit ou moulées dans du béton, les traditionnelles bornes kilométriques ont progressivement disparu de nos routes départementales, en raison du danger qu'elles représentaient si un véhicule venait à les heurter. Grâce au plastique, elles sont

aujourd'hui réhabilitées car elles ne présentent plus aucun danger en cas de choc.

Le Finistère est le premier département à rétablir ce qui est un véritable outil de gestion du réseau routier, beaucoup plus utile qu'on ne s'en était douté : les bornes servent de points de

repère aux techniciens de la voirie, mais aussi aux gendarmes, aux livreurs qui doivent se repérer en rase campagne, etc. Dans le Finistère, quelques centaines de bornes, ont été posées, pour l'instant, sur les trois mille cinq cents qui seraient nécessaires.





## INNOVATION

### Deux ou trois choses qu'il fallait redire

**L**es derniers Entretiens de la technologie ont été l'occasion de rappeler un certain nombre de faits, mais aussi de questions sur l'innovation. Nous vous les livrons bruts, à méditer. Pour réagir au plus vite.

● Les deux tiers des patrons de petites et moyennes entreprises (PME) avouent ne pas se préoccuper de l'innovation. Plus de la moitié des produits qui seront présents sur le marché en 1997 n'existent pourtant pas encore. Les PME, qui assurent près de la moitié des emplois et le quart de nos exportations, ne contribuent actuellement que pour 15 % aux dépenses de recherche et développement du pays. 40 % de ces PME n'ont réalisé aucune

innovation au cours des cinq dernières années et n'en prévoient aucune au cours des cinq prochaines.

● La technologie est plus et autre chose que la technique, c'est-à-dire le savoir-faire. Elle résulte de l'association du travail du chercheur dans son laboratoire et de celui de l'industriel dans son usine.

● Les entreprises dont au moins 30 % des ventes sont dues à des produits innovants sont, deux fois sur trois, exportatrices. Et leurs exportations ont progressé de 60 % en 5 ans, contre 15 % pour les autres.

● Les productions apparemment les plus banales profitent aussi des innovations : en 20 ans, grâce à l'amélioration des

procédés de fabrication, les cimenteries ont, par exemple, réduit leur consommation énergétique de moitié.

● Les technologies sont de plus en plus "diffusantes", ce qui signifie qu'elles peuvent bouleverser bien d'autres activités que celles où elles se sont initialement développées. Problème : comment les déceler et assurer la "veille technologique" la plus large possible ? Et comment financer cette dernière ?

● Si l'innovation est de plus en plus rapide, elle coûte aussi de plus en plus cher. Il a fallu investir 500 millions de francs en recherche et développement pour aboutir à la nouvelle mémoire intégrée qu'IBM fabriquera avec Siemens à Corbeil-

Essonnes. La génération suivante exigera, estime le directeur général des services techniques d'IBM Europe, un milliard de dollars. Là encore se pose le problème du financement : où trouver autant d'argent ? Faut-il passer des alliances européennes et internationales ? Faut-il pouvoir davantage compter sur une recherche fondamentale de haut niveau, sur la disponibilité des grands moyens de recherche publique, nationaux et internationaux ? « L'existence de l'Europe ne doit pas supprimer les programmes nationaux de recherche, insiste Laurent Citti, le responsable de la recherche d'Alcatel-Alsthom. En France nous ne faisons pas assez ! »

## AGRONOMIE

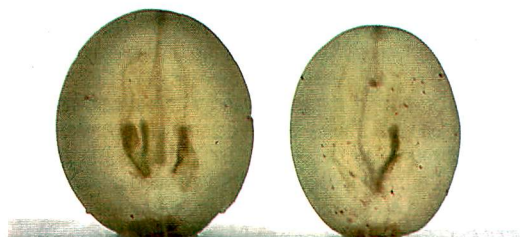
### Raisins sans pépins : la balle dans le camp des producteurs

**C**onnaissiez-vous les raisins "apyrènes" ? Ces raisins sans pépins sont utilisés depuis l'Antiquité pour la production de raisins secs. Aujourd'hui, ils sont de plus en plus appréciés comme raisins de table par les consommateurs, notamment les jeunes enfants. Mais ceux qu'on trouve actuellement sur le marché français sont exclusivement des raisins d'importation, de la variété "sultanine".

Les travaux de sélection, menés depuis plus de vingt ans par l'INRA, ont permis d'obte-

nir, par croisement entre des variétés classiques à pépins et la sultanine, plusieurs variétés apyrènes : alvina, danuta, exalta et madira. Reste encore à convaincre les producteurs de leur intérêt économique...

Pourtant, les raisins sans pépins ont plusieurs débouchés : comme raisins de table, raisins secs, raisins de conserve (cocktails de fruits). Sans oublier qu'ils constituent une matière première utilisable pour l'industrie agro-alimentaire, et en particulier pour la confiserie.





PARCS SCIENTIFIQUES

## En réseau, les technopoles !

**L**es parcs scientifiques, ou technopoles, qui réunissent, en un même lieu, centres de recherche-développement des grandes entreprises et laboratoires universitaires, font florès. La Communauté européenne en compte environ 180 – un nombre en augmentation constante. Mais, ces dernières années, c'est principalement des pays du Sud, où les technopoles sont considérées comme des outils de rattrapage économique particulièrement efficaces, que les projets ne cessent d'affluer.

Ces pays ne font, du reste, que retrouver la raison majeure qui conduisit à la création de parcs technologiques sur le vieux continent dans les années 1950 (Grande-Bretagne) et 1960 (France) : tenir sa place, en matière de technologies nouvelles, dans la compé-

tition entre l'Europe, le Japon et les Etats-Unis. Ces derniers avaient "inventé" les parcs scientifiques après guerre : la première technopole fut fondée en 1951.

Mais ce foisonnement pose un problème. Il peut entraîner l'appauvrissement, par la dispersion, au lieu de la richesse espérée. Sans compter que les technopoles en place, une fois bien établies, ont tendance à constituer des sortes de "bastions". Bien que créées sur l'idée des bienfaits de la communication, elles se referment sur elles-mêmes, au lieu de coopérer avec les autres technopoles et avec leur environnement économique et géographique immédiat.

C'est pourquoi la Commission européenne – qui est sollicitée par la plupart des technopoles et finance la majorité

d'entre elles – envisage, malgré l'existence d'un club international des technopoles, de susciter la création de réseaux de parcs scientifiques. De tels réseaux télématiques devraient assurer la cohérence entre les parcs, mais aussi diffuser les technologies vers les petites et moyennes entreprises locales.

Une étude de faisabilité doit préciser les besoins, définir les technologies disponibles, concevoir une stratégie de mise en réseau informatique et, enfin, évaluer les moyens financiers à mettre en œuvre.

Une phase pilote fondée sur les résultats de cette étude et incluant une quinzaine de parcs scientifiques sera lancée. Et, si elle est concluante, la Commission européenne envisage déjà de mettre en réseau une bonne moitié des technopoles européennes.

CONCOURS

## Les "Jeux du III<sup>e</sup> millénaire"

**D**u 15 novembre au 1<sup>er</sup> décembre prochains, des équipes de cinq étudiants s'attacheront, dans plus de 400 universités et grandes écoles de la Communauté européenne, à 200 questions portant sur le Vieux Continent. Comme : d'où Christophe Colomb était-il natif ? Ou bien : est-il illégal pour un pays de la Communauté européenne de fixer des protections de l'environnement plus strictes que celles des autres pays membres ? Ce sera le départ des "Jeux du III<sup>e</sup> millénaire".

Les 24 meilleures équipes iront en demi-finale à Berlin, les 12 et 13 décembre, puis les douze vainqueurs se retrouveront, pour la finale, au Parlement européen les 19 et 20 décembre. A quelques jours, ce n'est pas un hasard, de l'avènement du Grand Marché sans frontière de 1993.

Demi-finale et finale seront nettement plus difficiles que la première sélection. Il ne s'agira plus d'un jeu encyclopédique de questions-réponses, mais de simulations. A la manière de chefs d'entreprise ou de responsables politiques, les équipes devront prendre des décisions, d'après des informations économiques, politiques et scientifiques fournies par un ordinateur. Pour tout renseignement : Sté CHK, 38 bis rue des Entrepreneurs, 75015 Paris, tél. : 1 45 77 06 89, fax : 1 45 79 71 22. CHK est à la fois la correspondante française des jeux et leur organisatrice. Des jeux parrainés par la Commission européenne, des ministères des Affaires étrangères des Douze et soutenus par des grandes entreprises européennes.

MATÉRIAUX

## Un composite plastique à cinq "vies"

**L**a société japonaise des automobiles Mazda annonce une innovation tout à fait surprenante : elle a mis au point, pour l'automobile d'abord, puis pour l'ameublement, les structures de bateaux et même certains éléments de construction, un matériau plastique composite qui peut être réutilisé au moins cinq fois de suite.

On conçoit que la firme soit peu bavarde sur l'aspect technique de ce qui constitue une première mondiale. Elle se contente d'indiquer que ce nouveau matériau combine des polymères à cristaux liquides qui font office de renfort dans un thermo-plastique facilement recyclable.

Lors du recyclage, ce matériau est concassé, chauffé et fondu, cela est classique. Mais, alors que les plastiques renforcés de fibres de carbone ou de verre voient ces fibres détruites par le concassage, le nouveau composite plastique de Mazda retrouverait, lui, ses qualités premières : car, après avoir fondu, les molécules de polymères à cristaux liquides se recombinaient.

L'invention n'est pas destinée à traîner dans les laboratoires : Mazda met actuellement au point les technologies qui lui permettront d'utiliser son nouveau matériau comme élément de structure des automobiles, par exemple dans les coques.

**■ Sombres conclusions d'une étude sur le piratage informatique, menée par la Communauté européenne. Elle démontre non seulement que les copies illégales de programmes sont toujours bien vivaces, mais aussi qu'il n'existe aucun système efficace pour les enrayer. Les multiples protections qu'on a tenté de mettre au point se seraient toutes traduites par des échecs.**

**■ Entre 5 000 et 50 000 F, selon les recherches documentaires demandées, c'est ce que coûte la protection d'un logiciel au Japon. C'est que le dépôt doit être, d'une part, écrit en japonais, d'autre part, effectué sous forme de microfiches. Ce qui impose aux concepteurs de faire appel à des conseils-traducteurs.**



## Vers un robot réparateur d'aubes

**S'**il y a des pièces qu'il faut inspecter sans cesse sur les turbines d'avion, pour y détecter le moindre signe de fatigue, ce sont bien les aubes. Il n'est, du reste, pas toujours nécessaire de les remplacer : une réparation soignée (photo ci-contre) est souvent aussi efficace – et infiniment moins coûteuse.

Un programme européen de recherche vise à diminuer encore ce coût et à augmenter l'efficacité de la réparation en mettant au point un poste de rénovation d'aubes entièrement automatisé. Il associe des entreprises et un centre de recherche britanniques à l'université d'Aix-la-Chapelle. L'automatisation présenterait de nombreux avantages techniques : elle réduirait la surface

de l'aube atteinte par la chaleur, dirigerait avec précision le dépôt de métal à l'endroit requis et en quantité voulue, limiterait par là l'usinage, abaisserait enfin le taux de "rejets" – de pièces refusées.

Les recherches sur le soudage sont menées par la firme Precision Systems. L'université d'Aix-la-Chapelle met au point un système de capteurs identifiant les endroits qui nécessitent les opérations et guidant le bras du robot-soudeur ; enfin, l'entreprise ITS et le centre de recherche britannique de Julich étudient les rayons X qui permettront d'examiner les aubes après leur réparation.

Precision Systems Limited (Harding Way, Somersham Road, St Ives, Cambridge,



PE17 4WR, Grande-Bretagne) est leader dans ce programme de recherche. Le matériel de soudure ultra-moderne dont cette firme est équipée

lui permet de travailler aussi bien dans l'aérospatiale que dans l'automobile, dans le nucléaire que pour la fabrication de pacemakers.

## INNOVATION

## Nous n'achetons pas assez de technologies !

**C**e paradoxe est, en fait, la leçon que l'on peut tirer de l'explosion des innovations au cours des quarante dernières années. On constate en effet que l'innovation des uns découle de celle des autres et qu'augmenter ses échanges de technologies avec le reste du monde provoque une fertilisation croisée par combinaison des techniques. Le *not invented here* doit donc être recherché, en conclut Dominique F. Turc, professeur affilié à HEC, auteur de *l'Inévitable Partenaire japonais*. Or la France importe et exporte 20 % moins de technologies que le Japon, moitié moins que l'Allemagne et quinze fois moins que les États-Unis.

Sauf apparition d'une technologie absolument révolutionnaire (comme la machine à vapeur ou les semi-conducteurs), l'avenir, dit encore Dominique F. Turc, appartient à ceux qui savent faire progresser les technologies existantes, les exploiter et les combiner. Et qui ont aussi, cela va sans dire, la compétence de créer un tissu social laissant la possibilité à ces trois règles de s'exercer et de se développer.

Les affirmations de M. Turc paraissent raisonnables, si l'on considère que le passé est quelque peu annonciateur du futur, au moins dans certaines tendances qu'il souligne.

En effet, alors que les révolutions technologiques sont

rares, force est de constater que les innovations, elles, se multiplient à une vitesse croissante. Et que ces dernières «proviennent, pour la plupart, soit de la combinaison des technologies existantes, soit des nouvelles possibilités offertes par le développement de ces technologies».

Pour celui qui veut réfléchir à l'état actuel des techniques et imaginer les combinaisons et les extrapolations possibles de ces dernières, les centraux téléphoniques de l'an 2010 sont déjà prévisibles ; prévisibles aussi à l'horizon 2010, la télévision haute définition et la multitude des applications qui en découleront en matière de communications et de loisirs ;

prévisibles encore, à l'horizon 2020, la fin de la pollution automobile. Alors pourquoi ne pas s'en servir dès aujourd'hui ? Certains y travaillent déjà, mais ils se trouvent essentiellement en Asie...

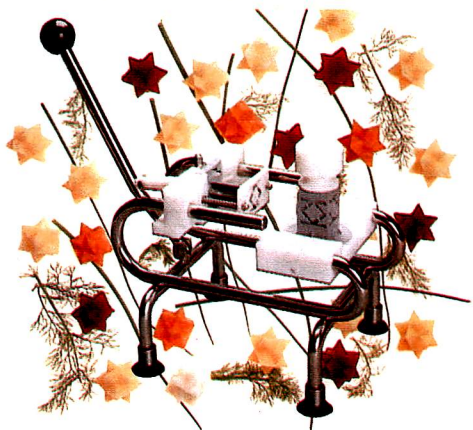
■ **36 millions de m<sup>3</sup>**, un chiffre d'affaires de 14 milliards de francs HT, 10 000 personnes, 1 500 centrales et 6 000 "camions-toupies", c'est le marché français du béton prêt à l'emploi, qui représente 40 % de la consommation de ciment. L'Europe fabrique 48 % de la production mondiale de béton prêt à l'emploi, estimée à 581 millions de m<sup>3</sup>, soit deux fois plus que les États-Unis et le Japon.



## DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations et les techniques et procédés présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o Science & Vie, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75015 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

### DÉCORATION CULINAIRE : DES LÉGUMES DE TOUTES LES FORMES...



#### Quoi ?

Ce curieux petit appareil n'est rien d'autre qu'un nouvel ustensile de cuisine, indispensable, du moins pour les restaurateurs qui ont le souci de présenter à leurs clients des plats bien décorés, joignant le plaisir des yeux à celui du palais.

#### Comment ?

Découpant instantanément

– seize formes différentes sont possibles – pommes de terre, carottes, navets, céleris, radis, betteraves, etc., le "LG" permet de réaliser des décorations originales, que les cuisiniers, même chevronnés, hésitent à tenter ou n'ont pas le temps d'effectuer. Le "LG" permet de découper les légumes en des formes impossibles à réali-

ser avec les différents types de couteaux actuellement disponibles sur le marché.

L'utilisation du "LG" est simple et ne prend que quelques secondes. On introduit les légumes dans un réceptacle. Ils sont tranchés une première fois par un jeu de lames, une seconde fois après qu'on ait fait pivoter le réceptacle d'un quart de tour. Un éjecteur extrait la forme sculptée. Robuste, la machine est entièrement en inox et plastique alimentaire ; d'un entretien facile, elle se nettoie indifféremment sous le robinet ou dans un lave-vaisselle.

#### Pour qui ?

L'inventeur cherche des revendeurs auprès des professionnels de la cuisine pour la commercialisation de son appareil. Il souhaite, d'autre part, entrer en contact avec des industriels pour mettre au point la fabrication, en grosse quantité, de ses légumes aux formes

étranges à l'intention du grand public, qui se verrait alors proposer des produits précuits, surgelés et qui seraient distribués dans les grandes surfaces.

### Comment passer dans cette rubrique

● Adressez à "Des marchés à saisir" un descriptif de votre invention, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet, ainsi qu'une photo ou un schéma de votre prototype.

● Faites preuve de tolérance : nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions sont d'abord étudiées par notre service technique.

● En raison du nombre de manuscrits qui nous sont adressés, nous ne pouvons malheureusement pas les retourner à leurs auteurs.

● Chaque année une invention présentée ici sera, par tirage au sort, sélectionnée et son inventeur invité à participer au Salon des inventions de Genève.

### L'ANTIVOL RADIOCASSETTE IMMOBILISE AUSSI LA VOITURE

#### Quoi ?

Ce dispositif mécanique, très simple, mais aussi très robuste et très efficace, protège contre le vol l'autoradio-lecteur de cassette de votre voiture et, simultanément, il immobilise le véhicule.

#### Comment ?

Un bras télescopique se verrouille sur le levier de vitesses. Son autre extrémité porte une plaque en forme de cassette que l'on introduit dans le lecteur. Un bouton permet ensui-

te de bloquer le bras pour interdire son retrait. Il est alors impossible d'enlever le lecteur de cassette, ainsi que de conduire la voiture, dont le levier de changement de vitesses est immobilisé.

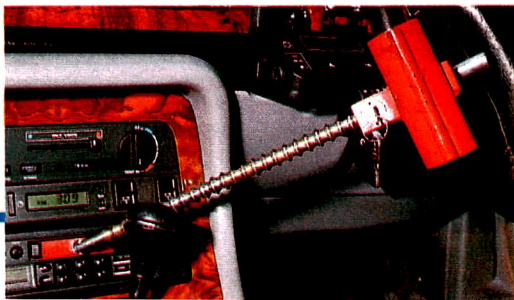
Le bras télescopique est fabriqué en acier trempé : on ne peut le courber pour l'enlever de force. Une fois posé, il ne peut être retiré qu'à l'aide de la clef qui l'accompagne. Les pièces sont recouvertes de

peinture fluorescente, pour rendre l'antivol très visible et dissuader l'effraction.

Le dispositif s'adapte à la quasi-totalité des modèles de voitures de toutes marques. Pour les rares cas où la position du levier rend difficile la pose de l'antivol, il existe une version qui se verrouille sur le frein à main.

#### Pour qui ?

La société qui a conçu et qui fabrique cet antivol cherche des agents en France.







## 4 000 caractères sur une étiqueteuse portable

Cette étiqueteuse portable (1,8 kg), compacte (34,5 x 24,1 x 6,3 cm), alimentée soit sur secteur, soit par de simples piles 1,5 V, offre 10 types d'écriture – dont 3 codes-barres et 8 hauteurs de lettres de 2 à 9 mm. Dotée d'une mémoire interne de 4 000 caractères, elle permet de marquer et d'identifier toutes sortes de supports, intérieurs ou extérieurs.

Ce n'est pas tout : "l'Accent" peut encore écrire dans la cou-

leur choisie ; souligner ; numéroté automatiquement jusqu'à 999 ; répéter la même étiquette jusqu'à 99 fois ; espacer les lettres de -30 % à +30 % ; imprimer sur 1 ou 2 lignes ; modifier les types d'écriture sur la même ligne ; écrire verticale-



ment ; enfin le centrage des textes est automatique ; automatique aussi la coupure du ruban après une longueur que l'on peut prédéterminer.

La recharge ruban se fait simplement par insertion d'une cassette que l'on voit apparaître en gris sur notre photo. Un écran à cristaux liquides de 16 caractères par ligne, à droite au-dessus du clavier, informe l'utilisateur sur les différentes fonctions. Par exemple

sur la langue programmée, car l'Accent peut écrire en huit langues : anglais, allemand, espagnol, français, danois, italien, norvégien et suédois.

L'Accent coûte 2 990 F HT. Cet appareil est commercialisé par le groupe Soft qui, créé à Lyon en 1974, est devenu le leader européen pour les systèmes de lettrage (Soft, M. Hautreux, 50 rue du Rancy, 69003 Lyon, tél. : 16 78 60 66 90, Fax : 16 78 62 92 38.

## BÂTIMENT

### Le "tour de main" transmis... par l'ordinateur

Transmettre le savoir n'est pas suffisant à une bonne et complète formation. Il faut aussi "transférer" à celui qui apprend le savoir-faire, l'expérience par la pratique, les méthodes et les "trucs" du travail qu'il devra effectuer. Les professionnels du bâtiment peuvent désormais acquérir tout cela sans passer par un long apprentissage, grâce à deux didacticiels (programmes informatiques de formation), les premiers d'une collection d'enseignements assistés par ordinateur. Proposés par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), ces programmes permettent d'apprendre en manipulant des situations techniques, via leurs représentations graphiques.

Le premier de ces didacticiels, *Régulation 1*, enseigne les règles de la conception du

schéma hydraulique et de la régulation d'une installation de chauffage central. Ces règles portent sur le choix et le positionnement des composants qui concourent à la fonction régulation : pompes, vannes, sondes, régulateurs en tous genres, etc. Ce système interactif commente les erreurs éventuelles de l'"apprenant". Le module expert connaît une multitude de schémas différents.

Notre photo illustre les possibilités du didacticiel *Equilibrage 1*, qui apprend aux chauffagistes à équilibrer correctement les installations d'eau chaude collective dans les immeubles. Il comprend neuf méthodes d'équilibrage correspondant aux différents dispositifs de mesure que l'on peut trouver sur un système de chauffage : mesure de température dans les locaux, mesure de débit aux émetteurs, réglage des vannes, etc. L'action simulée est celle de deux techniciens intervenant en même temps sur l'installation. L'un se tient près du radiateur "pivot" (le plus éloigné de la chaudière)

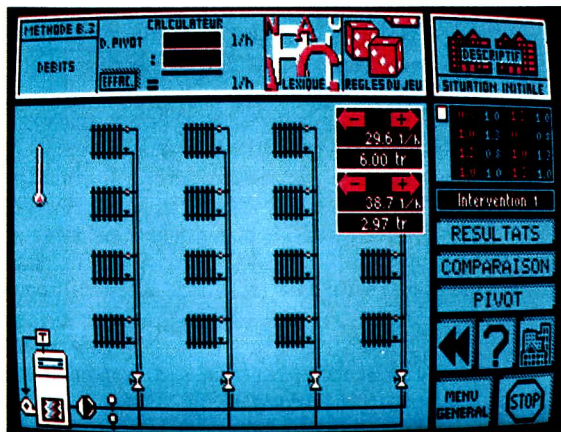
et communique en direct (par talkie-walkie) à son collègue les valeurs de débit lues sur cet émetteur. Le second technicien "entre" successivement dans tous les appartements et règle les débits des radiateurs en se référant à des ratios qui ont été calculés par le bureau d'études (tableau à droite de l'écran).

Ces deux didacticiels, véritables "laboratoires" pour travaux pratiques, pilotés automatiquement, de façon intelligente, sont les premiers d'une

"bibliothèque pédagogique" que le CSTB a décidé de lancer. Le prochain traitera des installations de génie climatique. Mais il ne s'agit pas de brûler les étapes. Pour réussir son virage vers l'enseignement assisté, le CSTB s'attache essentiellement, pour l'instant, à former les formateurs à la pratique de *Régulation 1* et de *Equilibrage 1*.

Pour tout renseignement : CSTB, 4 avenue du Recteur Poincaré, 75016 Paris Cedex 16, tél. : 1 40 50 28 28.

■ **Le lin, occasion à saisir pour les agriculteurs**, estime l'Institut national de la recherche agronomique : les pays européens sont déficitaires en huile et tourteau de lin.





PAR HENRI-PIERRE PENEL

# HI-FI, VIDÉO : UNITÉS TROMPEUSES

Puissance efficace, puissance musicale ou puissance totale ? Et les pixels, qui se multiplient miraculeusement, n'entretiennent-ils pas un flou qui n'a rien d'artistique ? Lors du choix d'une chaîne haute-fidélité, d'un caméscope ou d'un autoradio, quels chiffres retenir parmi ceux dont nous inondent les notices techniques et, d'un appareil à l'autre, sont-ils comparables ?

**L**e but de tout constructeur est de vendre. Pour cela, il présente son produit sous le jour le plus attrayant. Cela n'empêche pas l'acheteur éventuel, lors de son choix, de vouloir comparer prix, présentation et caractéristiques techniques de produits concurrents. Mais si les chiffres des fascicules techniques sont généralement exacts, ils ne sont, en revanche, pas toujours comparables d'un appareil à l'autre. L'acheteur risque donc de se trouver désemparé. Pourtant, rétablir les équivalences entre les diverses unités employées est beaucoup plus simple qu'il n'y paraît : les différences entre elles découlent des conditions de mesure. Dès l'instant où ces conditions sont connues, il devient aisé de passer des unes aux autres.

L'un des sujets de confusion les plus anciens et les plus répandus est la puissance délivrée par un amplificateur. Plusieurs critères peuvent, en effet, la qualifier. Parmi les plus courants : puissance efficace, puissance DIN, puissance RMS, puissance musicale et, parfois, la dénomination ambiguë et vaporeuse de "puissance totale".

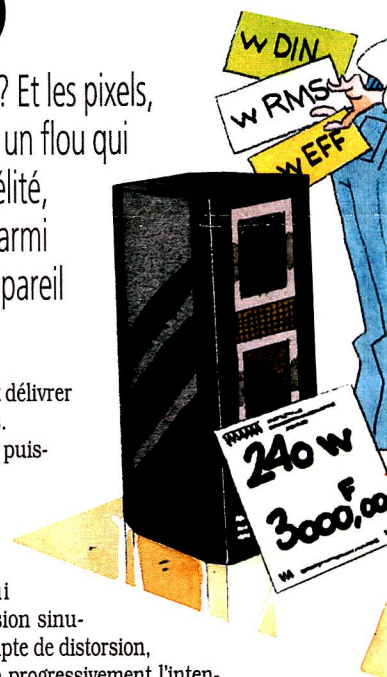
Avant d'examiner de plus près ces unités et d'établir des correspondances entre elles, voyons rapidement ce qui se passe à la sortie d'un amplificateur, du côté des haut-parleurs. L'appareil délivrera de la musique avec une bonne qualité sonore sous une puissance donnée s'il est en mesure de restituer, sous cette puissance, le signal sinusoïdal (provenant d'un disque, d'un magnétophone, de la radio...) aussi pur qu'à l'entrée. La limite de puissance dépend, en fait, essentiellement de la tension continue nécessaire au fonctionnement interne de l'amplificateur. C'est elle qui limite l'amplitude de la tension sinusoïdale

que l'appareil peut délivrer aux haut-parleurs.

Pour mesurer la puissance réelle qu'un amplificateur est capable de fournir, on lui applique une tension sinusoïdale pure, exempte de distorsion, dont on augmente progressivement l'intensité. La puissance maximale est la puissance que peut débiter l'appareil sans distordre le signal sonore. Trois principaux cas de figure se présentent.

- Lorsque le signal d'entrée est faible, les variations de la sortie tiennent largement dans les limites de la puissance pour laquelle l'ampli a été conçu. Tout se passe bien.
- Si le signal d'entrée augmente tout en restant compris entre ces bornes, aucune dégradation ne se manifestera. C'est, normalement, lorsque le seuil limite est atteint que l'on mesure la puissance réelle de l'amplificateur.
- Si l'amplitude augmente encore à l'entrée, la tension de sortie sera alors tronquée et prendra de plus en plus l'allure d'un "signal carré".

Mathématiquement, la valeur "efficace" (c'est le terme consacré) d'un signal sinusoïdal est égale à son amplitude maximale (entre les "crêtes") divisée par  $\sqrt{2}$  ; pour un signal rectangulaire elle est égale à cette amplitude divisée par 2 seulement. De plus, dans la puissance, la tension intervient au carré. Donc, selon le type de signal délivré, l'écart de puissance sera de  $(\sqrt{2})^2$ , soit 2. Ces deux puissances





**PRIX CHOC!**  
**500<sup>F</sup>,00**  
 240 watts



Elle sera accompagnée, sur la notice, du taux de distorsion toléré pour la mesure, de préférence inférieur à 1 %. Notre amplificateur sera alors qualifié de 2 x 60 W eff., 2 x 60 W RMS ou encore 2 x 60 W DIN. Pour le tape-à-l'œil, on préférera, bien sûr, la puissance musicale. Dans la pratique, elle correspond à ce que nous avons appelé plus haut puissance en signal carré. Elle vaudra donc, on l'a vu, le double de la puissance efficace. Notre amplificateur peut donc ainsi se vanter d'afficher deux fois 120 watts musicaux ; qualification déjà nettement plus aguicheuse sur le dépliant publicitaire, mais qui ne change strictement rien à la qualité réelle du produit. En effet, cette valeur est mi-fallacieuse, dans la

mesure où elle permet de gonfler virtuellement la puissance de l'appareil,

tout en se fondant sur une base physique exacte, à

savoir que la musique ne comporte pas un niveau sonore constant. Dans

ce cas, l'amplificateur restituera aussi bien qu'un deux fois 120 W réels la majeure partie de l'œuvre musicale, jusqu'aux fortissimi qui seront tronqués et entachés d'une distorsion importante.

Le dernier terme en vogue en matière de puissance est "puissance totale". Il correspond tout bêtement à la somme des puissances musicales des deux canaux. Grâce à elle, notre petit amplificateur devient un "monstre" de 240 W de puissance totale ! Si le terme ne peut être considéré comme totalement inexact, il n'en est pas moins trompeur. En effet, lorsque l'on parle d'une chaîne de 240 W, nous imaginons à coup sûr un appareil de très forte puissance. On pense immédiatement à un appareil délivrant 240 W, voire 2 x 240 W efficaces. En tout cas, certainement pas 60 malheureux watts par canal.

Si la puissance est le point sur lequel les écarts sont les plus flagrants, ce n'est pas le seul qui fasse l'objet d'une certaine confusion. C'est notamment le cas de la bande passante, le spectre de fréquences que l'appareil est capable de restituer. Notre oreille perçoit, en gros, les sons compris entre 20 Hz et 20 000 Hz (cela dépend de l'âge, de l'état de santé, etc.). En théorie, toute chaîne haute-fidélité devrait être capable de restituer l'intégralité de cette plage de fréquences. Ce n'est que rarement le cas dans la pratique. En outre, un amplificateur ne coupe pas net à partir d'une fréquence ou d'une autre. Un affaiblissement progressif se produit aux fréquences

- ef-

ficace et

maximale - sont,

certaines, exactes sur le

plan de l'énergie fournie par

l'amplificateur ; mais surtout, la

deuxième permet d'annoncer 120 watts

au lieu de 60 watts. Or, dès qu'un amplifica-

teur ne fonctionne plus en régime parfaitement sinusoïdal, une distorsion apparaît : cela fait plus de bruit et de fureur, mais ce n'est plus de la musique. Pourtant, c'est bien cette puissance maximale que les constructeurs parent du nom poétique de puissance musicale !

Revenons aux appellations les plus fréquentes dans les notices techniques. Nous proposons d'adopter une classification en trois familles : les officielles pures et dures, les tape-à-l'œil mi-fallacieuses et, enfin, les parfaitement fantaisistes. Afin de fixer les idées, nous donnerons à notre amplificateur imaginaire, délivrant 60 watts par canal en régime sinusoïdal, la puissance à laquelle il peut prétendre sous la nouvelle dénomination et nous verrons que de petit appareil bien banal il deviendra vite une "bête de scène".

La puissance "officielle" sera exprimée en watts efficaces, en watts RMS, ou encore en watts DIN.



extrêmes. La bande passante sera donc affichée comme étant comprise entre deux fréquences données et affectée d'un certain taux d'affaiblissement, exprimé en décibels. Par exemple : bande passante de 20 Hz à 20 000 Hz, plus ou moins 1 dB. Cette valeur est bonne : l'amplificateur restituera effectivement toutes les fréquences comprises dans l'intervalle indiqué de manière quasi identique. Mais ce n'est que rarement le cas : souvent la bande passante supporte un taux d'affaiblissement de  $\pm 3$  dB, soit 6 dB en tout. Ce qui signifie que les fréquences extrêmes seront restituées avec une amplitude deux fois moindre.

A ce propos, il n'est peut-être pas inutile de définir les décibels ; s'il reste une unité mal connue, c'est bien celle-là. Le décibel est l'unité trompeuse par excellence, et ce, pour deux raisons. D'une part, c'est une échelle de mesure non linéaire – elle est logarithmique décimale, c'est-à-dire que le résultat de cette transformation double lorsque la mesure d'origine est multipliée par 10 – et, d'autre part, le "décibel étalon" n'existe pas.

En effet, le décibel mesure un rapport entre deux valeurs, quels que soient leurs ordres de grandeur. Très précisément, le décibel est défini comme le logarithme décimal du rapport des quantités à comparer multiplié par 20. Lorsque les deux quantités sont égales, qu'elles soient grandes ou petites, leur rapport est égal à 1 et le nombre de décibels est de 0. Voilà déjà de quoi dérouter ! Pour tout arranger, l'échelle logarithmique complique encore les choses. Pour fixer les idées, décidons, nous en avons parfaitement le droit, de mesurer des poids en décibels. Choisissons 1 kg comme point d'origine. Si, cette convention adoptée, nous nous rendons chez notre épicier pour lui demander 0 dB de pommes de terre, il nous en fournira donc un kilo sans sourciller. Si, le lendemain, nous lui en demandons 6 dB, ne croyez pas qu'il vous faudra emporter un gros sac puisqu'il ne vous en donnera que 2 kg. De même, vous viendrez encore facilement à bout de 20 dB de pommes de terre : cela n'en fait que 10 kg. En revanche, si vous en convoitez 40 dB, rendez-vous directement chez un grossiste avec une brouette pour en ramasser 100 kg. En raison du logarithme, si l'échelle commence doucement elle augmente de plus en plus vite. Ainsi, si nous expri-

mons toujours en pommes de terres les 90 dB de la dynamique du disque compact, c'est avec un poids lourd que vous irez chercher vos 32 tonnes !

Inversement, les quantités inférieures au kilo s'exprimeront en décibels négatifs. Ainsi, pour avoir un livre de beurre, vous devrez en demander -6 dB, et pour 100 g d'olives vertes -20 dB, et ainsi de suite.

Bref, les décibels sont à manier avec précaution. Deux chiffres simples à se rappeler permettent de se repérer. Il suffit de garder en mémoire que le rapport double chaque fois que l'on augmente de 6 dB, et qu'il est multiplié – divisé si le nombre est négatif – par 10 à chaque changement de vingtaine.

Comparons les 90 dB de dynamique du disque compact – rapport entre le son le plus faible et le plus intense que peut restituer le procédé – et une autre dynamique, annoncée à 84 dB : bien qu'en valeur absolue l'écart soit faible, cette dernière dynamique est deux fois moins bonne que la première. Et si elle tombe à 70 dB, elle sera dix fois moins bonne ; à 50 dB, elle sera carrément cent fois moins bonne...

Voyons maintenant quelle serait la puissance d'écoute nécessaire pour profiter pleinement de notre disque compact de 90 dB de dynamique. (Il faut toujours garder à l'esprit que, si les décibels permettent effectivement d'évaluer une dynamique – ou un rapport signal/bruit, c'est-à-dire la proportion entre musique et bruit de fond –, ils varient selon une échelle logarithmique.) Fixons

la puissance consacrée à la restitution des sons les plus faibles à 1 milliwatt, ce qui reste supérieur au bruit le plus léger que nous sommes capables d'entendre dans une pièce absolument silencieuse. L'amplificateur devra pouvoir délivrer des pics de puissance de près de 32 W efficaces (nos 32 tonnes de pommes de terre) pour

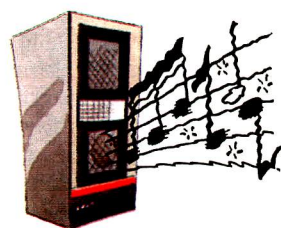
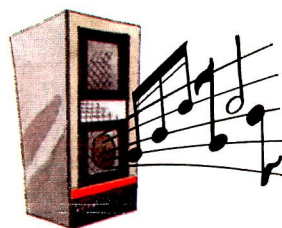
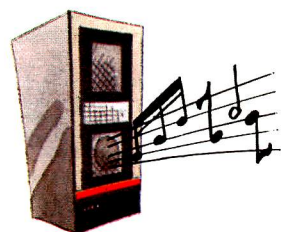
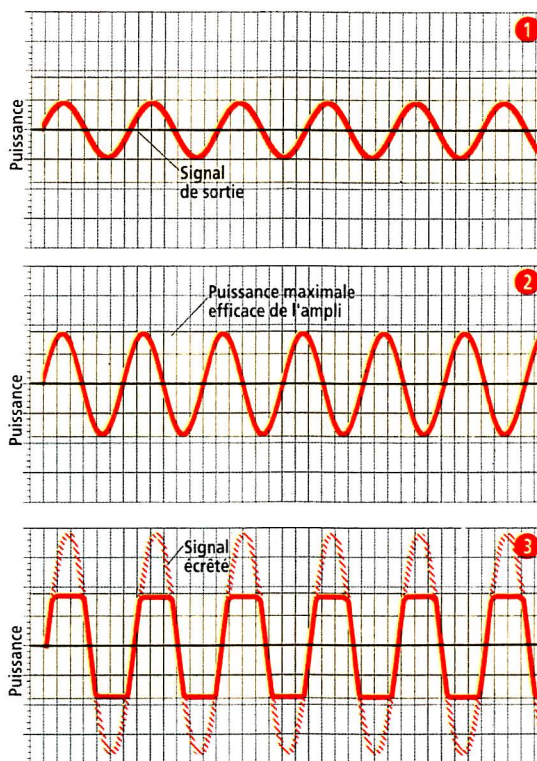
"passer" les 90 dB. Il faut préciser, à ce sujet, que notre oreille, ajustant immédiatement sa sensibilité au niveau d'écoute, un "parasite" de 1 milliwatt deviendra totalement imperceptible. Si la dynamique du disque compact permet de restituer pleinement les écarts de niveau sonore entre un pianissimo et un fortissimo, elle est, en revanche, trop large pour que notre oreille puisse la percevoir à l'intérieur d'une même séquence musicale.

## **H**i-fi, vidéo : pour ne plus être désarmé face aux caractéristiques techniques



## Puissance ou nuisance ?

Lorsqu'on "pousse" le volume d'une chaîne hi-fi, on augmente la puissance du signal sortant de l'ampli (**courbe 1**) et allant vers les haut-parleurs. Si on continue de "monter" le son, la puissance de ce signal augmente encore, jusqu'à atteindre une limite, égale à la puissance maximale efficace de l'ampli (**courbe 2**). Le son conserve ses qualités d'écoute. Au-delà, l'ampli "sature" : les crêtes du signal de sortie ne passent plus. L'intensité sonore augmente, certes, mais le son est dégradé à cause des distorsions dues à l'amputation subie par le signal (**courbe 3**).



Enfin, n'oublions pas que, en matière de rapport signal/bruit, c'est toujours le maillon le plus faible qui pénalisera la qualité de l'ensemble du système. Par exemple, si l'on effectue la copie d'un disque compact de 90 dB sur une cassette d'environ 60 dB, elle aura un rapport signal/bruit fatalement inférieur à 60 dB, les parasites du disque s'ajoutant à ceux de la cassette.

Si les chiffres peuvent être trompeurs en matière musicale, la vidéo n'est pas épargnée non plus. Prenons le cas des caméscopes. On assiste actuellement à une course effrénée au nombre de pixels (points élémentaires) de l'analyseur d'image de la caméra, la matrice CCD. D'abord 240 000 puis 320 000, maintenant 480 000, voire 510 000 : les pixels semblent se multiplier tels des lapins de garenne dans un champ de luzerne ! En fait, si le capteur comporte bien le nombre d'éléments photosensibles indiqués, il est assez discutable de considérer chacun d'entre eux comme un point d'image à part entière. Car, en vidéo, pour obtenir une image en couleurs, il est indispensable d'opérer un tri selon les trois couleurs fondamentales : rouge, vert et bleu. Ainsi, un tiers des éléments se trouveront derrière un filtre rouge, le second tiers derrière un filtre vert et le dernier tiers derrière un filtre bleu. Chaque point d'image en couleurs est donc, en réalité, défini par trois pixels. En fin de compte, il faut diviser

par trois le nombre de pixels annoncés pour obtenir le nombre réel de points d'image. Ainsi, l'image transmise par un capteur 480 000 pixels compte en fait 160 000 points.

Toujours dans le domaine des caméscopes, la sensibilité (donnée en lux) doit être considérée avec une extrême circonspection. A la suite de nos nombreux essais, nous avons constaté que, si une image se formait bien à l'intensité minimale d'éclairement donnée comme seuil, sa qualité était des plus variable. En effet, aucune des notices accompagnant les appareils ne précisait le rapport signal/bruit vidéo au seuil de luminosité. Or si certaines machines donnaient une image encore tout à fait acceptable bien que le bruit de fond ait commencé à se manifester, sur d'autres le bruit était tel que les couleurs étaient soit quasi inexistantes, soit baveuses et zébrées, soit entachées d'une dominante très marquée. De surcroît, dans un grand nombre de cas, l'autofocus ne répondait plus, rendant les appareils sur lesquels il n'était pas débrayable à peu près inutilisables.

Une chose, dans cet océan de confusion, paraît claire : en matière de haute-fidélité et de vidéo, les chiffres ne parlent pas forcément d'eux-mêmes. Rien ne remplace l'audition d'une chaîne ou l'utilisation, même brève, d'un caméscope. Un petit essai sera sûrement plus probant qu'une longue notice explicative.

**Henri-Pierre Penel**



PAR ROGER BELLONE

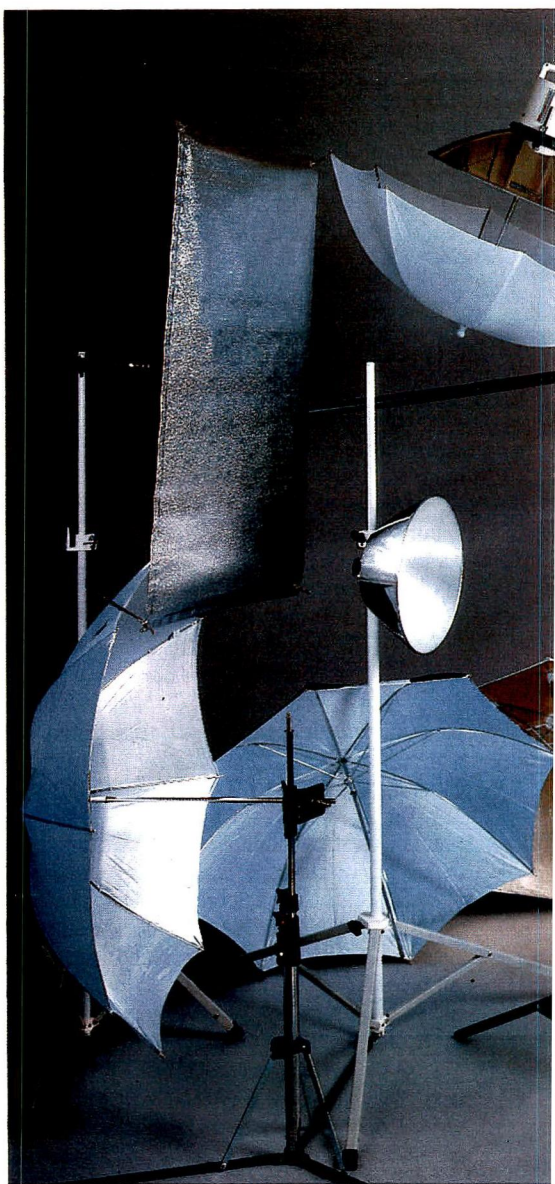
# MINI-STUDIO POUR AMATEUR

Projecteurs sur pied, flashes autonomes, réflecteurs métallisés, parapluies diffuseurs de lumière : tous ces matériels semblent depuis toujours réservés aux grands studios de photographie. Méconnus du public, ils peuvent pourtant équiper de petits studios d'amateurs.

**S**i le flash apparaît de nos jours comme l'accès-soire de lumière artificielle le plus répandu chez les photographes amateurs, il n'est pas pour autant le meilleur. Du moins dans les conditions où il est couramment utilisé, c'est-à-dire incorporé à l'appareil-photo ou fixé au-dessus du boîtier. Dans ces cas, en effet, la lumière atteint le sujet de face, procurant ainsi un éclairage plat et dur, avec de petites ombres portées disgracieuses. Si le sujet s'étage en profondeur (par exemple des convives autour d'une longue table), le premier plan se trouve intensément éclairé, les plans suivants étant de plus en plus sombres, voire presque noirs pour les derniers. C'est que, en éclairage artificiel, il est une loi qui ne pardonne pas : l'intensité de la lumière émise par une lampe diminue rapidement, dans une proportion égale au carré de la distance parcourue.

Pour éviter cet inconvénient, il est souvent conseillé d'utiliser un flash en éclairage indirect, en orientant son réflecteur vers le plafond ou vers un écran diffusant blanc qui renvoient la lumière de l'éclair vers le sujet. Mais bien peu d'amateurs pratiquent cette technique. D'abord, elle est évidemment impossible avec le flash incorporé à l'appareil. Ensuite, avec un flash autonome d'amateur, la puissance disponible est généralement trop faible. En effet, en éclairage indirect, la lumière doit parcourir trois à quatre fois plus de chemin qu'en éclairage direct avant de parvenir au sujet.

Pour travailler confortablement, il faudrait faire appel à un flash puissant (au moins de nombre-guide 45, au lieu du nombre-guide inférieur à 20 généralement proposé aux amateurs). Ou bien, ce qui est mieux encore, il faudrait utiliser deux ou trois flashes synchronisés pour répartir la lumière dans le champ photographié et moduler les effets d'éclairage. Mais ces techniques sont coûteuses pour des amateurs et, de plus, délicates à mettre en œuvre : en effet, à cause de la brièveté de l'éclair, il est impossible de contrôler le résultat final sans un éclairage secondaire constitué de petites lampes électriques montées avec les flashes. C'est d'ailleurs ce que font les professionnels





du studio, au moyen d'appareillages plus ou moins lourds et encombrants : flashes de grande puissance dotés de lampes pilotes (les lampes dispensant une faible lumière permanente pour régler les éclairages), générateurs d'énergie, multiples réflecteurs et diffuseurs, etc. Certes, un tel équipement n'est pas utilisable par l'amateur et, d'ailleurs, lui serait inutile.

La technique, en revanche, est aujourd'hui à sa portée avec des matériels plus légers, moins puissants certes, mais largement suffisants pour réaliser des portraits, des natures mortes ou même des cli-

chés de petits groupes de personnes dans un appartement. A leur attention, un fabricant, Photax, propose, sous le nom de "Mini Studio", les trois ensembles complets d'accessoires que voici, montés (ou en kit), pour un prix modéré : 2 380 F ou 2 750 F, selon le modèle.

**Le Mini Studio Tungstène 3200 K** est constitué de deux pieds d'éclairage Photax n°1, d'un porte-lampe Photax 3200 K, d'une ampoule tungstène 3200 K de 500 W/220 V, d'un réflecteur de 21 cm, d'un parapluie argenté de 90 cm de diamètre, ainsi que d'un panneau réflecteur Photax argenté/blanc. Son prix : 2 380 F. La lumière obtenue, d'une température de couleur de 3200 K, correspond à la température de couleur pour laquelle sont équilibrés les films type B (Kodak Ektachrome 160, Ektachrome EPY 64, Fujichrome RTP 64 et Scotch Chrome 640 T). Elle convient également aux films négatifs (couleur ou noir et blanc) et aux prises de vues vidéo avec un caméscope. Les images obtenues sont

d'une grande fidélité de couleur. L'utilisation d'une seule lampe de 500 W permet l'éclairage correct d'un portrait ou d'un objet grâce aux renvois de lumière réalisés avec le parapluie et le réflecteur argenté. Le dosage des éclairages (ombres/lumières) est obtenu en orientant et en éloignant plus ou moins ces diffuseurs du sujet.

**Le Mini Studio Tungstène 5600 K** dispose d'un équipement identique au précédent, mais le parapluie argenté est remplacé par un parapluie bleu. Celui-ci reçoit donc la lumière 3200 K de la lampe pour la diffuser à 5600 K. De ce fait, ce sont les films type lumière du jour, équilibrés pour 600-5900 K (les plus répandus), qui sont utilisables : Kodachrome, Ektachrome, Fujichrome, Agfachrome, etc., tous en type D. Bien entendu, les négatifs (couleur et noir et blanc) et les caméscopes restent utilisables. Son prix : 2 380 F.

**Le Mini Studio Flash** possède aussi les mêmes matériels que le Mini Studio Tungstène 3200 K, mais la lampe 3200 K est remplacée par un flash asservi Morris AC Slave II. Prix total : 2 750 F. Les conditions de travail sont les mêmes qu'avec le Mini Studio Tungstène 5600 K, le flash émettant le même type de lumière. Les réglages d'éclairage se font de la même façon, en ajustant l'orientation et l'éloignement du diffuseur et du parapluie.

Ces trois Mini Studio permettent à un amateur minutieux de réaliser des photos aux ombres et lumières subtilement équilibrées et correctement exposées. S'il le souhaite, cet équipement minimal peut être complété pour pouvoir photographier un espace plus grand ou pour obtenir certains effets spéciaux. Photax propose dans ce but près de 200 accessoires de dimensions variables, parmi lesquels il faut citer :

- six trépieds d'éclairage de tailles différentes (prix : 300 à 1 000 F) ;
- six "girafes" permettant, par le jeu de tiges articulées, de disposer des accessoires au-dessus du champ photographié (prix : 165 à 1 400 F) ;
- trois réflecteurs (21, 30 et 45 cm) pour diffuser une lumière douce (prix : 160 à 470 F) ;
- 14 parapluies ayant de 90 à 140 cm de diamètre, à surface blanche, argentée, dorée ou bleue, pour réfléchir la lumière de lampes ou de flashes (prix : 120 à 700 F) ;
- des boîtes à lumière conçues pour diffuser la lumière avec un faisceau déterminé (460 à 1 400 F) ;
- des fonds et des panneaux de fond (300 à 1 200 F).

Certains de ces accessoires sont d'ailleurs de classe professionnelle par leurs dimensions ou leur puissance. De quoi constituer un studio à la carte, permettant de réaliser des images très élaborées, selon le talent créatif du photographe.

**Roger Bellone**





# LE TOURNE-DISQUE À FIBRE OPTIQUE

Avec le développement du disque compact, le microsillon est sans doute condamné à rejoindre les vieux 78 tours qui s'entassent encore dans les greniers. Il n'est pas dit pour autant que nous ne pourrions plus les écouter. Des chercheurs de Lausanne ont en effet conçu une platine à fibre optique capable de lire les disques les plus vieux et les plus mal en point, et même les enregistrements sur cylindres.



**L**e progrès technologique, il faut bien le dire, n'est pas sans inconvénient. Ainsi, dans le domaine de l'audiovisuel, périodiquement, il réduit à néant toute une partie de notre patrimoine culturel. Par exemple, l'arrivée du disque compact audionumérique condamne à terme le microsillon et l'on peut déjà prédire que, au-delà de l'an 2000, il n'existera plus de machines permettant de lire les millions de disques édités depuis plus de quarante années.

Déjà, lors de sa naissance en 1948, le microsillon avait condamné le 78 tours. Rares aujourd'hui sont les possesseurs de chaîne hi-fi qui peuvent encore le lire. Et la plupart des collections entassées dans les greniers finissent par être détruites à la mort de leur propriétaire. Quant aux enregistrements sur disques

pour gramophone du début de notre siècle ou sur cylindres pour phonographe de la fin du XIX<sup>e</sup>, ils ne sont plus guère que des pièces de musée, réduites au silence. Pourtant, leur valeur historique est incontestable. Aussi, ont-ils incité bien des ingénieurs à rechercher le moyen de les lire, malgré leurs défauts techniques, leur usure, leurs rayures, voire leurs cassures.

Les technologies les plus récentes ont été utilisées. C'est ainsi qu'ont été créés des systèmes à laser pouvant faire explorer le sillon par un pinceau lumineux particulièrement fin. Et l'on a eu recours à des ordinateurs pour traiter le signal ainsi lu. Mais il ne semble pas, nous le verrons plus loin, que les résultats obtenus soient très satisfaisants, les défauts des vieux sillons gênant la lecture par laser.





## Réécouter Caruso

Ne jetez plus les vieilles cires, même cassées. Grâce à la fibre optique et au laser, les enregistrements d'antan retrouvent une nouvelle jeunesse.

Le problème a récemment été repris par des chercheurs du Laboratoire de métrologie de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne et de la Radio-TV de la Suisse romande : J. Poliak, Ph. Robert et J. Goy ont créé une machine, en service à la Radio-TV suisse, associant le laser et un équipage mobile à fibre optique, capable de lire tous les enregistrements sur disque et sur cylindre, y compris des disques cassés et reconstitués en recollant leurs morceaux. Pour en



comprendre le fonctionnement, il nous faut cependant revenir sur quelques caractéristiques des enregistrements sur disques conventionnels.

Sur un microsillon (*voir dessins ci-dessous*), le sillon que suit l'aiguille de la tête de lecture ressemble à une vallée en V dont le fond fait un angle de 90°.

**Si le disque est monophonique**, les deux flancs du sillon portent la même ondulation matérialisant une même modulation sonore ; leurs deux arêtes (les bords supérieurs du sillon) sont parallèles. Et le fond de la vallée serpente mais reste toujours à la même profondeur. En avançant à mesure que tourne le disque, l'aiguille est donc animée d'un mouvement uniquement horizontal.

**Sur un disque stéréophonique**, les deux flancs portent chacun une modulation distincte : le flanc côté "centre du disque" porte la gravure correspondant à la voie gauche de la stéréophonie ; le flanc côté "bord du disque", celle correspondant à la voie droite. Leurs arêtes ne restent donc pas parallèles. De ce fait, l'écartement entre les deux flancs est variable, étant tantôt plus étroit qu'en monophonie, tantôt plus large. La pointe de lecture, qui prend appui sur ces flancs, remonte lorsque l'écartement rétrécit, et redescend lorsqu'il s'élargit. Cette pointe est donc ani-

mée d'un mouvement horizontal et d'un mouvement vertical. Bien entendu, cela est vrai tant que les deux modulations de l'enregistrement stéréo sont déphasées, c'est-à-dire lorsque les voies gauche et droite portent deux sons différents. Aux endroits de l'enregistrement où les deux voies de la stéréophonie portent la même modulation, on se retrouve dans la situation du disque mono.

Lorsqu'on écoute un disque, les vibrations de la pointe dues à la gravure du sillon sont transmises à une cellule de lecture (piézoélectrique, électromagnétique ou électrodynamique) et transformées en courant électrique modulé (le signal audio), lequel est amplifié, puis transmis aux haut-parleurs qui le retransforment en son. La pointe repose sur la partie basse des flancs du sillon (sans toucher le fond, à moins que le disque ne soit complètement usé). A mesure que s'altère cette partie, le son rendu se dégrade.

La lecture des flancs du sillon, nous l'avons vu, peut aussi être confiée à un rayon lumineux. Contrairement à l'aiguille, qui repose en un point interne de chaque flanc, le rayon lumineux balaye les deux flancs, jusque sur leurs bords supérieurs. Avec un disque usé par de nombreuses écoutes, le rayon lumineux va donc lire un profil de gravure différent du bord vers le bas de chaque flanc. De plus, cette lecture sera affectée par les défauts de surface du sillon (rayures, poussières, usure due aux anciennes têtes de lecture trop lourdes...). Pour ces motifs, les systèmes de lecture optique utilisés jusqu'ici n'étaient pas très satisfaisants. Ils l'étaient encore moins avec les vieux 78 tours ou avec les supports plus anciens, leur matière présentant plus de défauts que celle des microsillons et l'usure étant plus importante à cause du poids élevé des têtes de lecture d'autrefois.

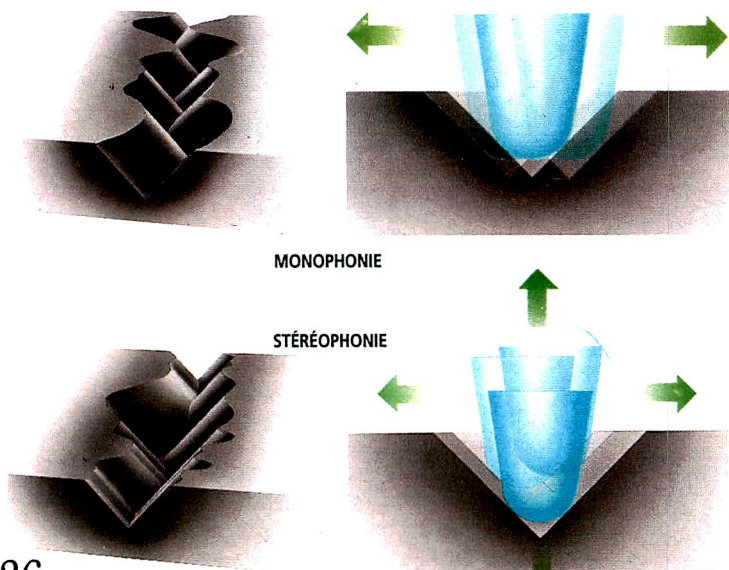
C'est ici qu'intervient l'astuce des chercheurs de Lausanne. Ils utilisent bien une lecture optique, mais le rayon lumineux ne balaye pas lui-même les flancs : c'est la fibre qui sert de pointe de lecture (*voir dessin en haut à droite*), et le rayon laser qu'elle porte sert uniquement à transmettre les mouvements de la fibre dans le sillon.

La section circulaire de la fibre repose, certes, dans le sillon comme

## Le sillon : une vallée qui serpente

**En mono**, les deux côtés du sillon portent le même message, ses bords restent parallèles et sa profondeur ne change pas. L'aiguille oscille horizontalement.

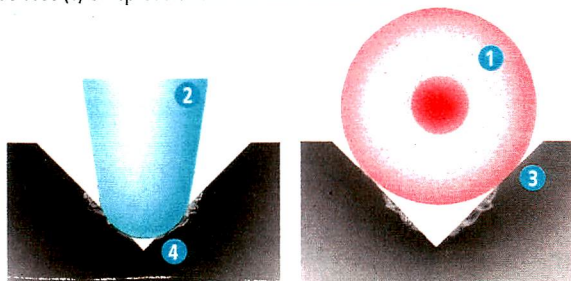
**En stéréo**, l'écartement entre les flancs est variable, leurs modulations étant distinctes. La pointe de l'aiguille remonte quand l'écartement diminue, puis redescend quand il s'élargit : le mouvement est vertical en plus d'être horizontal.





## Avec la fibre optique, même usé...

La fibre optique (1), plus large qu'une pointe de lecture conventionnelle (2), défile sur la partie haute du sillon (3). De la sorte elle ne touche pas la partie usée (4) et reproduit donc une modulation non altérée.



une aiguille conventionnelle. Toutefois, plus large que la pointe d'une aiguille, la fibre défile sur la partie haute du sillon et ne touche pas la zone usée si le disque est ancien. Elle en lit donc la partie intacte. Si le disque est cassé, la fibre glisse sans accrocher.

Comme une pointe de lecture classique, la fibre subit les mouvements horizontaux et verticaux du sillon durant la rotation du disque. Au cœur de la fibre optique, le rayon lumineux produit par un laser suit donc ces mêmes mouvements. Arrivé à l'extrémité de la fibre, le rayon est réfléchi par sa section biseautée (voir dessin en bas à droite) : il sort alors de la fibre, puis est capté par une cellule qui détecte les mouvements horizontaux et verticaux de la fibre et les enregistre sous forme de coordonnées  $x$  (horizontal) et  $y$  (vertical). Chacun de ces mouvements lumineux est transformé en signal électrique par la cellule, induisant ainsi un courant modulé audio.

Ces signaux ne servent pas seulement à restituer l'enregistrement du disque. Pour la lecture des vieux disques stéréophoniques, le signal  $x$  (horizontal) provenant du détecteur est dédoublé. L'un est traité pour reproduire le son, comme décrit ci-dessus, l'autre sert à piloter un micro-moteur chargé de contrôler le mouvement horizontal de la fibre pour la maintenir en permanence centrée dans le sillon. Quant au signal  $y$  (vertical), il sert, également via un micro-moteur, à contrôler le mouvement vertical de la fibre pour la maintenir au contact du sillon.

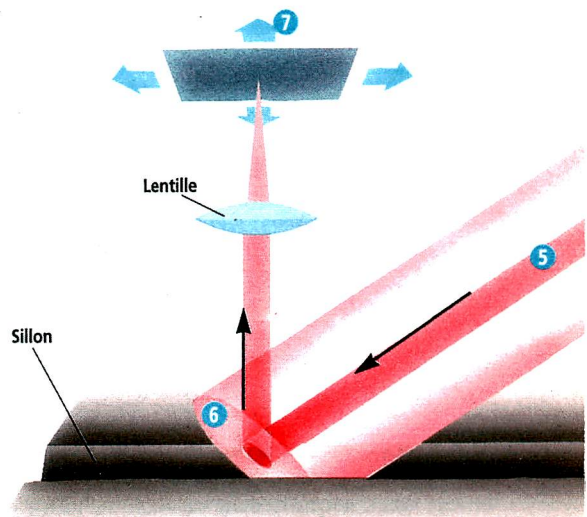
Pour les vieux disques monophoniques (78 tours, disques du début du siècle, cylindres du XIX<sup>e</sup>), nous l'avons vu, il ne devrait pas y avoir de mouvement  $y$  (vertical). En fait, il se produit tout de même un signal  $y$ , qui correspond à des défauts du disque (irrégularités, rayures, cassures). Il est utilisé, là aussi, pour contrôler le mouvement vertical de la fibre, via un micro-moteur, et maintenir le spot lumineux du centre de l'axe  $y$  sur le détecteur.

À l'écoute, les performances du dispositif des chercheurs suisses se sont révélées satisfaisantes. Il est particulièrement intéressant avec les vieux enregistrements aux supports usés ou endommagés, notamment ceux des archives de radiodiffusion. De plus, la force d'appui de la fibre optique est limitée à 60 mg, soit 40 fois moins que les têtes de lecture d'autrefois (d'où la nécessité du dispositif d'asservissement pour maintenir la fibre dans l'axe et au contact du sillon). Cette légèreté a aussi permis la lecture de disques fragiles à la gravure

tendre, le lecteur à fibre optique éliminant pratiquement le risque d'usure. Les signaux obtenus, après traitement numérique (élimination des bruits de fond, reconstitution des fragments d'enregistrement détruits par des rayures et autres défauts) permettent d'obtenir des auditions comparables à celles des bons disques 33, 45 ou 78 tours. De quoi retrouver les voix prestigieuses perdues comme celles de Caruso, de Chaliapine ou de Melba. **Roger Bellone**

## ... le disque rend un son neuf

Le rayon laser (5), réfléchi sur la section de la fibre optique (6), est capté par une cellule (7) détectrice de mouvements dans les deux axes horizontal ( $x$ ) et vertical ( $y$ ). Les oscillations de la fibre sont ainsi transformées en signal électrique modulé, correspondant à la gravure du sillon.





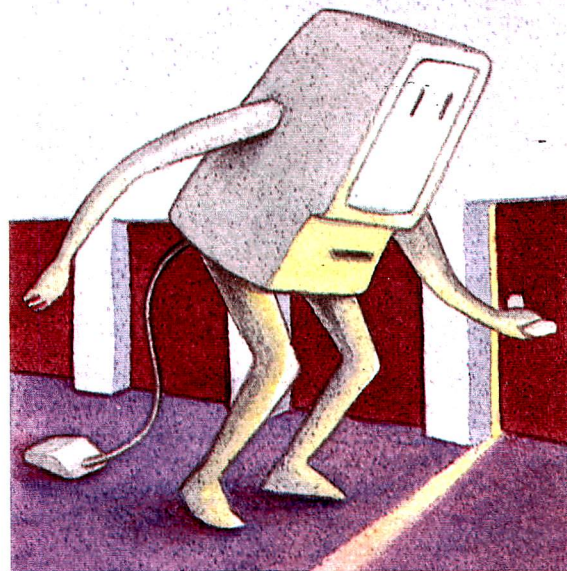
PAR HERVÉ LHUISSIER

# MATÉRIEL INFORMATIQUE : LA CRISE DE LA MATURITÉ ?

Dans une conjoncture globalement défavorable, l'informatique ou, plutôt, les constructeurs de matériel traversent un certain nombre de difficultés. A telle enseigne que la plupart, lorsqu'ils n'exploitent pas un créneau très porteur, s'intéressent à nouveau à des activités qu'ils avaient abandonnées aux SSII.

**M**ille milliards de dollars : cette fois ce n'est pas le titre d'un film mais l'estimation du chiffre d'affaires que devrait atteindre l'industrie informatique mondiale d'ici la fin de la décennie (1). Comme nous l'apprend une analyse publiée par l'Idate (Institut de l'audio-visuel et des télécommunications en Europe), le marché auquel il correspond se partage pour l'instant à égalité entre celui du service et celui du matériel. Mais plus pour longtemps car, avec une croissance annuelle de 16 %, le secteur des services – celui des fameuses SSII (2) – devrait prendre l'avantage, dès la fin de cette année, sur le secteur du matériel (8,5 % de croissance par an "seulement"). Moteur de la croissance du matériel, le marché de la micro-informatique repose sur la vente de 20 millions d'unités par an ; soit 400 milliards de francs, pour un chiffre d'affaires mondial de toute l'industrie informatique d'environ 1 800 milliards de francs. En France, où l'informatique "pèse" globalement 100 milliards de francs, la part du marché de la "micro" est sensiblement la même : 20 milliards de francs.

Mais que signifient des ventes en progression si les prix et, avec eux, les marges s'effondrent (3) ? Pour pouvoir maintenir les ventes à un niveau décent, les constructeurs sont contraints d'augmenter continuellement la puissance de leurs matériels (voir encadré p.130). Ce qui, justement – paradoxe



des paradoxes –, abrège la durée de vie commerciale de ces derniers, fait chuter leurs prix et nourrit le marché de l'occasion (voir encadré page ci-contre) ! Apparemment impossible à enrayer, ce phénomène conduit les constructeurs à s'intéresser ou, plutôt, à revenir à des activités plus rémunératrices, comme le service et l'intégration de systèmes, pour un temps concédées aux SSII.

Parallèlement, leurs clients – les grands utilisateurs, du secteur tertiaire essentiellement – se montrent plus circonspects lorsqu'il s'agit d'établir leur budget informatique. Beaucoup, notamment dans la banque et l'assurance, ont largement eu le temps, en effet, de tirer les leçons d'une informatisation menée en général une dizaine, voire une quinzaine, d'années auparavant. Comme le faisait remarquer en substance Jean-Pierre Courniou, vice-président de Sollac (filiale d'Usinor-Sacilor), dans une interview accordée à l'hebdomadaire *01 Informatique* : « Pour une entreprise, la part du chiffre d'affaires dé-

(1) Il s'élève actuellement à 316 milliards de dollars.

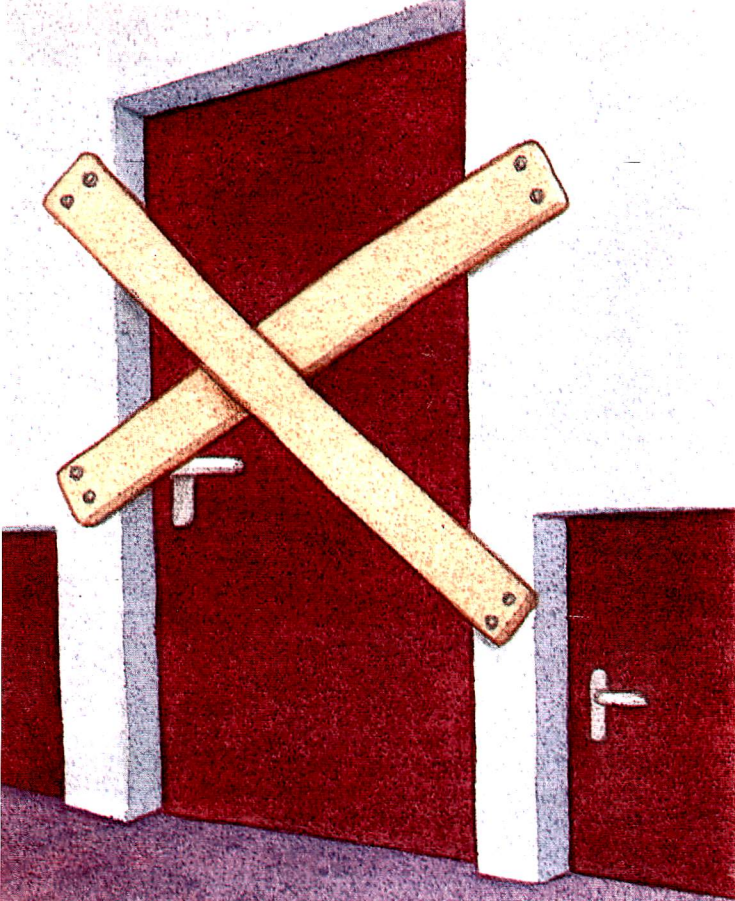
(2) Voir *Science & Vie* n° 891, p. 126.

(3) L'Insee a estimé que le prix moyen d'un micro a chuté de 53 % depuis 1988, et de près de 24 % au cours de la seule année 1991.

(4) C'est-à-dire un micro-ordinateur dont la puissance de calcul est nettement supérieure à celle d'un appareil standard.

(5) L'Allemagne, l'Afrique du Sud, l'Australie, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les Etats-Unis, la France, l'Irlande, les Pays-Bas et le Royaume-Uni.





nouvelle approche, plus pragmatique, cherche évidemment à éviter les "dérapages" en matière de choix stratégiques, aussi mal contrôlés que lourds de conséquences sur le plan financier. A cet égard, n'intervient pas seulement, en effet, le gaspillage d'investissement dans un matériel inadéquat, mais aussi le coût plus diffus (parce que difficile à chiffrer), mais non moins réel, du déficit enregistré en termes de compétitivité par les entreprises.

Dans leur grande majorité, celles-ci aimeraient bien savoir combien leur investissement informatique pourra leur rapporter. Las ! L'indicateur qui permettrait de mesurer concrètement l'impact de l'informatique sur la rentabilité d'une entreprise - elle-même soumise à de trop nombreux paramètres - n'existe pas. De sur-

croît, avant même de s'attaquer à cette difficulté d'appréciation, encore faudrait-il pouvoir tabler sur un réel suivi des projets... Ce n'est presque jamais le cas.

«Si on ne peut pas savoir ce que l'informatique nous apporte, en revanche, on sait ce qu'elle nous coûte», lâche le patron d'une PME. D'où un certain penchant pour des mesures radicales, comme la réduction des budgets informatiques, par exemple. Tendence qui, entre autres conséquences, aurait pour effet de remettre en question la stratégie de décentralisation des structures, suivie par nombre d'entreprises (et favorisée par la

Comme le confirme le cabinet Price Waterhouse Conseil (PWC), qui a effectué une étude auprès de douze pays <sup>(2)</sup> pour discerner les grandes tendances qui agitent le monde de l'informatique, c'est bien cette préoccupation - ou, plus exactement, l'intégration de l'informatique dans la stratégie de l'entreprise - qui constitue une priorité absolue. Cette

croît, avant même de s'attaquer à cette difficulté d'appréciation, encore faudrait-il pouvoir tabler sur un réel suivi des projets... Ce n'est presque jamais le cas.

## LE MARCHÉ DE L'OCCASION

**L**e marché de la micro-informatique d'occasion s'est tout naturellement développé au milieu des années 1980, lorsque les entreprises, après avoir couvert leurs besoins immédiats (en comptabilité notamment), ont commencé à acquérir des matériels plus puissants. Dans beaucoup de cas, les machines de la "première vague" n'ont pas été mises au rebut immédiatement. Elles ont au contraire poursuivi

leur carrière dans des services dont l'informatisation n'avait pas été jugée prioritaire jusque-là (secrétariat par exemple). Ensuite, étant définitivement amortis, ces micro-ordinateurs ont été pour la plupart peu à peu cédés à des spécialistes de l'occasion. Il en existe aujourd'hui plusieurs dizaines qui, de plus en plus, se tournent vers des activités complémentaires : fourniture de pièces détachées

aux sociétés de maintenance, location, entretien du parc de machines d'un client... Un souci de diversification qui, comme l'indique un article paru dans *Le Monde informatique* <sup>(1)</sup>, répond à la baisse continue des prix du neuf. Baisse qui pourrait bien finir par mettre en difficulté les spécialistes de l'occasion eux-aussi...

(1) "L'occasion fait son trou dans la micro", 23/3/92.



# 1 000 MILLIARDS D'OPÉRATIONS PAR SECONDE

C'est la limite, appelée "tétraflopp", que les supercalculateurs s'approprient à atteindre dès 1995 (1), après avoir successivement franchi la barre du "mégaflopp" (un million d'opérations flottantes par seconde), puis celle du "gigaflopp" (un milliard d'opérations). Les machines capables de ces prouesses ont plus que jamais le vent en poupe. Installés à Mar-

seille, respectivement à l'Institut méditerranéen de technologie (IMT) et à l'université scientifique de Saint-Jérôme, un Cray Y-MP 2 et un IBM 3090 sont aujourd'hui reliés à la structure parallèle (2) de l'Institut national de recherche en informatique et automatique (INRIA) de Sophia-Antipolis. Particulièrement adaptés à la résolution d'équations com-

plexes, ils ont, par exemple, déjà servi à l'observatoire de Nice pour reproduire les conditions du big-bang. Dans un tout autre domaine d'application – l'industrie automobile –, on apprécie également beaucoup ce type de matériel. La conception d'une pièce ou d'un sous-ensemble (train avant par exemple) en trois dimensions, la simulation de toutes les phases

d'un accident de circulation ou encore l'analyse des réactions d'un conducteur face à un danger imprévu évitent en effet au constructeur de multiplier les prototypes et les essais. D'où des coûts et des délais plus restreints : actuellement il ne faut plus que cinq ans à un constructeur-automobile pour passer du stade de la conception à celui de l'industrialisation.

1) Voir l'article paru dans *le Nouvel Economiste* du 28/2/1992, p. 42 : "Ordinateurs : les monstres sont de retour", ainsi que le supplément informatique des *Echos* du 17/4/1992, p. 21 à 24.

(2) D'une conception différente de l'archi-

ture vectorielle commune aux supercalculateurs traditionnels, les structures parallèles utilisent les puissances additionnées de plusieurs dizaines de milliers de processeurs (à Sophia-Antipolis, 16 000 processeurs) afin de leur faire exécuter, à très

haute vitesse et simultanément, un même programme : la recherche d'une information dans une gigantesque base de données, par exemple. L'une d'elles - Dow-Quest - met les articles de 175 publications économiques américaines à la disposition

de ses utilisateurs en moins d'une seconde ! Cette performance ahurissante ne doit pas cacher des difficultés propres aux supercalculateurs : le manque de logiciels et d'un système d'exploitation unique capable de gérer les processeurs en parallèle.

poussée de la micro-informatique), au profit d'un retour à la centralisation !

Mais, pour autant, les entreprises de l'informatique sont-elles égales devant la crise ? Assurément non. Celles qui exploitent des marchés étroits, où la concurrence est forte (les logiciels d'application par exemple), ont le sort le moins enviable. De leur côté, les "poids lourds" généralistes – comme IBM, qui détient 30 % du marché, DEC ou Fujitsu – ne sont pas mieux lotis : leur taille gigantesque ralentit leur capacité d'adaptation aux nouvelles évolutions du marché (boom du portable par exemple) et l'étendue

de leurs activités suppose des investissements considérables alors qu'ils perdent des parts de marché. A l'inverse, des spécialistes comme Sun (fabriquant de stations de travail fonctionnant sous Unix (3), Novell (éditeur de logiciels réseaux), Apple (13 % du marché) ou Microsoft (auteur du best-seller des traitements de textes, Word, pour ne citer que lui) s'en sortent plutôt bien. Même constat évidemment pour ceux qui ont su se positionner dans un créneau porteur : Cray et ses super-calculateurs (voir encadré ci-dessus) ou Compaq et ses portables de forte puissance (13 % du marché)... Bien

évidemment, cette évaluation n'a rien de figé : les entreprises actuellement dans le creux de la vague peuvent toujours contre-attaquer si elles en trouvent les moyens. Quant à celles qui, en revanche, bénéficient d'une situation plus favorable, elles ne sont pas pour autant dispensées de tout effort : à commencer par la limitation de leurs frais de fonctionnement.

«La baisse des prix de nos matériels a amoindri nos marges et nous a contraints à limiter nos dépenses, parmi lesquelles, évidemment, celles liées aux struc-

(6) Système d'exploitation multi-tâches concurrent du DOS.

## LES FEMMES ET L'INFORMATIQUE

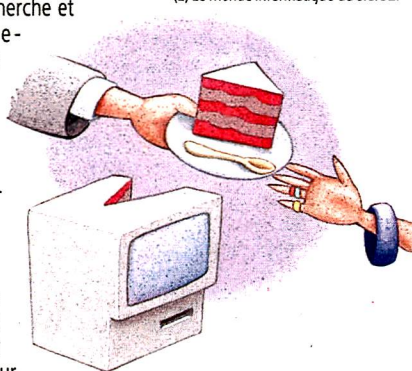
Demeurée longtemps un bastion masculin par excellence, l'informatique et, plus précisément, les domaines de la conception et de la programmation se sont peu à peu ouverts aux femmes. Souvent plus diplômées que leurs collègues masculins, elles occupent respectivement 33 % et 36 % de ce type de postes (1) et, dans leur ensemble, occupent un quart des emplois de l'informatique. Bien que les informaticiennes aient encore tendance à préférer le secteur banque et assurances, on en rencontre un nombre croissant dans les SSII (17 % des effectifs en 1987 et 21 % en 1991) où les contraintes, notamment en termes de

disponibilité, sont plus tangibles. Selon l'Association des femmes ingénieurs, cette progression de l'emploi féminin dans l'informatique coïncide avec celle constatée dans les bureaux d'études et les services de recherche et développement. Mais par rapport aux autres secteurs, celui de l'informatique bénéficierait d'un "plus" : le salaire des femmes n'y serait inférieur

"que" de 5 % à celui des hommes, contre 25 % pour l'ensemble de la population active (2).

(1) Enquête menée en septembre 1991 par Oberthur Consultants.

(2) *Le Monde informatique* du 9/3/92.





## PORTRAIT D'UN HOMME PRESSÉ

tures», confie Jean-Marie Mutel, le directeur des ressources humaines d'Apple France (330 personnes). En 1991, son entreprise a engagé environ 50 personnes. Représentatifs d'une population variée, les candidats généralement embauchés par Apple offrent tous les types de profils, notamment commerciaux (diplômés d'écoles de commerce ou d'universités) et techniques (Sup' télécom). Parmi eux se trouvent également un certain nombre de "doubles profils" : des ingénieurs généralistes disposant de connaissances en informatique ainsi que des ingénieurs commerciaux (titulaires du diplôme de l'université de technologie de Compiègne et d'un DESS de marketing, par exemple). «Ces embauches relativement limitées ne doivent pas faire oublier que nous n'avons pas licencié non plus... Ce qui n'est pas si mal dans le contexte actuel» ajoute Jean-Marie Mutel.

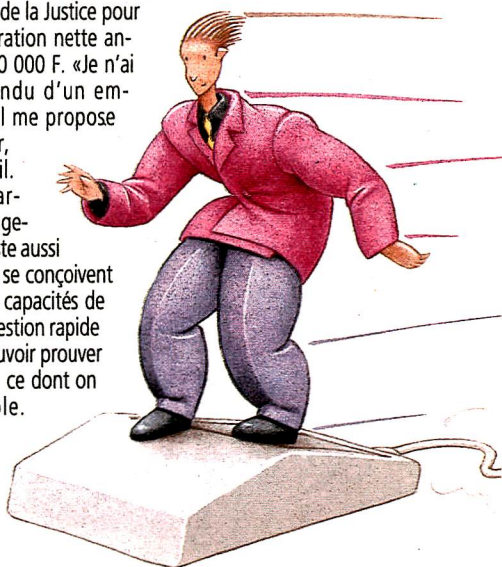
Apple France est par ailleurs en train de réorganiser ses structures, dont les différents services se distinguaient jusqu'à présent uniquement par leur

**R**éussir vite", telle pourrait être la devise de Thierry L., responsable à trente-sept ans du centre de traitement informatique d'un ministère. En juin 1979, son DEUG SSM en poche, complété d'un diplôme de programmeur d'études (obtenus à Paris VI), il effectue son stage de fin d'études (génie logiciel en avionique) au CIAD qui l'embauche comme analyste programmeur. Un an après, il entre à la division systèmes informatiques de la SFENA pour monter un atelier de développement de logiciels sur microordinateurs et commence à s'intéresser aux réseaux locaux. SERITA l'engage moins de trois ans plus tard comme ingénieur de développement de logiciels de télécommunications. Il est ainsi amené à effectuer des prestations auprès de la direction des études et recherches d'EDF pour le compte de SERITA puis, de Sodeteg TAI. Il gère alors un parc informatique de 2 000 terminaux, 600 imprimantes et 250 concentrateurs

de grappes (!). Un peu plus de trois ans s'écoulent et le voici ingénieur d'affaires ; d'abord chez EMB puis chez AR21, deux sociétés de câblage. Il est ensuite engagé comme ingénieur commercial chez Séritel avant de devenir, à la fin de 1990 et avec l'accord de son employeur, agent contractuel du ministère de la Justice pour une rémunération nette annuelle de 300 000 F. «Je n'ai jamais attendu d'un employeur qu'il me propose de progresser, remarque-t-il. En contrepartie, des changements de poste aussi fréquents ne se conçoivent pas sans des capacités de remise en question rapide car il faut pouvoir prouver tout de suite ce dont on est capable. C'est pourquoi je n'ai jamais fait varier, à chaque fois, plus

d'une des trois composantes qui définissent mon itinéraire : l'aspect technique purement "télécoms", la progression de carrière et la prise de responsabilité.»

(1) Ces appareils regroupent les liaisons de plusieurs postes de travail actifs (micros) ou passifs (consoles) avec le site central.



champ d'activité : conception, marketing, vente etc. A ce type de découpage s'est substituée une organisation par divisions correspondant à des marchés ciblés : éducation, PME-PMI, grandes entreprises et grand public. Chacune de ces divisions fonctionne ainsi avec des structures spécifiques et autonomes ; mais cette restructuration ne se traduit pour l'instant en aucune façon par des recrutements : «Nous

## PISTES À SUIVRE

**O**utre les traditionnelles classes "prépas" donnant accès aux grandes écoles, et les BTS-DUT à vocation plus directement professionnelle, nombre de formations initiales préparant aux métiers de l'informatique ont pour point commun de démarrer par un DEUG MASS ou SSM. Certains (à Grenoble par exemple) permettent de s'orienter vers l'in-

formatique dès la deuxième année par le biais d'options. Licence et maîtrise, MIAGE (Maîtrise d'informatique appliquée à la gestion des entreprises) par exemple, complètent donc le parcours classique du titulaire du DEUG, à moins que celui-ci ne tente le concours commun des ENSI qui lui permettra peut-être d'entrer dans une grande école du type Centrale,

par exemple. Renseignements auprès des CIO, dont les coordonnées figurent dans tous les établissements ou bien auprès de l'ONISEP.

● ONISEP, 50 rue Albert, 75635 Paris Cedex 13. Tél. : 1 40 77 60 00.

● Université Joseph Fourier (Grenoble 1), 621 av. Centrale, domaine universitaire Saint-Martin-d'Hères, BP 53X,

38041 Grenoble Cedex. Tél. : 16 76 51 46 00.

En ce qui concerne plus particulièrement les MIAGE, deux associations d'élèves peuvent vous communiquer nombre d'informations utiles :

● AEMIAGE (Association des élèves inscrits en MIAGE) et MIAGE Perform, Centre d'Orsay, Bât. 332, 91405 Orsay Cedex. Tél. : 1 69 41 70 07.



## LA FORMATION SELON IBM

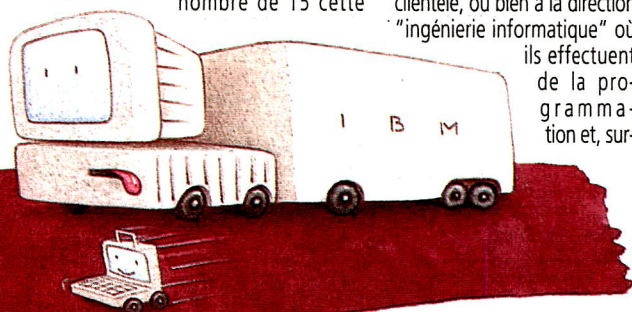
**E**laborée en collaboration avec l'UIMM (Union des industries métallurgiques et minières), la formation au métier d'assistant au chef de projet informatique s'adresse à une soixantaine de titulaires d'un BTS ou DUT informatique. Ces derniers sont affectés dans des équipes "projets informatiques" au sein de la direction "ingénierie informatique et intégration de systèmes" d'IBM. D'une durée de deux ans, cette formation

l'une envers l'autre», explique Claude Menié, chef du département "relation écoles-universités". IBM propose aussi divers contrats de qualification en alternance, d'une durée de deux ans, s'adressant également à des bac + 2 informatiques mais aussi à des bacheliers. L'an passé, IBM France a ainsi accueilli 12 "apprentis-BTS" d'électronique en alternance, qui devraient être au nombre de 15 cette

– se déroule, pour la partie théorique, dans ce dernier établissement. Les premiers suivent le cursus d'ingénieur – élaboré avec le CEFIPA (3) – en alternance pendant trois ans. Ils accèdent progressivement à l'activité de projet en passant de l'exploitation (dans les services informatiques internes) à l'architecture de systèmes, au sein de services chargés de personnaliser des logiciels pour la clientèle, ou bien à la direction "ingénierie informatique" où ils effectuent de la programmation et, sur-

qu'une vingtaine de postes, essentiellement à pourvoir dans le secteur vente. Et ce ne sont là que des prévisions ! Parmi ces futurs embauchés : des diplômés de grandes écoles de commerce, de gestion ou d'ingénieurs et, également, des cadres expérimentés... y compris dans l'univers PC, à partir du moment où ils disposent "d'une forte motivation" (sic) pour travailler dans l'environnement Apple ! «Au-delà de septembre 1993, nous ne prévoyons guère plus d'embauches si ce n'est – comme actuellement – afin de pourvoir des postes pointus, en particulier dans le domaine commercial, celui des réseaux télécoms (voir encadré p. 131) et celui de l'architecture informatique (systèmes d'exploitation), en relation avec nos directions européenne et américaine.»

Chez IBM France, si l'on excepte une quarantaine de candidats "embauchés pour cause de nécessité vitale", le flux habituel de recrutement (400 à 500 diplômés, principalement des ingénieurs commerciaux ainsi que des bacs + 4 à + 6) s'est brutalement tari l'an passé. «Cette année, indique Didier Gheerbrant, cadre chez IBM, la navigation à vue reste plus que jamais de



porte sur la conduite de projets en informatique industrielle ou de gestion, les méthodes d'analyse et les techniques de communication. Elle inclut également la soutenance d'un mémoire. «À la fin de ce cycle, les candidats ont un niveau qui les place à mi-chemin entre celui qu'ils avaient au départ (technicien supérieur) et celui de chef de projet. Poste qu'ils peuvent occuper assez rapidement dans une petite structure ou bien, après quelques années, dans une entreprise de la taille de celle d'IBM par exemple. Cette formation a en effet la particularité de laisser les deux parties libres de tout engagement

année. Au cours de ces deux années, ces futurs techniciens en clientèle (micro, puis réseaux) auront l'occasion d'acquérir des notions de "relation client" et de gestion de clientèle, ainsi que des compétences technologiques globales : de l'électronique aux logiciels.

Viennent enfin les "apprentis-ingénieurs" qui rassemblent en fait deux groupes : l'un de "généralistes" de niveau bac + 2, l'autre de spécialistes davantage orientés "électronique", disposant au départ d'un bac F2 ou F3. D'une durée de cinq ans, leur formation – élaborée en collaboration avec la CCII Val d'Oise-Yvelines (1) et l'IFITEP (2)

tout, de l'analyse. Enfin, une première session de 25 "Magistes" démarrera en octobre prochain dans le tout nouveau Centre de formation en alternance (CFA) situé dans les locaux de l'institut supérieur d'informatique d'Orsay (4). Créé conjointement par IBM, l'UAP, le Crédit Lyonnais, EDF-GDF, Axone et le CIC, ce CFA propose une formation qui s'adresse à des titulaires de BTS ou DUT informatique de gestion ou industrielle.

(1) Chambre de commerce et d'industrie interdépartementale.

(2) IFITEP, 4 Place Jussieu, BP 232, 75005 Paris. Tél. : 1 44 27 71 40.

(3) CEFIPA, 9 rue d'Arcueil, 94250 Gentilly. Tél. : 1 46 64 35 51.

(4) Institut supérieur d'informatique, Université Paris Sud, Bât. 334, 91405 Orsay Cedex.

avons au contraire mis l'accent sur la mobilité interne», souligne Jean-Marie Mutel. Aussi, même en extrapolant jusqu'à septembre 1993, les perspectives d'embauches restent-elles très limitées : dans le meilleur des cas, elles ne concerneront en effet

– règle avec des plans à trois mois au lieu de douze précédemment. » Cela complète les différentes mesures prises l'an passé afin de réduire les effectifs d'IBM France de 10 % (soit 2 200 personnes). Spécialisée dans la fabrication de disquettes, rubans

(suite du texte page 167)





# Avec cette cassette gratuite voyez pourquoi vous pourrez parler l'anglais ou l'allemand dans 3 mois

***La Méthode Réflexe-Orale vous apprend à parler une langue étrangère, exactement comme vous avez appris le français.***

Cela paraît étonnant, mais c'est ainsi: même si vous n'en connaissez pas un mot, vous pourrez converser en anglais ou en allemand dans trois mois. Et lorsque nous disons converser, cela veut dire «parler facilement, naturellement». Parler une langue, ce n'est pas traduire du français en anglais ou en allemand, mais transformer immédiatement et sans effort votre pensée dans la langue, exactement comme vous le faites en français.

**Vous parlerez «instinctivement» comme en français.** Beaucoup d'entre nous ont étudié une langue au lycée, pendant des années: ils connaissent beaucoup de choses et pourtant sont incapables de parler. La Méthode Réflexe-Orale a pour but de vous faire parler par «réflexe naturel», comme vous l'avez fait lorsque vous étiez enfant, pour apprendre votre langue maternelle. En associant le texte, le son et l'image, la Méthode Réflexe-Orale grave la langue étrangère dans votre esprit et lorsque vous avez à parler, les phrases se forment toutes seules. Les leçons sont simples, intéressantes et ne demandent pas d'effort. La grammaire n'est pas étudiée «avant», mais seulement lorsqu'on est déjà familiarisé par des exemples.

**Rien à apprendre par cœur.** La Méthode Réflexe-Orale est très progressive: elle commence avec des leçons vraiment faciles (vous le constaterez vous-même avec la cassette gratuite) et elle vous amène peu à peu à un niveau supérieur. Sans jamais avoir appris quoi que ce soit par cœur, vous arriverez rapidement à comprendre une conversation, la radio ou les journaux

et vous commencerez à penser dans la langue. Tous ceux qui l'ont essayée sont du même avis: la Méthode Réflexe-Orale vous amène à parler dans un temps record. Les résultats sont tels que ceux qui l'ont suivie, semblent avoir séjourné longtemps en Angleterre ou en Allemagne. Pour ceux qui ont des examens oraux, c'est une méthode irremplaçable.

**Dans 2 mois vous serez «débrouillé».** La Méthode Réflexe-Orale a été conçue pour être étudiée chez soi. Vous pouvez apprendre une langue à vos heures de liberté où que vous habitez, quelles que soient vos occupations. En consacrant moins d'une demi-heure par jour à cette étude qui vous passionnera, vous commencerez à vous «débrouiller» dans deux mois et peu de temps après, vous serez capable de converser. Votre accent sera impeccable, car les cassettes sont enregistrées par des comédiens et speakers ayant une prononciation parfaite.

Dans le monde d'aujourd'hui, parler une langue étrangère est un atout essentiel, dans toutes les professions.

## Ce que pensent ceux qui ont étudié avec cette méthode.

*Après un mois d'étude, je suis étonnée d'en être déjà là.*

Mlle C. T..., 75013 Paris.

*Je n'ai rencontré aucune difficulté.*

Didier C..., Tahiti.

*J'ai appris un anglais vivant.*

Mme C..., 91800 Brunoy.

*Je croyais l'allemand difficile. Il n'en est rien avec votre méthode.*

I. H..., 06400 Cannes.

*Il est exact que l'on parle naturellement après quelques mois d'étude vraiment passionnante.*

G. S..., Beringen (Belgique).

**Un atout pour votre avenir.** Rien ne peut vous apporter autant que cette étude passionnante. Si vous ne vous décidez pas, vous en serez au même point dans trois mois ou dans un an. Si vous agissez, vous pourrez parler l'anglais ou l'allemand dans trois mois. La première chose à faire est de renvoyer le coupon ci-dessous, mais faites-le tout de suite, car actuellement vous pouvez profiter d'un avantage supplémentaire.

## GRATUITS 1 cassette + 1 leçon + 1 brochure

Bon à retourner à Service A, Centre d'Etudes, 1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75847 Paris Cedex 17. Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre brochure «Comment apprendre l'anglais ou l'allemand et parler couramment» ainsi que la cassette d'essai:

☐ Anglais ou ☐ Allemand

(Joindre 3 timbres pour frais; pays hors Europe: joindre 5 coupons-réponse.)

Mon nom: ..... Mon prénom: .....  
(majuscules SVP)

N° et Rue: .....

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



A 14V

© C.E., Paris, 1992



# LIVRES

**Stanley Coren**  
**The Left-hander Syndrome**  
**The causes and consequences of left-handedness**  
*The Free Press, New York, 308 p.*

Coren, médecin, enseignant à l'université de Colombie Britannique, est présenté comme le plus grand spécialiste dans le monde de la gaucherie. On veut bien le croire, car son livre est aussi riche d'informations originales que clair et accessible. Nous souhaitons vivement que ce livre trouve ici un éditeur.

Deux grandes questions servent de fil conducteur à l'exposé : qu'est-ce qui cause la gaucherie, et quelles en sont les conséquences. Pourquoi 9 personnes sur 10 sont-elles naturellement droitières de la main et 8 sur 10 du pied ? Pourquoi 7 personnes sur 10 encore le sont-elles de l'œil et 6 sur 10, de l'oreille ? Et pourquoi les femmes sont-elles un peu plus droitières que les hommes ? Répondre que c'est à cause des rôles des hémisphères cérébraux revient à observer, comme le médecin de Molière : «Voilà pourquoi votre fille est muette», car si les fonctions des hémisphères cérébraux expliquaient qu'on se sert surtout de la main droite, cela laisserait entier le mystère des gauchers ; pourquoi, en effet, en est-il autrement chez eux ?

Car il en est autrement, même cérébralement : chez les

droitiers, le rôle de l'hémisphère gauche dans les fonctions du langage occupe 97 % de celles-ci, alors que, chez les gauchers, il n'en occupe que 68 %. Comme nous l'avons expliqué dans ces pages, les fibres du système nerveux central se croisent et l'hémisphère droit, par exemple, s'exprime par le côté gauche du corps.

Coren en est donc venu à se demander si ce ne serait pas la société qui fabrique les droitiers. Et il a découvert quelque chose de singulier, c'est qu'au fur et à mesure qu'on vieillit, on devient de moins en moins gaucher ! A dix ans, 15 % d'un groupe de population donné sont gauchers, à cinquante ans, il n'en reste plus que 5 % et, à quatre-vingts ans, moins de 1 % de ce groupe !

Serait-ce que les 14 % de gauchers manquants sont morts ? Ce n'est pas ce que semblent indiquer les longévités de certains grands gauchers, Benjamin Franklin, la reine Victoria, Chaplin, Picasso – et le débat n'irait pas bien loin. La question subsidiaire est alors : les gauchers meurent-ils plus jeunes ? Selon Coren, oui, leur durée de vie serait de 2 % inférieure à celle des droitiers. On peut regretter que Coren n'ait pas fait une péréquation entre les taux décroissants de gauchers évoqués plus haut et les taux de décès. Il nous semble qu'il serait insatisfaisant : les 2 % supposés de réduction de la durée de vie ne semblent pas expliquer la réduction progressive de gauchers au cours de la vie.

Faisant la synthèse de tra-

vaux d'autres chercheurs, Coren relève aussi certaines anomalies mineures psychophysiologiques plus fréquentes chez les gauchers : alcoolisme, allergies, délinquance, dépression, abus de drogues, émotivité anormale, migraines, tendances schizophréniques, troubles du sommeil, mais aussi cheveux très fins, dits "électriques", anomalies des empreintes palmaires et digitales, différences dans les hauteurs des oreilles...

Et Coren demande, outre des objets usuels pour eux, tels des ouvre-boîtes, qu'on n'impose pas à l'excès aux gauchers d'être droitiers. C'est ce que proposait déjà Jean-Jacques Rousseau dans *l'Emile* ! **Gerald Messadié**

**Michel Manceau et Jean-Bernard Pinatel**  
**Les Ombres japonaises**  
*Denoël, 250 p., 95 F.*

En serait-ce terminé de la peur paralysante que nous avons du Japon, de son économie, de sa suprématie technologique, de sa toute puissance commerciale ? En avons-nous fini avec ces idées qui paralysent notre action et qui nous font reculer, tandis que le Japon, sûr et fier de lui-même, continue de progresser et de "faire le forcing", course en tête ?

Voici en tout cas, un livre qui va dans le bon sens : il démystifie le Japon, nous aide à voir les réalités telles qu'elles sont, nous déculpabilise, nous dit d'avancer, de lutter et nous montre comment le faire. Car, en matière économique, les dés ne sont pas jetés une fois pour toutes. Une nouvelle partie s'engage chaque jour, à chaque instant. *Ombres japonaises* va

jusqu'à envisager, pour l'avenir du Japon, quatre scénarios assez vifs, mais qui agissent comme des électrochocs : l'implosion, l'explosion, la digestion et la dilution.

L'implosion, le jour où une majorité d'employés n'accepteront plus un système qui leur impose des «conditions de vie objectivement épouvantables». L'explosion, parce que, démilitarisé, le Japon ne peut, en dernier recours, que céder aux exigences des super-grands. La digestion, parce que «l'écriture, la culture et les traditions sociales, le groupisme et le conformisme qui règnent dans le pays n'ont jamais favorisé l'acte de création ni de recherche fondamentale». Le Japon, selon les auteurs, ne fait qu'absorber ce que nous lui transmettons, sans, lui-même, rien transmettre qui lui soit propre. Dernière possibilité : la dilution. On peut envisager une accélération du changement amorcé de la société japonaise qui lorgne vers notre civilisation et ses avantages sociaux. La concurrence sera alors à égalité et cette dilution sera beaucoup plus efficace qu'une quelconque fermeture de nos frontières aux produits nippons. **Gérard Morice**

**Patrick Tierney**  
**L'Autel le plus haut**  
*Robert Laffont, 445 p., 130 F.*

Ethnologue, l'auteur a mené dans les hautes montagnes du Pérou et du Chili, autour du lac Titicaca et parmi des populations assez frustes, une longue et périlleuse enquête sur les sacrifices humains. Car des sacrifices rituels humains étaient pratiqués par les Incas, de



façon qu'une sensibilité contemporaine jugera ignoble : les victimes étaient mises à geler vivantes dans des trous, après avoir été intoxiquées à l'alcool.

Or ces sacrifices continuent de nos jours, et Tierney le démontre en détail (souvent atroce). La survivance d'un esprit religieux local depuis cinq ou six siècles pousse, en effet, les Mapuches de la région andine à verser du sang humain pour conjurer la colère de prétendues puissances surnaturelles, mer ou montagne. On ne saurait mieux démontrer la barbarie de telles croyances.

Paru l'autre année, ce livre n'a pas, à notre avis, suscité l'intérêt qu'il mérite. Nous estimons utile d'en parler, fût-ce avec quelque retard, car il s'agit là d'un ouvrage de référence.

**G.M.**

## Pierre Biélande Les Graphiques d'entreprise

Marabout, 224 p., 42 F.

Quand on veut dire les choses sans faire de phrases, frapper les esprits, faire passer un message synthétique et obtenir une compréhension immédiate, quand on veut exprimer certaines données qui se montrent plus clairement et plus facilement qu'elles ne s'expliquent, on a recours aux graphiques.

L'illustrateur a le choix parmi une panoplie. Graphiques dits "tartes" (ces ronds coupés en pourcentages), tartes simples, empilées ou éclatées ; colonnes groupées, décomposées, divergentes ou pyramidales ; barres rangées, divergentes, groupées, divisées, coulissantes, doubles barres ou barres dites "en fourchette" ; courbes, "escaliers", dia-

grammes, arbres, organigrammes, cartes, etc.

Ce premier choix étant effectué, il reste encore à jouer avec les échelles, les couleurs, les contrastes, la typographie, les titres et les légendes, l'effet de profondeur, le fond (qui, même en noir et blanc, peut, selon son tramage, suggérer telle ou telle impression), etc.

Art compliqué, ramifié, subtil, on le voit, le graphique, s'il sert à éclairer, sert aussi... à tromper ! L'auteur - et c'est l'un des éléments les plus intéressants et les plus enrichissants de son ouvrage - consacre tout un chapitre à ce phénomène. Il ne faut pas s'en étonner puisque présenter un graphique c'est délivrer une sensation, une impression, transformer la vérité pour l'exprimer avec des artifices. Comme tout art, le graphique a donc ses faussaires. «Il est impossible, dit l'auteur, de faire mentir les données d'un graphique, à moins de les altérer, il est par contre possible d'en donner une vision trompeuse.»

Il y a quatre moyens essentiels pour cela. Modifier les échelles. Jouer sur les perspectives. Et/ou sur l'effet de profondeur. Et encore sur le type de présentation : une image sur laquelle on dessine le graphique peut changer du tout au tout l'impression que laissera ce dernier.

**G.Mo.**

**Michel Merle et  
Chantal Destrez  
La Main,  
l'Art et la Science**  
Chêne, alb. ill.  
191 p., 380 F

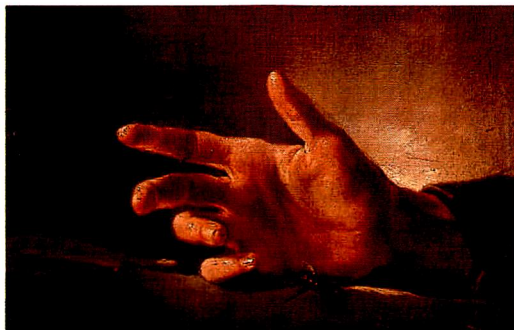
Il est plus contrariant qu'on le pense, pour un critique, d'émettre un jugement défavorable sur un livre. Celui-ci représente, en effet, du travail et de l'argent, des compétences aussi, ne seraient-ce que celles des typographes, des maquettistes, des correcteurs, des imprimeurs. L'ouvrage que voici, dont on devine que nous ne pensons guère du bien, a bénéficié d'une chance particulière, puisqu'il a été réalisé grâce aux contributions de diverses sociétés. Il est imprimé sur très beau papier et les quadrichromies y abondent. Enfin, quel plus beau sujet que la main ! Et quelle tristesse que le rater !

Car il est raté, d'abord parce qu'il est hétéroclite. Une partie, la plus courte, traite de la main sous son aspect scientifique, l'autre, de la main dans l'art. La partie scientifique se résume à des considérations anatomiques et chirurgicales. C'est là qu'on trouve le plus "solide", par exemple sur les relations fonctionnelles entre l'œil et la main dans le cas de troubles de l'apprentissage et du développement neuromo-

teur. On y retrouve le conseil étonnant de Bergson : «Apprenez à dessiner aux enfants, et l'intelligence leur remontera de la main à la tête.» Enfin, des extraits d'un traité de chirurgie de Raoul Tubiana, portant sur les troubles des mains



Photos non tirées du livre !





de musiciens, méritent lecture.

La seconde partie n'est pas de notre compétence, puisqu'elle traite de la main dans l'art, mais, enfin, nous avons aussi le droit de dire que nous l'avons trouvée consternante. Le n'importe quoi, érigé aujourd'hui en art suprême, y abonde à pleines pages que veux-tu, et c'est le même tapage visuel qui, hélas, sert à illustrer aussi la première partie. A coup sûr, les auteurs voudraient donner à croire qu'on n'a jamais peint ni sculpté de mains avant les barbouilleurs contemporains. N'y cherchez ni les mains de Michel-Ange, ni celles de Degas. Attendez-vous plutôt à retrouver des traînées de couleurs et des niaiseries déliquescentes, outre le sabir en vogue ("mains a-signifiantes, non insignifiantes") et des affirmations aussi déroutantes que : «Les mains nouées ou croisées ont des affinités certaines avec les mains tendues, dont elles parachèvent le mouvement». Ah bon ?

Ajoutons que la typographie, fort extravagante, s'ingénie à rendre la lecture pénible. Quant à l'information et au plaisir de l'œil... Ce n'est pas le pied !

G.M.

## Bruno Latour Aramis ou l'Amour des techniques

*La Découverte/textes  
à l'appui, coll.  
Anthropologie des  
sciences et des  
techniques, 242 p., 160 F.*

Les cimetières technologiques sont pavés de bonnes intentions. Cette épithète pourrait figurer en bonne place sur une stèle à la mémoire de toutes les inventions disparues avant même que d'exister.

«Aramis est un métro auto-

matique, qu'on a failli construire au sud de Paris.» Et qui a été abandonné après dix-sept ans de recherches et d'études. L'idée était un véhicule de petite taille, fonctionnant par doublets, doué d'autonomie et entièrement commandé par un ordinateur central.

Qui a tué Aramis ? C'est un jeune ingénieur, tout frais émoulu de son école, qui est chargé de cette enquête imaginaire, flanqué d'un mentor sociologue. Et de nous raconter, étape par étape, pourquoi et comment Aramis n'a jamais vu le jour. Pur concept technologique, il ne répondait pas à un cahier des charges bien défini, à des besoins clairement exprimés. Et les idées des technocrates à son sujet n'étaient pas les mêmes que celles des techniciens, qui étaient elles-mêmes différentes de celles des chercheurs...

Bruno Latour a voulu montrer que «les machines qui nous entourent sont des objets culturels dignes de notre attention et de notre respect». Et qu'un objet purement technique, qui ne prend pas en compte les humains avec leurs passions, leurs politiques, leurs calculs, est forcément mort-né. Enfin, que la sociologie ne doit pas se limiter aux humains, mais qu'elle doit intégrer les «pauvres choses, nos frères inférieurs. En s'ouvrant à eux, le lien social deviendrait sans doute moins mystérieux».

Domage que le fil de l'enquête soit un peu difficile à suivre : le récit est sans cesse entrecoupé d'extraits d'entretiens, de dossiers techniques, de commentaires en italique (dont on ne sait pas très bien s'ils émanent de l'auteur lui-même ou de son personnage).

Bref, une simplification du texte n'aurait pas nui au suspense, bien au contraire.

Thierry Pilorge

## Le Cerveau

*Time Life, coll. L'aventure  
technologique,  
alb. 144 p., 189 F.*

## Merveilles et Secrets de l'esprit humain

*Sélection du Reader's  
Digest, alb. 336 p., 229 F.*

Le premier de ces deux livres, sur des sujets très voisins, est réalisé avec la rigueur, la clarté et la cohérence que nous avons déjà louées dans cette collection de Time Life. Afin d'éviter sans doute une austérité par trop universitaire dans la description du cerveau, du système nerveux central et de leur fonctionnement, les différentes parties des exposés ont été scindées et agrémentées de considérations "magazine". C'est ainsi que la première décrit le cerveau anatomiquement et en explique les fonctions, que la deuxième explique ce que sont les signaux nerveux et s'offre une digression sur les rêves, que la troisième traite des réseaux nerveux et aborde la pathologie (Alzheimer, épilepsie), et que la quatrième et dernière esquisse brièvement les perspectives de la recherche neurologique et de ses applications.

Ce n'est peut-être pas d'une très grande logique scientifique, mais l'agrément de la lecture, soutenu par des illustrations remarquables de clarté et de bon goût, est sauvegardé. On ne saurait recommander meilleure initiation aux divers aspects du fonctionnement physio-psychologique : émotions, stress, drogues, décalage horaire, rêves ; l'ensemble a valeur d'une encyclopédie du meilleur niveau, et nous ne pouvons en écrire que des éloges. Il faut relever la très grande réserve à l'égard de Freud et de ses théories, et,

heureusement, des ouvrages aussi extravagants que *l'Interprétation des rêves* du même Freud sont dénoncés et discrédités depuis longtemps.

Sous-titré *Psychologie de la vie quotidienne*, l'ouvrage de Sélection vise un public moins sévère et plus enclin à s'intéresser à la psychologie. Il est divisé en six parties, "Le mystérieux esprit humain", "La géographie du cerveau", "Nos sens merveilleux", "Notre monde intérieur", "Le royaume familial" et "Le monde extérieur". Les informations, qui couvrent des domaines aussi distants que la nécessité des loisirs et la rébellion des adolescents, la psychothérapie et la température du corps, en sont le plus souvent d'un excellent niveau.

Ce sont les exceptions qui font tâche. Traitant, p. 58-59, de la perception extra-sensorielle, de l'aura humaine et des soucoupes volantes, l'auteur adopte un ton lénifiant qui finit par être gênant. Dès que le sujet est difficile, on voit triompher le parti pris de la formulation sous la forme interrogative («Les traits de caractère d'un individu sont-ils constants ?») ou : «Comment le cinéma peut-il paraître si réel ?»), sans qu'émerge une position tranchée. Freud est cité avec une déplorable fréquence, sans que les auteurs prennent parti sur son enseignement. Le bon sens de certains conseils pratiques frise la banalité (pour briser une mauvaise habitude : «Attaquez le problème de front»). La traduction est parfois fautive (p. 135 : «Un vaisseau se ruptura...», p. 151 : «La témérité est-elle un genre à part ?», p. 243 : «On pense que certaines facettes de l'habitation...»).

Ces petits travers eussent pu être aisément évités par une adaptation qui n'eût pas été une traduction pure et simple d'un ouvrage destiné à un certain public anglo-saxon. G.M.



## Claude Olievenstein **L'Homme parano**

Odile Jacob, 222 p., 120 F.

Génie des lieux à l'hôpital Marmottan et providence des drogués, Olievenstein postule que nous sommes tous, peu ou prou, "paranos". Cette abréviation familière de "paranoïaque" désigne en psychiatrie un ensemble de troubles du caractère comprenant, selon la définition de Capgras, l'orgueil, la méfiance, une susceptibilité exagérée, un jugement faux, une tendance aux interprétations qui favorise un délire et engendre des réactions agressives ; elle est passée dans le langage familier pour désigner les caractères vétilleux et intransigeants.

Pour l'auteur, donc, les souffrances de l'enfance nous auraient entraînés à nous défendre contre les autres et à ne pas leur céder, d'où la rigidité, l'agression de but en blanc, les dénonciations de complots plus ou moins imaginaires. Dans son cas, l'auteur aurait souffert d'être juif, mais, avance-t-il, on est toujours le Juif d'un autre.

La stratégie du parano serait une manière de survivre parmi ceux qui ne nous aiment pas. Le paradoxe est que le parano est prêt à tout pour se faire aimer, car il se sent seul et malheureux, et, selon l'intensité de ce sentiment, il va passer de la sensibilité exacerbée au délire, de la tendresse amoureuse à la jalousie délirante.

Pourquoi donc est-on malheureux ? Par refoulement sexuel et homosexuel, par aversion du père, et l'ambition, le charisme, qui souvent l'accompagne, ainsi que le goût des sports dangereux, l'esthétisme, le besoin de ritualisations ; donc les intégrismes découleraient du besoin de revanche sur la souffrance.

Si le parano est, en effet, déprimé et s'installe volontiers dans la solitude, s'il souffre parfois d'une angoisse extrême, l'orgueil l'empêche de se suicider. L'issue peut se trouver pour lui dans des constructions délirantes. La drogue ? Ce n'est pas elle qui crée la paranoïa, mais celle-ci influence l'expérience du "trip", car les paranos font des voyages à froid dans la solitude. Le parano risque de mal vieillir, car il est seul.

Le parano serait donc un fâcheux, à traiter ou bien à écarter. Non, selon Olievenstein, car les paranos sont utiles à la société : ce sont eux qui entreprennent et, souvent, entreprennent et réussissent l'impossible. Nous aurions donc besoin de ces gens-là. A preuve, le travail d'Olievenstein à Marmottan !

**Dr Jacqueline Renaud**

## Sous la direction de Daniel Bounoux **La Suggestion Hypnose, influence, transe**

*Les Empêcheurs  
de penser en rond,*  
314 p., 178 F.

L'ouvrage réunit les conférences lues à un colloque qui s'est tenu à Cérisy, et destiné à combattre certaines idées reçues concernant la suggestion et l'hypnose. Des spécialistes, psychiatres, philosophes, psychanalystes, hypnotiseurs, anthropologues ont non pas débattu mais cherché plutôt à faire converger leurs opinions sur la question.

L'hypnose, nous le rappelions dans notre numéro 898 de juillet (dans l'exposé sur deux livres : *L'Enigme de la relation au cœur de la médecine*, et *Hystérie, Folie et Psy-*

*chose*, p. 146), sent le soufre. Peut-être est-ce en raison de ses relations avec l'hystérie, voire la "possession satanique", de ses rapports avec le mesmérisme et autres pratiques de la même farine ; or, du mesmérisme au charlatanisme, la limite est bien floue. Après Freud, qui eut plus de succès, l'hypnose fut détrônée par la psychanalyse et le transfert prit la place de la transe.

Reste encore à savoir aujourd'hui si la notion de transfert ne serait pas l'héritière directe de celle de transe, et l'on a à s'intéresser davantage à ces coups de projecteur que l'hypnose jette sur les profondeurs du moi. L'évocation, parfois dramatique, de traumatismes qu'on tenta d'oublier, permet de les amener à la conscience et de les conjurer. En témoigne la dernière-née des techniques "psy" celle de l'hypno-analyse.

On veut bien se rappeler aujourd'hui que l'hypnose fut utile quand il fallut libérer de leurs cauchemars les rescapés des camps de prisonniers asiatiques. Certaines cultures africaines et sud-américaines s'en servent déjà depuis maintes lunes : lors de cérémonies collectives, les transes, censées être envoyées par les dieux et dirigées par les prêtres, permettent aux participants d'éliminer leurs tensions.

La grande richesse d'information de ces conférences donne beaucoup à penser et l'on en vient à se demander, après d'autres, si l'émotion au théâtre ne naîtrait pas d'une transe, et, pourquoi pas, l'émotion que procure toute forme d'art. Et si cette forme ultime de suggestion qu'est l'hypnose ne pourrait pas éclairer le mystérieux rapport qui peut unir deux êtres humains et qu'on nomme l'empathie.

**Dr J.R.**

## Jean Bernard, de l'Académie française **Le Syndrome du Colonel Chabert**

Buchet-Chastel,  
232 p., 135 F.

Un homme apprend qu'il a un cancer des os ; il lui faut s'habituer à l'idée de la mort ; une greffe de moelle osseuse pourrait prolonger sa vie, mais aussi l'abréger ; il l'accepte. Sa vie en est prolongée de plusieurs années ; sans être guéri, il peut espérer vivre encore longtemps. Sa femme, toutefois, s'est trop habituée à l'idée de la mort de son époux ; elle s'impatiente presque ; pour elle, "il est déjà mort". C'est la désunion du couple.

Un enfant est atteint de leucémie. Son père le veille jour et nuit, à l'hôpital. Là aussi, il faudrait une greffe de moelle osseuse ; celle du père, donc, évidemment compatible avec celle du fils. Les analyses sont faites : coup de théâtre, les groupes sanguins ne sont pas compatibles. Le père, blessé, se déprend de l'enfant et s'en va. L'enfant meurt seul, sans comprendre.

Le plus récent ouvrage de Jean Bernard est constitué de pareils récits : ils traitent tous des problèmes psychologiques, moraux, humains pour tout dire, que peuvent provoquer les progrès de la médecine et de la biologie. On eût pu les publier sous le titre "Le mieux est l'ennemi du bien" ! L'ironie, parfois, en est mère. Ecrits dans un style beaucoup plus sobre que celui de Balzac, auquel le prière d'insérer se réfère, ils sont entrecoupés de brefs et très clairs exposés qui permettent d'en saisir toute la portée.

Ouvrage touchant, parfois bouleversant, toujours captivant.

**G.M.**



# SCIENCE & JEUX

PHYSIQUE AMUSANTE

## Gyrasol, la fleur qui tourne au soleil

On peut allier électronique et beauté florale en construisant une grande marguerite jaune à pétales bleus qui part comme un moulin, dès qu'elle est arrosée dans le bon rapport quantique par les photons de la lumière solaire.

**B**ien que la nature connaisse les tournesols, qui s'orientent d'eux-mêmes vers le Soleil, elle n'a jamais su faire un tour complet et ignore donc la rotation vraie, qui nous vaudrait des animaux à roues en plus des animaux à pattes. Il était tentant de combler cette lacune avec une fleur qui tourne sur elle-même mais qui, contrairement aux héliotropes dont nous avons déjà fait une version électrique, ne sait pas s'orienter toute seule vers la lumière.

Bien sûr, on pourrait combiner les deux systèmes et rester dans le même domaine puisque le processus de base est identique : convertir la lumière en électricité. Cette conversion nous semble aujourd'hui aller de soi, alors qu'elle est tout juste vieille d'un siècle ; sa découverte allait d'ailleurs accélérer les mutations que subissait la physique vers 1900. En un sens, on peut même dire que la découverte de l'effet photoélectrique allait mener à la physique quantique.

Tout commence en 1873, quand l'anglais Smith constate que la résistance électrique d'un barreau de sélénium varie avec l'éclairement qu'il reçoit ; il y a donc un lien entre lumière

et électricité. Smith note le fait, mais aucune théorie à l'époque ne permet de l'expliquer. Une quinzaine d'années plus tard, l'Allemand Hallwachs découvre que le rayonnement ultraviolet décharge une plaque de zinc chargée positivement, et la charge négativement si elle est neutre. La lumière agit donc non seulement sur la résistance électrique de certains éléments mais aussi sur les charges électrostatiques elles-mêmes.

Chose plus importante, le processus apparaît discontinu, alors qu'on tient la lumière pour un phénomène ondulatoire continu ; pour les physiciens de l'époque, c'est une énigme, et surtout une contradiction dans une science qui, à l'image des mathématiques, n'accepte pas qu'une porte soit à la fois ouverte et fermée.

Pourtant, on a déjà admis depuis 1897 que la matière était discontinue, en avançant l'hypothèse des électrons, ces particules élémentaires de charge négative. Et l'étude des rayonnements émis par un corps chauffé a mené Planck à introduire la notion de quanta : l'énergie émise sous forme rayonnante ne jaillit pas comme un flot continu, mais comme une rafale de mi-

traillieuse dont le débit est un nombre entier de balles tirées – la balle, unité élémentaire, est ici le quantum d'énergie.

Or les expériences faites sur les phénomènes photoélectriques montrent que les rayonnements absorbés ont eux aussi des effets discontinus ; en 1905, Einstein introduit la notion de photon pour rendre compte de ces expériences. Le photon est le grain d'énergie associé à la lumière – la balle du rayonnement. En 1913, le Danois Bohr présente son modèle de l'atome : un noyau, fait de protons positifs et de neutrons neutres, autour duquel tournent des électrons négatifs.

Le processus photoélectrique s'explique alors de la manière schématique suivante : quand les photons de la lumière tombent sur un matériau, ils en bousculent les électrons qui se trouvent changés d'orbite ou même éjectés. Comme le courant électrique est constitué par un mouvement de particules chargées, le déplacement des électrons, particules de charge négative, par les photons correspond bien au courant engendré par la lumière.

Mais cette vision corpusculaire des choses pose un problème théorique redoutable qui ne sera résolu qu'en 1923 par

Louis de Broglie avec la mécanique ondulatoire : la lumière est à la fois un phénomène continu sous son aspect ondulatoire et un phénomène discontinu sous son aspect corpusculaire ; il prouve de plus que ces deux aspects ne sont pas contradictoires, mais complémentaires.

Ainsi se trouvait résolue l'énigme apparemment insoluble posée par les effets photoélectriques. Ceux-ci auront par ailleurs un impact considérable sur le plan pratique : les cellules photoélectriques serviront non seulement aux photographes pour mesurer la lumière ou aux astronomes pour jauger l'éclat d'un astre, mais elles mèneront aux capteurs CCD des caméscopes et aux panneaux solaires des satellites.

On en attendait beaucoup aussi comme générateurs d'une électricité propre et gratuite à partir de la lumière déversée par le Soleil. Mais il faudra attendre qu'un choix économique ait mené à leur fabrication en grande série pour que la chose devienne possible. Encore ne faut-il pas trop se leurrer, ni tomber dans les excès de certains écologistes qui voyaient là le moyen de disposer d'une énergie non polluante.



S'il est vrai en effet qu'un tapis de photopiles ne trouble ni l'air ni l'eau, il faut garder en mémoire que la fabrication des cellules solaires consomme une énorme quantité d'énergie classique ; autrement dit, il faut beaucoup de pétrole brûlé ou d'uranium désintégré dans une centrale atomique pour avoir enfin ces rondelles de silicium bleutées qui convertissent le Soleil en courant utilisable à la maison.

Pour avoir 1 kg de silicium pur à 99,999...%, propre à faire des photopiles, il faut en effet déjà 15 kWh pour passer de la silice – sable, quartz et autres – au silicium 98 % utilisable en métallurgie comme élément d'alliage ; mais il faut ensuite 300 kWh pour arriver au cristal pur à usage électronique. Soit 315 kWh pour avoir un barreau dont on va perdre la moitié en poussières, lors de la découpe en rondelles. Et il faudrait encore ajouter l'énergie nécessaire au dopage du silicium et au dépôt des électrodes transparentes.

Au total, la fabrication du kg de silicium aura donc consommé l'équivalent de 60 litres de pétrole et il faudra bien du temps pour que les cellules solaires qu'on en aura tirées aient restitué 320 kWh. Dans l'état actuel des connaissances et des techniques, il est donc illusoire de considérer le solaire comme une énergie de remplacement peu onéreuse et non polluante – à 3 500 F le kg, le cristal de silicium se rapproche des métaux précieux.

En quantité minime, comme ce qui est nécessaire pour notre modèle, cela n'est évidemment pas un problème. Mais il faut ajouter aussi que, dans cette rubrique, nous visons plus le côté démonstratif et esthétique que la rentabilité : du moment que le Soleil fait tourner la fleur, le but est atteint. Le principe de fonc-

tionnement est d'ailleurs simple : les cellules alimentent un moteur électrique qui assure la rotation de pétales.

Toutefois, en jetant un coup d'œil sur la vue générale et la photo, on constatera la particularité de notre gyrasol : le moteur qui l'anime est monté à l'envers, c'est-à-dire que son rotor est fixe, enfoncé à force dans l'étrier solidaire de la colonne articulée. Pour une fois, et contrairement à l'habitude, c'est le stator qui va tourner autour du rotor. Bien entendu, cette inversion n'est techniquement possible qu'en raison du fait que la source de courant électrique est une rosace de 8 photopiles du type croissant, montées en série sur une pièce étoilée fixée sur le rotor.

Il faut donc se procurer ces photopiles, et les quelques autres éléments nécessaires à la construction :

- Cutter, règle métallique, colle Uhu-Plast, colle Cyanoacrylate ; crayon, gomme, papier abrasif, fer à souder, ruban adhésif mousse double face.

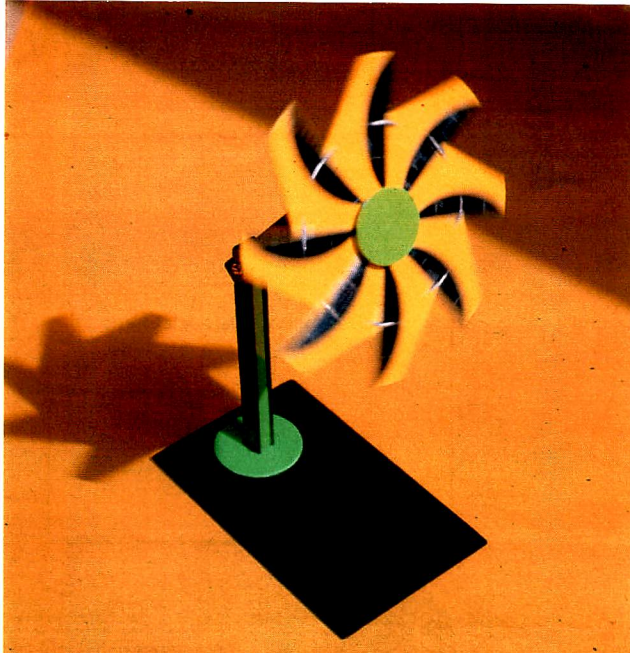
- Polystyrène choc de 2 mm d'épaisseur ; disponible, directement ou par correspondance, chez Adam Montparnasse, 11 bd Edgar-Quinet, 75014 Paris, ou chez Pierron, B.P. 609, 57206 Sarreguemines.

- 2 tiges filetées laiton de 3 mm, longueur 45 mm, + 4 écrous moletés ou écrous papillon ; fil souple isolé ou fil de cuivre étamé 5/10.

- 1 moteur Mabushi RF 510T, disponible au BHV, 11 rue des Archives, 75004 Paris ; prix : 95 F. Envoi franco : joindre à la commande un chèque de 110 F.

- 8 photopiles type croissant : chez Ecosolaire, 19 rue Pavée, 75004 Paris. 7 F pièce. Envoi franco des 8 photopiles sur commande et chèque de 110 F.

On commence par construire le socle constitué des pièces A et B que l'on tracera, marquera



**"Heliotropium solare". A arroser de soleil, en grande quantité.**

et découpera selon les cotes données **figure 1**. La pièce B, un disque de 60 mm de diamètre, sera tracée selon la méthode du compas de découpe bien connue des habitués du Hobbystyrène. Notons qu'un résumé de cette technique est donné dans l'ouvrage *Physique Amusante*, disponible à *Science & Vie* (prix : 95 F).

Pour faire plus beau, les angles de la pièce A seront légèrement arrondis par ponçage. Le disque B a pour fonction de répartir les forces de torsion provoquées par la colonne articulée qui sera souvent en porte-à-faux. Celle-ci se compose des pièces C1 à I. Comme on le voit **figure 4**, elle est en trois parties : la colonne verticale 1, la colonne 2, et l'étrier ; l'assemblage se fait par deux genouillères permettant une facile orientation dans le plan vertical – le rendement des photopiles qui vont animer notre montage est maximum lorsque la lumière leur parvient perpendiculairement.

Les quatre pièces constituant la colonne 1 sont de longueurs égales, ce qui n'est pas le cas pour la colonne 2 où F1 et F2 sont plus courtes que E1 et E2 afin de permettre la rotation. Les articulations – **figure 3** – se font autour de tiges filetées de

3 mm équipées d'écrous moletés (ou papillon). Il ne faut pas oublier d'intercaler des rondelles entre les écrous et les pièces mobiles.

Si l'on dispose de polystyrènes de couleurs différentes, il sera plus joli de décaler de 1 à 2 mm les pièces intérieures de chaque colonne (voir **figures 2 et 3**). Ce décrochement allège l'aspect carré des colonnes. Mais cette disposition n'est pas indispensable et ne joue en rien sur les résultats.

C'est un moteur Mabushi RF 510 T qui animera notre gyrasol et il sera alimenté par huit photopiles de type croissant montées en série ; la **figure 5** montre une photopile de ce type. Rappelons que le silicium est un métal fragile aussi fragile que le verre de même épaisseur ; en conséquence, on manipulera ces composants avec précaution. Notamment, on évitera absolument, au moment du soudage, tout appui en porte-à-faux.

On commencera par tracer sur une feuille de polystyrène la forme du rotor (pièce J) le plus précisément possible – **figure 6**. Les cotes et les angles donnés sur cette figure facilitent ce tracé et devront être scrupuleusement respectés. Le rotor est inscrit dans un cercle de 86 mm



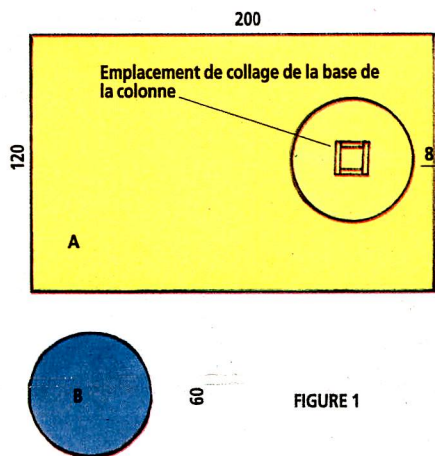


FIGURE 1

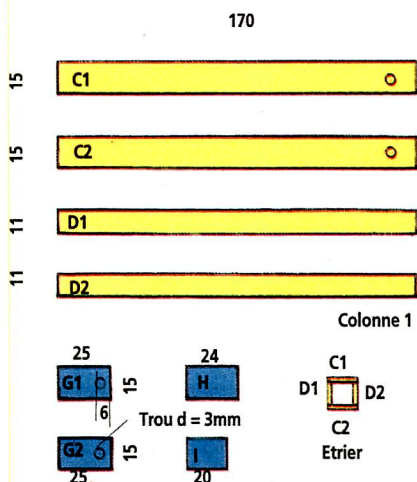


FIGURE 2

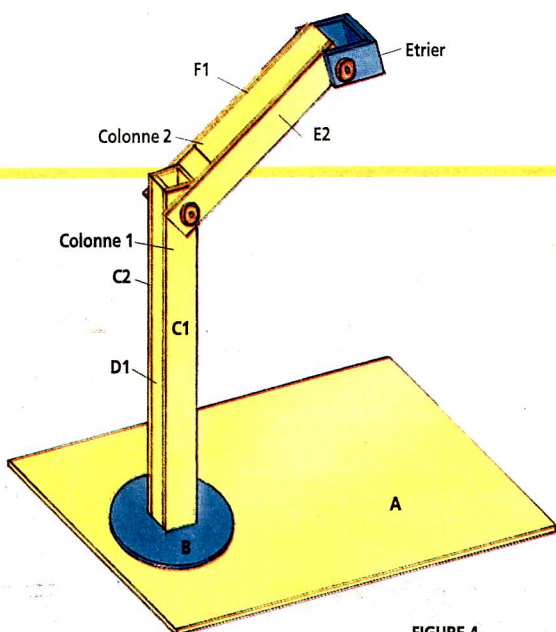


FIGURE 4

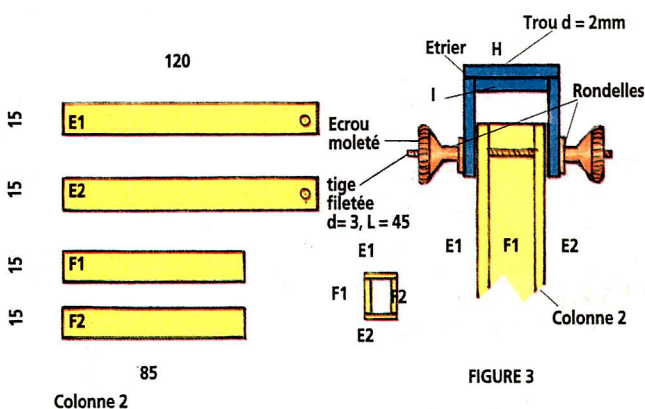


FIGURE 3

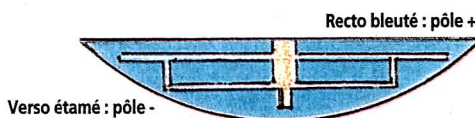


FIGURE 5

de rayon qui, après tracé, sera découpé selon la méthode du compas de découpe. Le trou central de 8,5 mm qui doit recevoir l'épaule du moteur – figures 8 et 9 – ne sera percé qu'en dernier. On percera les 16 trous de 1,5 mm destinés au passage des fils de liaison.

Le moteur – figure 7 – comporte, du côté en plastique où se trouvent les deux cosses à souder, des tétons qui sont à supprimer avec la lame d'un

cutter. Les deux cosses devront passer par deux trous comme indiqué figure 9. Mais l'installation du moteur ne se fera qu'après avoir terminé la mise en place des huit photopiles.

Chacune d'elles sera munie d'un morceau de fil de 5 cm environ soudé sur le verso pôle (-). L'endroit de la soudure sera déterminé en tenant compte du petit morceau d'adhésif double face du type mousse qui servira à coller la

photopile sur J. Dans notre modèle, nous avons utilisé un fil souple miniature isolé mais, à la rigueur, un fil de cuivre étamé de 0,5 mm conviendra. La figure 10 montre les connexions des huit photopiles et la disposition des fils de liaison. En plaçant ces photopiles, on veillera à les disposer radialement à la même distance du centre ; sinon, on risquerait de créer des balourdus qui nuiraient à la rotation de l'en-

semble. En effet, comme on le constatera, les pétales tournent très vite lorsque le gyrasol est exposé en pleine lumière.

Après avoir percé le trou central de 8,5 mm, il sera temps de mettre en place le moteur muni de deux petits rectangles d'adhésif mousse double face. Les deux cosses du moteur passeront au travers de la pièce J, et il restera à souder les deux fils en provenance de la batterie de photopiles – figure 10. La



FIGURE 6

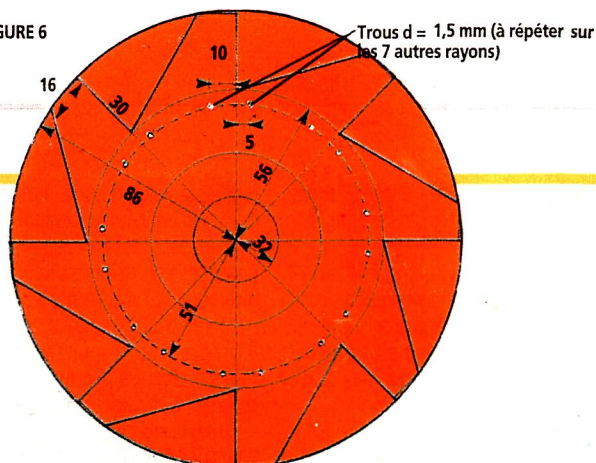


FIGURE 7

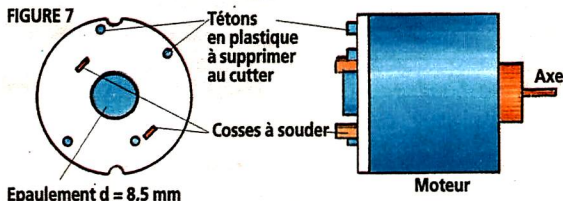


FIGURE 8

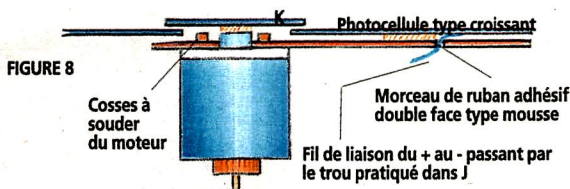
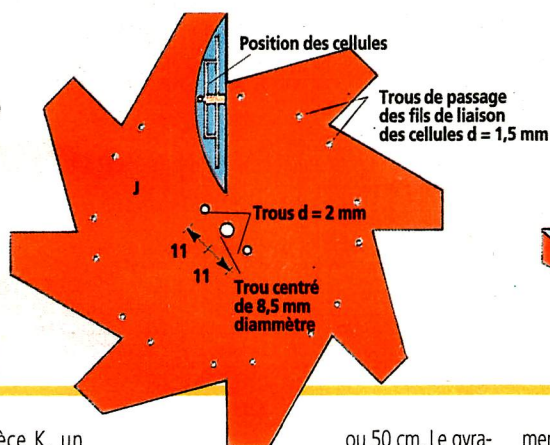


FIGURE 9



pièce K, un disque de 40 mm de diamètre qui sert uniquement de cache, ne sera collée – toujours avec de l'adhésif mousse double face – qu'après la fin des essais. Il suffira alors d'introduire l'axe du moteur dans le trou de 2 mm percé au centre de l'étrier et de présenter le gyrasol à la lumière ; dans un premier temps, on se contentera de celle dispensée par une lampe de 150 W disposée à 40

ou 50 cm. Le gyrasol doit immédiatement se mettre à tourner.

On vérifiera que l'axe du moteur est engagé à frottement dur dans l'étrier. Si ce n'était pas le cas, il y aurait risque de chute du rotor et de bris d'une ou plusieurs photopiles. C'est pourquoi il sera préférable de fixer cet axe avec de la colle cyanocrylate du type gel. Mais il faut faire très attention avec cette colle, et en mettre vrai-

ment une minuscule goutte. De plus, il faut absolument veiller à ce qu'il n'en pénètre pas dans le palier du moteur, faute de quoi il n'y aurait plus qu'à remplacer celui-ci.

Si tout va bien, il ne reste plus qu'à disposer le gyrasol près d'une fenêtre : dès que le Soleil fera son apparition, il se mettra à tourner et continuera ainsi tant qu'il restera exposé à la lumière – l'usure de l'axe et des paliers est très faible et ne

sera perceptible qu'après des centaines d'heures de fonctionnement. Quant à la cellule, elle peut convertir une pluie de photons en courant d'électrons pendant plus d'une vingtaine d'années. Ce n'est que bien longtemps après que des migrations spontanées d'atomes au sein du cristal feront tomber son rendement.

**Renaud de La Taille**  
modèle Pierre Courbier

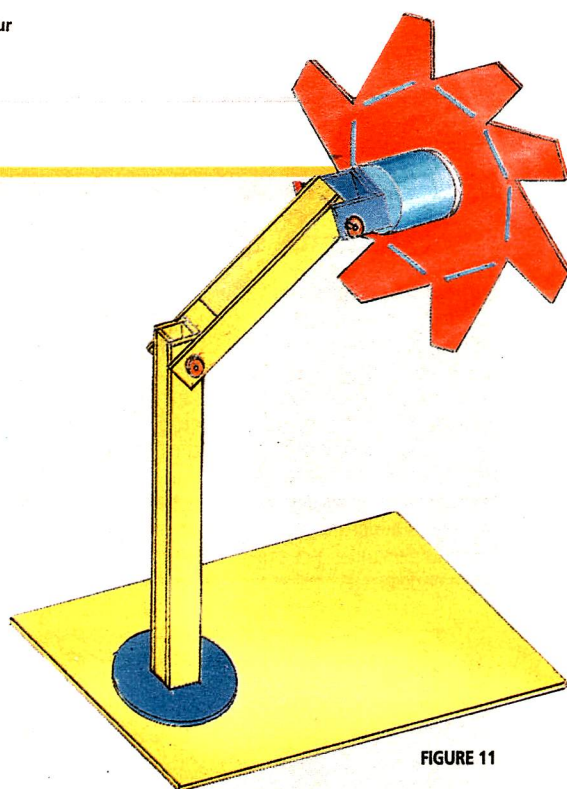


FIGURE 11

Fil reliant le - d'une photopile au + de la suivante en passant dans les trous ménagés dans le rotor J

Pièce à coller d = 40 mm au centre du gyrasol à l'aide de carrés de ruban adhésif mousse

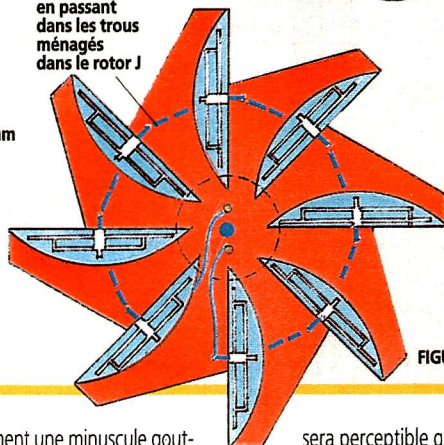


FIGURE 10



## INFORMATIQUE AMUSANTE

## Trions les champignons

Nous vous proposerons ce mois-ci un petit programme capable d'enrichir ses propres connaissances. En fait, si nous avons choisi comme base de réflexion les champignons, c'est que leur diversité et les critères de reconnaissance à utiliser sont bien déterminés. Nous aurions tout aussi bien pu demander à ce programme de trier les nouilles ou

les voitures, mais il en eût été beaucoup moins bucolique. Cela dit, rappelons-le, les champignons ne constituent qu'une base de travail pour ce logiciel. N'accordez donc aucun crédit à ses affirmations si vous-même, ou l'un de vos proches, avez le moindre doute sur les conclusions de son analyse. Chaque année, des cueilleurs de champignons

sont victimes d'intoxications plus ou moins sévères et, à la moindre hésitation, même si notre programme affirme qu'il connaît le champignon décrit, il faut le faire analyser par le pharmacien le plus proche. Mais passons donc à l'étude de notre programme.

Ce programme n'utilisant aucun graphisme, l'ordinateur travaillera en mode conventionnel. Aucune instruction SCREEN ne sera donc présente en tête de notre listing. En premier lieu, nous dimensionne-

rons les tableaux destinés à recevoir les données correspondant au descriptif du champignon. Les trois derniers seront réservés à vos commentaires. Au nombre de 11 au total, les 8 premiers correspondront respectivement à la forme du chapeau, à sa couleur, à l'allure de ses bords, puis à la forme du pied, à sa surface et, enfin, à la présence d'une volve ou d'un anneau et à l'aspect des lamelles portant les spores.

Une fois ces tableaux dimensionnés, le programme vien-

```

10 REM *****
30 REM * CREATION DES TABLEAUX DE *
40 REM * MEMORISATION DES DONNEES. *
60 REM *****
70 CLS
80 DIM FC$(500): DIM CC$(500)
100 DIM BC$(500): DIM EC$(500)
120 DIM FP$(500): DIM SP$(500)
140 DIM AN$(500): DIM DC$(500)
160 DIM NOM$(500): DIM TOX$(500)
180 DIM REP$(10)
190 REM *****
210 REM * CHARGEMENT DU FICHIER *
220 REM * DEPUIS LA DISQUETTE A. *
240 REM *****
250 LOCATE 10,15:PRINT "VEUILLEZ PATIENTER CHARGEMENT DU
FICHIER EN COURS."
260 OPEN "I",#1,"A:CHMPI.PAC",5000
270 FOR I=1 TO 500:INPUT #1,FC$(I):NEXT I
280 FOR I=1 TO 500:INPUT #1,CC$(I):NEXT I
290 FOR I=1 TO 500:INPUT #1,BC$(I):NEXT I
300 FOR I=1 TO 500:INPUT #1,EC$(I):NEXT I
310 FOR I=1 TO 500:INPUT #1,FP$(I):NEXT I
320 FOR I=1 TO 500:INPUT #1,SP$(I):NEXT I
330 FOR I=1 TO 500:INPUT #1,AN$(I):NEXT I
340 FOR I=1 TO 500:INPUT #1,DC$(I):NEXT I
350 FOR I=1 TO 500:INPUT #1,NOM$(I):NEXT I
360 FOR I=1 TO 500:INPUT #1,TOX$(I):NEXT I
370 CLOSE:CLS
390 REM *****
410 REM * INTRODUCTION DES DONNEES *
420 REM * DESCRIPTIVES DU CHAMPIGNON *
440 REM *****
450 COLOR 14:LOCATE 1,1
460 PRINT "Etudions le chapeau du champignon."
470 LOCATE 3,1:PRINT "Pourriez vous préciser s'il sagit
d'un chapeau:"
480 COLOR 10
490 LOCATE 10,10:PRINT "1: hémisphérique"
500 LOCATE 11,10:PRINT "2: bombé"
510 LOCATE 12,10:PRINT "3: en entonnoir"
520 LOCATE 13,10:PRINT "4: en cloche"
530 LOCATE 14,10:PRINT "5: ovoïde"
540 LOCATE 15,10:PRINT "6: mamelonné"
550 LOCATE 16,10:PRINT "7: déprimé"
560 LOCATE 17,10:PRINT "8: plan"
570 LOCATE 18,10:PRINT "9: absent, remplacé par des
ramifications"
580 COLOR 14:LOCATE 22,5:PRINT "- Tapez votre choix
S.V.P. -":CHR$(7)

```

```

590 LET K$=INKEY$
600 IF K$="" THEN GOTO 590
610 IF ASC(K$)<49 OR ASC(K$)>57 THEN GOTO 590
620 LET REP$(1)=K$
630 COLOR 14
640 LOCATE 3,1:PRINT "Précisez moi sa couleur dominan-
te:":STRING$(20,32)
650 COLOR 10
660 LOCATE 10,10:PRINT "1: blanc":STRING$(30,32)
670 LOCATE 11,10:PRINT "2: jaune":STRING$(30,32)
680 LOCATE 12,10:PRINT "3: beige":STRING$(30,32)
690 LOCATE 13,10:PRINT "4: brun":STRING$(30,32)
700 LOCATE 14,10:PRINT "5: rouge":STRING$(30,32)
710 LOCATE 15,10:PRINT "6: violet":STRING$(30,32)
720 LOCATE 16,10:PRINT "7: noir":STRING$(30,32)
730 LOCATE 17,10:PRINT "8: orange":STRING$(30,32)
740 LOCATE 18,10:PRINT "9: vert":STRING$(40,32)
750 PRINT CHR$(7)
760 LET K$=INKEY$
770 IF K$="" THEN GOTO 760
780 IF ASC(K$)<49 OR ASC(K$)>57 THEN GOTO 760
790 LET REP$(2)=K$
800 IF REP$(1)="" THEN GOTO 1150
810 COLOR 14
820 LOCATE 3,1:PRINT "Précisez moi si ses bords
sont:":STRING$(20,32)
830 COLOR 10
840 LOCATE 10,10:PRINT "1: lisses":STRING$(30,32)
850 LOCATE 11,10:PRINT "2: striées":STRING$(30,32)
860 LOCATE 12,10:PRINT "3: cannelées":STRING$(30,32)
870 LOCATE 13,10:PRINT "4: lobés":STRING$(30,32)
880 LOCATE 14,10:PRINT STRING$(30,32)
890 LOCATE 15,10:PRINT STRING$(30,32)
900 LOCATE 16,10:PRINT STRING$(30,32)
910 LOCATE 17,10:PRINT STRING$(30,32)
920 LOCATE 18,10:PRINT STRING$(40,32):PRINT CHR$(7)
940 LET K$=INKEY$
950 IF K$="" THEN GOTO 940
960 IF ASC(K$)<49 OR ASC(K$)>52 THEN GOTO 940
970 LET REP$(3)=K$
980 COLOR 14
990 LOCATE 3,1:PRINT "Porte-t-il des écailles ou
taches:":STRING$(20,32)
1000 COLOR 10
1010 LOCATE 10,10:PRINT "1: blanches":STRING$(30,32)
1020 LOCATE 11,10:PRINT "2: jaunes":STRING$(30,32)
1030 LOCATE 12,10:PRINT "3: beiges":STRING$(30,32)
1040 LOCATE 13,10:PRINT "4: brunes":STRING$(30,32)
1050 LOCATE 14,10:PRINT "5: rouges":STRING$(30,32)
1060 LOCATE 15,10:PRINT "6: violettes":STRING$(30,32)

```



dra piocher sur la disquette les informations accumulées au fil des jours pour les remplir. Sa "banque de données" ainsi constituée, le programme pourra commencer l'analyse du champignon.

La suite du programme sera constituée d'une succession de questions et de réponses. En fait, pour chaque question posée, l'ordinateur proposera de choisir une réponse dans une liste en lui précisant son numéro. Celui-ci sera alors mémorisé, pour chaque réponse

fournie dans le tableau REP\$.

Une fois toutes les questions posées, la machine affichera un récapitulatif. Celui-ci sera obtenu en analysant point par point le contenu du tableau REP\$ et en associant à chacun des chiffres qu'il contient une bribe de phrase. L'ensemble de ses bribes, mises bout à bout, composera le texte du résumé.

Cette opération achevée, le programme scrutera sa mémoire pour déterminer si les réponses fournies correspon-

dent, ou non, à un cas déjà répertorié. Cette recherche sera réalisée en effectuant une comparaison entre les données contenues par REP\$ et celles contenues dans les autres tableaux. Si une coïncidence existe elle sera détectée, et le programme viendra piocher dans le tableau NOM\$ le nom du champignon, ainsi que les informations concernant sa toxicité dans le tableau TOX\$.

En cas contraire, le programme demandera s'il vous est

possible de lui indiquer le nom de ce nouveau champignon et sa toxicité éventuelle. Si une réponse est fournie, elle sera immédiatement mémorisée ainsi que l'ensemble des paramètres de la description. En revanche, si vous ignorez son nom, il suffira de taper, en clair, NON, comme réponse à la question : «Pouvez vous m'indiquer son nom ?», afin que le programme passe de nouveau en revue la totalité de son fichier, et ne seront retenus que les cas correspondant

```

1070 LOCATE 16,10: PRINT "7: noires";STRING$(30,32)
1080 LOCATE 17,10: PRINT "8: vertes";STRING$(30,32)
1090 LOCATE 18,10: PRINT "9: ni écaille, ni
tache";STRING$(40,32)
1100 PRINT CHR$(7)
1110 LET K$=INKEY$
1120 IF K$="" THEN GOTO 1110
1130 IF ASC(K$)<49 OR ASC(K$)>57 THEN GOTO 1110
1140 LET REP$(4)=K$
1150 COLOR 14:LOCATE 1,1:PRINT "Etudions maintenant le
pied du champignon."
1160 LOCATE 3,1:PRINT "Dans son allure générale, est-
il";STRING$(20,32)
1170 COLOR 10
1180 LOCATE 10,10: PRINT "1: grêle";STRING$(30,32)
1190 LOCATE 11,10: PRINT "2:
cylindrique";STRING$(30,32)
1200 LOCATE 12,10: PRINT "3: flexueux";STRING$(30,32)
1210 LOCATE 13,10: PRINT "4: renflé";STRING$(30,32)
1220 LOCATE 14,10: PRINT "5: bulbeux";STRING$(30,32)
1230 LOCATE 15,10: PRINT "6: obèse";STRING$(30,32)
1240 LOCATE 16,10: PRINT "7: radicaux";STRING$(30,32)
1250 LOCATE 17,10: PRINT "8: pas de pied";STRING$(30,32)
1260 LOCATE 18,10: PRINT STRING$(40,32): PRINT CHR$(7)
1280 LET K$=INKEY$
1290 IF K$="" THEN GOTO 1280
1300 IF ASC(K$)<49 OR ASC(K$)>56 THEN GOTO 1280
1310 LET REP$(5)=K$
1320 IF REP$(5)="8" THEN GOTO 1900
1330 COLOR 14
1340 LOCATE 3,1:PRINT "Sa surface est-
elle:";STRING$(20,32)
1350 COLOR 10
1360 LOCATE 10,10: PRINT "1: lisse";STRING$(30,32)
1370 LOCATE 11,10: PRINT "2: ponctué";STRING$(30,32)
1380 LOCATE 12,10: PRINT "3: striée";STRING$(30,32)
1390 LOCATE 13,10: PRINT "4: réticulée";STRING$(30,32)
1400 LOCATE 14,10: PRINT "5: pelucheuse";STRING$(30,32)
1410 LOCATE 15,10: PRINT STRING$(30,32)
1420 LOCATE 16,10: PRINT STRING$(30,32)
1430 LOCATE 17,10: PRINT STRING$(30,32)
1440 LOCATE 18,10: PRINT STRING$(40,32): PRINT CHR$(7)
1460 LET K$=INKEY$
1470 IF K$="" THEN GOTO 1460
1480 IF ASC(K$)<49 OR ASC(K$)>53 THEN GOTO 1460
1490 LET REP$(6)=K$
1500 COLOR 14
1510 LOCATE 3,1:PRINT "Porte-t-il:";STRING$(20,32)
1520 COLOR 10
1530 LOCATE 10,10: PRINT "1: un anneau et une

```

```

volve";STRING$(30,32)
1540 LOCATE 11,10: PRINT "2: un anneau mais pas de
volve";STRING$(30,32)
1550 LOCATE 12,10: PRINT "3: une volve mais pas d'an-
neau";STRING$(30,32)
1560 LOCATE 13,10: PRINT "4: ni volve ni
anneau";STRING$(30,32)
1570 LOCATE 14,10: PRINT STRING$(30,32)
1580 LOCATE 15,10: PRINT STRING$(30,32)
1590 LOCATE 16,10: PRINT STRING$(30,32)
1600 LOCATE 17,10: PRINT STRING$(30,32)
1610 LOCATE 18,10: PRINT STRING$(40,32): PRINT CHR$(7)
1630 LET K$=INKEY$
1640 IF K$="" THEN GOTO 1630
1650 IF ASC(K$)<49 OR ASC(K$)>52 THEN GOTO 1630
1660 LET REP$(7)=K$
1670 IF REP$(1)="9" THEN GOTO 1900
1680 COLOR 14
1690 LOCATE 3,1:PRINT "Le dessous du chapeau est-
il:";STRING$(20,32)
1700 COLOR 10
1710 LOCATE 10,10: PRINT "1: spongieux";STRING$(30,32)
1720 LOCATE 11,10: PRINT "2: muni
d'aiguillons";STRING$(30,32)
1730 LOCATE 12,10: PRINT "3: pelucheux";STRING$(30,32)
1740 LOCATE 13,10: PRINT "4: de lames
égales";STRING$(30,32)
1750 LOCATE 14,10: PRINT "5: de lames
inégaux";STRING$(30,32)
1760 LOCATE 15,10: PRINT "6: de lames
fourchues";STRING$(30,32)
1770 LOCATE 16,10: PRINT STRING$(30,32)
1780 LOCATE 17,10: PRINT STRING$(30,32)
1790 LOCATE 18,10: PRINT STRING$(40,32): PRINT CHR$(7)
1810 LET K$=INKEY$
1820 IF K$="" THEN GOTO 1810
1830 IF ASC(K$)<49 OR ASC(K$)>54 THEN GOTO 1810
1840 LET REP$(8)=K$
1850 REM *****
1870 REM * AFFICHAGE DU RECAPITULATIF. *
1890 REM *****
1900 CLS: COLOR 14:LOCATE 1,35
1920 PRINT "RECAPITULATIF:"
1930 GOSUB 3390
1940 REM *****
1960 REM * CONSULTATION DU FICHIER *
1970 REM * DE DONNEES MEMORISEES. *
1990 REM *****
2000 LOCATE 15,10
2010 COLOR 6:PRINT "Veuillez patienter quelques ins-

```



```

tants;"
2020 LOCATE 16,10:PRINT "je consulte mon fichier."
2030 LET CSF=1
2040 IF FC$(CSF)<>REP$(1) THEN GOTO 2130
2050 IF CC$(CSF)<>REP$(2) THEN GOTO 2130
2060 IF BC$(CSF)<>REP$(3) THEN GOTO 2130
2070 IF EC$(CSF)<>REP$(4) THEN GOTO 2130
2080 IF FP$(CSF)<>REP$(5) THEN GOTO 2130
2090 IF SP$(CSF)<>REP$(6) THEN GOTO 2130
2100 IF AN$(CSF)<>REP$(7) THEN GOTO 2130
2110 IF DC$(CSF)<>REP$(8) THEN GOTO 2130
2120 GOTO 2200
2130 IF FC$(CSF)=" " OR CSF+1=501 THEN GOTO 2460
2140 LET CSF=CSF+1:GOTO 2040
2150 REM *****
2160 REM *
2170 REM * AFFICHAGE DU RESULTAT. *
2180 REM *
2190 REM *****
2200 LOCATE 15,10
2210 COLOR 14:PRINT "J'ai trouvé un
champignon";STRING$(40,32)
2220 PRINT "correspondant a cette
description.";STRING$(40,32)
2230 PRINT "Son nom: ";NOM$(CSF); " et il est classé ";
2250 IF TOX$(CSF)="1" THEN PRINT "comestible."
2260 IF TOX$(CSF)="2" THEN PRINT "
TOXIQUE.";STRING$(5,7)
2270 REM *****
2280 REM *
2290 REM * REBOUCLAGE DU PROGRAMME *
2300 REM * OU RETOUR AU DOS. *
2310 REM *
2320 REM *****
2330 LOCATE 23,1
2340 PRINT "Pour une nouvelle consultation taper 'C'
pour quitter taper 'Q'."
2350 LET K$=INKEY$
2360 IF K$="c" OR K$="C" THEN GOTO 2390
2370 IF K$="q" OR K$="Q" THEN GOTO 3180
2380 GOTO 2350
2390 CLS:GOTO 450
2400 REM *****
2410 REM *
2420 REM * MEMORISATION DES DONNEES *
2430 REM * D'UN CHAMPIGNON INCONNU. *
2440 REM *
2450 REM *****
2460 LOCATE 15,10
2470 COLOR 14:PRINT "Je n'ai pas trouvé de
champignon";STRING$(40,32)
2480 LOCATE 16,10:PRINT "correspondant a cette descrip-
tion.";STRING$(40,32)
2490 INPUT "Pouvez vous m'indiquer son nom (sinon tapez
NON)";REP$(9)
2500 IF REP$(9)="non" OR REP$(9)="NON" THEN GOTO 2680
2510 PRINT "Est-il:"
2520 PRINT "1: COMESTIBLE"
2530 PRINT "2: TOXIQUE"
2540 LET K$=INKEY$:IF K$=" " THEN GOTO 2540
2550 IF ASC(K$)<49 OR ASC(K$)>50 THEN GOTO 2540
2560 LET REP$(10)=K$
2570 LET FC$(CSF)=REP$(1)
2580 LET CC$(CSF)=REP$(2)
2590 LET BC$(CSF)=REP$(3)
2600 LET EC$(CSF)=REP$(4)
2610 LET FP$(CSF)=REP$(5)
2620 LET SP$(CSF)=REP$(6)
2630 LET AN$(CSF)=REP$(7)
2640 LET DC$(CSF)=REP$(8)
2650 LET NOM$(CSF)=REP$(9)
2660 LET TOX$(CSF)=REP$(10)
2670 GOTO 2330

2680 LOCATE 23,10:PRINT "Voulez-vous que je controle
s'il ressemble à un cas connu? (O/N)"
2690 REM *****
2710 REM * RECHERCHE D'UN CAS CONNU *
2720 REM * PROCHE. *
2730 REM *
2740 REM *****
2750 LET K$=INKEY$
2760 IF K$="o" OR K$="O" THEN GOTO 2780
2770 IF K$="n" OR K$="N" THEN CLS:GOTO 2330
2780 LET CSF=1: LET DIFF=0
2800 IF FC$(CSF)<>REP$(1) THEN LET DIFF=DIFF+1
2810 IF CC$(CSF)<>REP$(2) THEN LET DIFF=DIFF+1
2820 IF BC$(CSF)<>REP$(3) THEN LET DIFF=DIFF+1
2830 IF EC$(CSF)<>REP$(4) THEN LET DIFF=DIFF+1
2840 IF FP$(CSF)<>REP$(5) THEN LET DIFF=DIFF+1
2850 IF SP$(CSF)<>REP$(6) THEN LET DIFF=DIFF+1
2860 IF AN$(CSF)<>REP$(7) THEN LET DIFF=DIFF+1
2870 IF DC$(CSF)<>REP$(8) THEN LET DIFF=DIFF+1
2880 IF DIFF>1 THEN GOTO 3070
2890 LET REP$(1)=FC$(CSF)
2900 LET REP$(2)=CC$(CSF)
2910 LET REP$(3)=BC$(CSF)
2920 LET REP$(4)=EC$(CSF)
2930 LET REP$(5)=FP$(CSF)
2940 LET REP$(6)=SP$(CSF)
2950 LET REP$(7)=AN$(CSF)
2960 LET REP$(8)=DC$(CSF)
2970 CLS
2980 LOCATE 1,10:PRINT "J'ai trouvé le cas suivant:"
2990 GOSUB 3390
3000 LOCATE 20,10
3010 PRINT "Son nom: ";NOM$(CSF);
3020 PRINT " et il est classé ";
3030 IF TOX$(CSF)="1" THEN PRINT "comestible."
3040 IF TOX$(CSF)="2" THEN PRINT "
TOXIQUE.";STRING$(5,7)
3050 PRINT "Pour que je continue mes recherches, taper
une touche"
3060 IF INKEY$=" " THEN GOTO 3060
3070 LET CSF=CSF+1
3080 IF FC$(CSF)=" " OR CSF=501 THEN GOTO 3100
3090 GOTO 2790
3100 PRINT "Je n'ai aucun autre cas proche de cette des-
cription répertorié."
3110 GOTO 2330
3120 REM *****
3140 REM *
3140 REM * SAUVEGARDE DU FICHIER *
3150 REM * SUR LA DISQUETTE A. *
3170 REM *****
3180 CLS
3190 LOCATE 10,15:PRINT "VEUILLEZ PATIENTER SAUVEGARDE
DU FICHIER EN COURS."
3200 OPEN "O",#1,"A:CHMPI.PAC",5000
3210 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,FC$(I):NEXT I
3220 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,CC$(I):NEXT I
3230 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,BC$(I):NEXT I
3240 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,EC$(I):NEXT I
3250 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,FP$(I):NEXT I
3260 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,SP$(I):NEXT I
3270 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,AN$(I):NEXT I
3280 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,DC$(I):NEXT I
3290 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,NOM$(I):NEXT I
3300 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,TOX$(I):NEXT I
3310 CLOSE: SYSTEM
3330 REM *****
3350 REM * SOUS-ROUTINE D'AFFICHAGE *
3360 REM * DES COMMENTAIRES DU RESUME. *
3380 REM *****
3390 LOCATE 5,1:PRINT "Ce champignon porte une chapeau
de forme ";

```



```

3400 IF REP$(1)="9" THEN LOCATE 5,1:PRINT "Sur ce cha-
pignon le chapeau est remplacé par des ramifications
3410 IF REP$(1)="1" THEN PRINT "hémisphérique ";
3420 IF REP$(1)="2" THEN PRINT "bombée ";
3430 IF REP$(1)="3" THEN PRINT "rappelant un entonnoir
";
3440 IF REP$(1)="4" THEN PRINT "rappelant une cloche
";
3450 IF REP$(1)="5" THEN PRINT "ovoïde ";
3460 IF REP$(1)="6" THEN PRINT "mamelonnée ";
3470 IF REP$(1)="7" THEN PRINT "creuse ";
3480 IF REP$(1)="8" THEN PRINT "plane ";
3490 IF REP$(1)<>"9" THEN PRINT "et de couleur ";
3500 IF REP$(1)="9" THEN PRINT "de couleur ";
3510 IF REP$(2)="1" THEN PRINT "blanche. ";
3520 IF REP$(2)="2" THEN PRINT "jaune. ";
3530 IF REP$(2)="3" THEN PRINT "beige. ";
3540 IF REP$(2)="4" THEN PRINT "brune. ";
3550 IF REP$(2)="5" THEN PRINT "rouge. ";
3560 IF REP$(2)="6" THEN PRINT "violettes. ";
3570 IF REP$(2)="7" THEN PRINT "noire. ";
3580 IF REP$(2)="8" THEN PRINT "orange. ";
3590 IF REP$(2)="9" THEN PRINT "verte. ";
3600 IF REP$(1)="9" THEN GOTO 3770
3610 PRINT "Les bords du chapeau sont ";
3620 IF REP$(3)="1" THEN PRINT "lisses. ";
3630 IF REP$(3)="2" THEN PRINT "striées. ";
3640 IF REP$(3)="3" THEN PRINT "cannelées. ";
3650 IF REP$(3)="4" THEN PRINT "lobés. ";
3660 IF REP$(1)="7" THEN PRINT "noire. ";
3670 IF REP$(4)="9" THEN GOTO 3770
3680 PRINT "Enfin il porte des écailles ou taches ";
3690 IF REP$(4)="1" THEN PRINT "blanches. "
3700 IF REP$(4)="2" THEN PRINT "jaunes. "
3710 IF REP$(4)="3" THEN PRINT "beiges. "
3720 IF REP$(4)="4" THEN PRINT "brunes. "
3730 IF REP$(4)="5" THEN PRINT "rouges. "
3740 IF REP$(4)="6" THEN PRINT "violettes. "
3750 IF REP$(4)="7" THEN PRINT "noires. "
3760 IF REP$(4)="8" THEN PRINT "vertes. "
3770 PRINT "Le pied est ";
3780 IF REP$(5)="1" THEN PRINT "grêle ";
3790 IF REP$(5)="2" THEN PRINT "cylindrique ";
3800 IF REP$(5)="3" THEN PRINT "flexueux ";
3810 IF REP$(5)="4" THEN PRINT "renflé ";
3820 IF REP$(5)="5" THEN PRINT "bulbeux ";
3830 IF REP$(5)="6" THEN PRINT "obèse ";
3840 IF REP$(5)="7" THEN PRINT "radicant ";
3850 IF REP$(5)="8" THEN PRINT "absent. ":GOTO 4030
3860 PRINT "et ";
3870 IF REP$(6)="1" THEN PRINT "lisse. "
3880 IF REP$(6)="2" THEN PRINT "ponctué. "
3890 IF REP$(6)="3" THEN PRINT "strié. "
3900 IF REP$(6)="4" THEN PRINT "réticulé. "
3910 IF REP$(6)="5" THEN PRINT "pelucheux. "
3920 IF REP$(7)="1" THEN PRINT "Il porte un anneau et
une volve"
3930 IF REP$(7)="2" THEN PRINT "Il porte un anneau. "
3940 IF REP$(7)="3" THEN PRINT "Il porte une volve. "
3950 IF REP$(7)="4" THEN PRINT "Il ne porte ni anneau
ni volve. "
3960 IF REP$(1)<>"9" THEN PRINT "Le dessous du chapeau
est ";
3970 IF REP$(8)="1" THEN PRINT "spongieux. "
3980 IF REP$(8)="2" THEN PRINT "muni d'aiguillons. "
3990 IF REP$(8)="3" THEN PRINT "pelucheux. "
4000 IF REP$(8)="4" THEN PRINT "muni de lames régu-
lières. "
4010 IF REP$(8)="5" THEN PRINT "muni de lames de lon-
gueur inégale. "
4020 IF REP$(8)="5" THEN PRINT "muni de lames four-
chues. "
4030 RETURN

```

## PROGRAMME AUXILIAIRE

```

1 REM *****
3 REM * PROGRAMME D'INITIALISATION *
4 REM * DE LA DISQUETTE A. *
6 REM *****
10 CLS
100 DIM FC$(500): DIM CC$(500)
120 DIM BC$(500): DIM EC$(500)
140 DIM FP$(500): DIM SP$(500)
160 DIM AN$(500): DIM DC$(500)
190 DIM NOM$(500): DIM TOX$(500)
210 DIM REP$(10)
300 LOCATE 10,15:PRINT "VEUILLEZ PATIENTER
CREATION DU FICHIER EN COURS."
310 OPEN "O",#1,"A:CHMPI.PAC",5000
320 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,FC$(I):NEXT I
330 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,CC$(I):NEXT I
340 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,BC$(I):NEXT I
350 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,EC$(I):NEXT I
360 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,FP$(I):NEXT I
370 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,SP$(I):NEXT I
380 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,AN$(I):NEXT I
390 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,DC$(I):NEXT I
400 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,NOM$(I):NEXT I
410 FOR I=1 TO 500:WRITE #1,TOX$(I):NEXT I
420 CLOSE: NEW

```

à la description proposée, à l'exception de l'un des points.

Pour chaque cas retenu, un descriptif – en fait le texte du résumé – sera affiché de manière à ce qu'il soit possible de vérifier immédiatement si la réponse proposée par la machine n'est pas aberrante. Par exemple, si le doute est possible entre un brun et un beige, il ne le sera pas entre un jaune et un violet.

C'est pour disposer de cette propriété que l'affichage du résumé est effectué par une sous-routine ; elle servira également la présentation du texte descriptif accompagnant le nom du champignon trouvé.

Enfin, lorsque l'on quittera le programme, les informations de la disquette seront mises à jour par une nouvelle sauvegarde du contenu des tableaux. Notons que cette sauvegarde est systématique, que le contenu du fichier ait été modifié ou non.

Pour terminer, signalons que notre logiciel utilisant les données contenues par un fichier disquette, il faudra initialiser

cette dernière avant de pouvoir lancer son exécution. En cas contraire, l'ordinateur afficherait FICHIER INCONNU et interromprait le déroulement du logiciel. Pour cela, nous vous proposons un petit programme annexe d'initialisation. Celui-ci se contentera de créer, sur la disquette, le fichier dûment baptisé et dimensionné, mais le laissera vide. Précisons que ce logiciel annexe est une initialisation. Il ne faudra donc l'utiliser qu'une seule fois. Autrement, toutes les données contenues par le fichier seraient définitivement perdues.

Notons qu'afin d'éviter une telle erreur involontaire, ce programme s'autodétruit automatiquement après sa première exécution. Pour en conserver une trace, afin, éventuellement, d'initialiser une nouvelle disquette, il faudra en exécuter la sauvegarde sur le disque dur, ou, éventuellement, sur le lecteur B, avant de demander RUN.

Bonne cueillette à tous !

Henri-Pierre Penel



## ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

## Emmenez le secteur partout (deuxième partie)

Le mois dernier, nous nous étions attachés à convertir les 12 volts continus de notre batterie en un signal alternatif sinusoïdal à la fréquence de 50 hertz. Cependant, si nous possédons à présent une telle source, elle est encore bien loin de pouvoir alimenter le moindre appareil secteur. En effet, ni la tension ni l'intensité qu'elle débite ne sont suffisantes. Dans cette seconde partie, nous nous attacherons donc à l'amplification de notre signal d'origine. Pour disposer d'une tension de 220 volts, nous utiliserons un transformateur.

Quant à la puissance, elle sera assurée par un jeu de transistors.

Son câblage sera très proche de celui d'un amplificateur de puissance audio. Cependant, pour des raisons de rendement, nous utiliserons deux étages de sortie travaillant "en pont". Ce type d'assemblage, fréquemment utilisé sur les amplificateurs de très forte puissance, demande cependant quelques explications. Sur un étage de sortie conventionnel, la charge – souvent un haut-parleur – est connectée entre le point commun des transistors et le 0 volt. Dans le cas du "pontage" chaque borne de la charge est reliée à un étage de sortie. Ces derniers travaillant, par construction, en opposition de phase, la tension aux bornes de la charge – dans notre cas, le transformateur – se trouve doublée. A puissance équivalente, les étages de sortie auront donc beaucoup moins

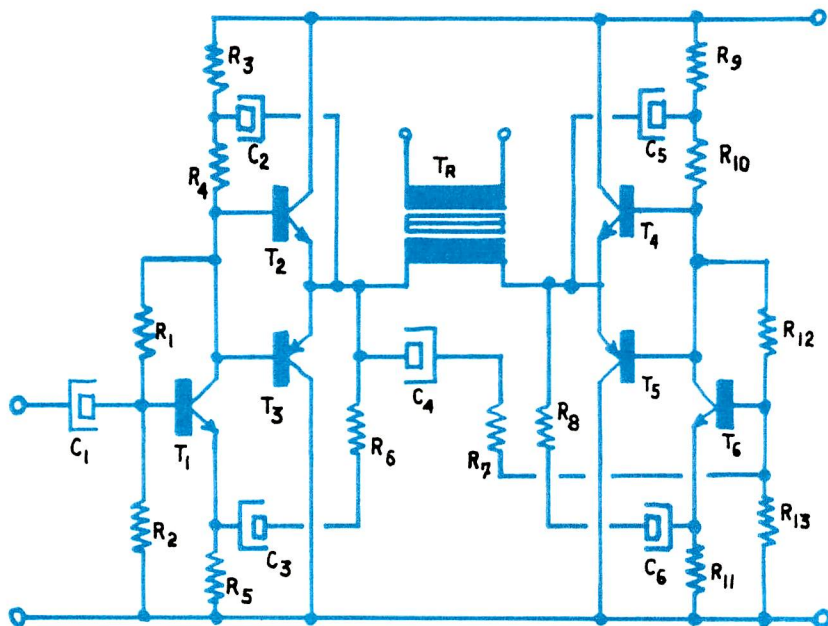
d'intensité à fournir. En ce qui nous concerne, ce point est particulièrement intéressant.

En effet, étant donné la faible valeur de la tension de la batterie, si nous n'utilisons pas le pontage, le courant traversant les transistors serait fort. Les pertes qu'il présente étant en grande partie liées au courant demandé, elles auraient, dans ce cas, été importantes, et le rendement global de notre onduleur en aurait souffert. Précisons que si, dans l'absolu, un rendement médiocre n'est que peu gênant en ce qui concerne la consommation du système, il a en revanche une conséquence sur son fonctionnement. En effet, comme dans tout dispositif électronique, un écart entre puissance consommée et puis-

sance restituée à la charge se traduit par une dissipation de chaleur au niveau des transistors de puissance. Ces composants supportant mal une élévation de température importante, il est toujours conseillé de tenter d'obtenir un rendement aussi bon que possible.

Venons-en maintenant au choix du transformateur. Pour son secondaire et sa puissance, le problème ne se pose pas. Puisque nous désirons obtenir 220 volts sous 60 watts il suffira qu'il s'agisse d'un enroulement 220 volts 60 W/A. Quant au primaire, sa valeur sera liée à l'électronique. Dans notre cas, chaque étage de sortie délivrera une tension d'environ 11 volts crête à crête, cela en raison de la perte dans les transistors. Au total nous disposerons donc de 22 volts crête à crête. Pour obtenir la tension efficace, celle mentionnée sur le transformateur, il nous suffira de diviser cette valeur par  $2\sqrt{2}$ , soit 2,8. Nous obtenons donc  $22/2,8 = 7,8$  volts. Cette valeur n'étant pas normalisée, l'idéal est de disposer d'un transformateur muni d'un secondaire 7,5 volts. Cependant, toute valeur proche sera parfaitement

## SCHEMA ÉLECTRIQUE

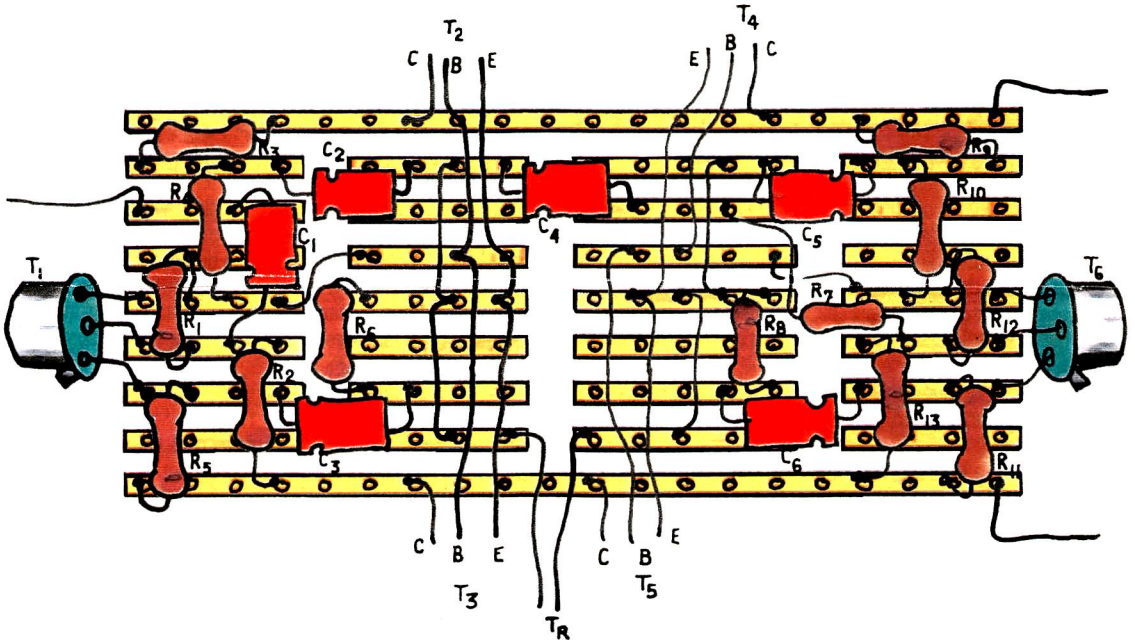


### OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

- 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.
- T.S.M., 15 rue des Onze-Arrents, 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.



## IMPLANTATION DES COMPOSANTS



utilisable dans une fourchette de plus ou moins 1,5 volt.

Si le câblage des éléments de puissance de cet onduleur ne pose pas de problème particulier il doit néanmoins être effectué avec soin. En effet le "secteur" est présent sur le secondaire du transformateur dès la mise sous tension du montage. Il faudra donc veiller à la bonne isolation des contacts. En ce qui concerne les transistors de puissance, il sera indispensable de les équiper de radiateurs. De plus, l'un

de leurs contacts étant électriquement raccordé à la partie métallique de leur boîtier, il sera impératif d'utiliser des isolateurs pour leur fixation, sous peine de mettre directement la batterie en court-circuit.

Enfin vient le calage de la fréquence de travail de l'oscillateur. L'idéal serait de disposer d'un oscilloscope ou d'un fréquence-mètre. Cependant, une petite astuce permettra d'éviter l'utilisation de ces appareils coûteux. Une diode électroluminescente, une ré-

sistance et un petit transformateur nous permettront d'effectuer ce calage. On raccordera l'entrée de ce nouvel élément à l'oscillateur sinusoidal présenté le mois dernier. L'onduleur sera alimenté en 12 volts mais aucune charge ne lui sera raccordée. Les deux fils issus de notre "testeur de fréquence" seront alors connectés au primaire du transformateur du montage. La diode électroluminescente devra alors se mettre à clignoter en raison du "battement"

issu de l'écart de fréquence entre le signal délivré par l'oscillateur et le secteur. En agissant sur le potentiomètre de ce dernier, le scintillement de la diode devra s'accélérer ou ralentir. Le calage sera obtenu dès que la diode cessera de clignoter et ce, qu'elle soit totalement allumée ou totalement éteinte, voire mi-éclairée.

Précisons que ce calage est très précis. En effet, même si la diode clignote encore, à raison de deux fois par seconde, la fréquence de l'onduleur sera soit de 48 Hz, soit de 52 Hz ; erreur de fréquence tout à fait acceptable. Il est donc normal qu'il puisse être délicat d'annuler totalement ce clignotement. Il est possible qu'après être restée, par exemple, éteinte quelques secondes, la diode se rallume doucement. En fait, dès que la durée séparant deux extinctions sera supérieure à une seconde, le calage pourra être considéré comme bon.

### NOMENCLATURE

R1=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R2=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R3=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R4=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R5=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R6=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R7=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R8=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R9=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R10=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R11=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R12=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R13=	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)

C1=	10 microfarads 12 volts
C2=	10 microfarads 12 volts
C3=	10 microfarads 12 volts
C4=	10 microfarads 12 volts
C5=	10 microfarads 12 volts
C6=	10 microfarads 12 volts
T1=	2N 1711
T2=	MJ 3000
T3=	MJ 2501
T4=	MJ 3000
T5=	MJ 2501
T6=	2N 1711
TR=	Transformateur 7,5 V/220 V 60 VA.



## Les occultations

Il faut deux astres pour qu'il y ait occultation, l'un cachant l'autre. Le cas le plus courant est celui de la Lune. Notre satellite, dans sa rotation autour de la Terre, fait un tour de ciel en vingt-huit jours. C'est un mouvement rapide, surtout par rapport aux autres corps célestes. Chaque jour, elle se déplace de  $13^\circ$ , soit près de vingt-six fois son diamètre apparent, et chaque heure d'un demi-degré, soit son propre diamètre.

Comme la Lune est l'astre le plus proche de la Terre, elle passe "devant" tous les autres.

Lorsqu'elle masque ainsi étoiles ou planètes, on dit qu'il y a occultation. Toutefois, il existe bien d'autres types d'occultations possibles : deux planètes entre elles, mais c'est extrêmement rare, ou, plus régulièrement, surtout depuis que la mécanique céleste a atteint des sommets de précision, occultation d'une étoile par un astéroïde et même par une planète.

Notons que, lorsqu'on parle d'occultation, on sous-entend que le corps occulteur est plus grand en diamètre apparent que l'astre occulté. Quand c'est l'inverse, on dit alors qu'il

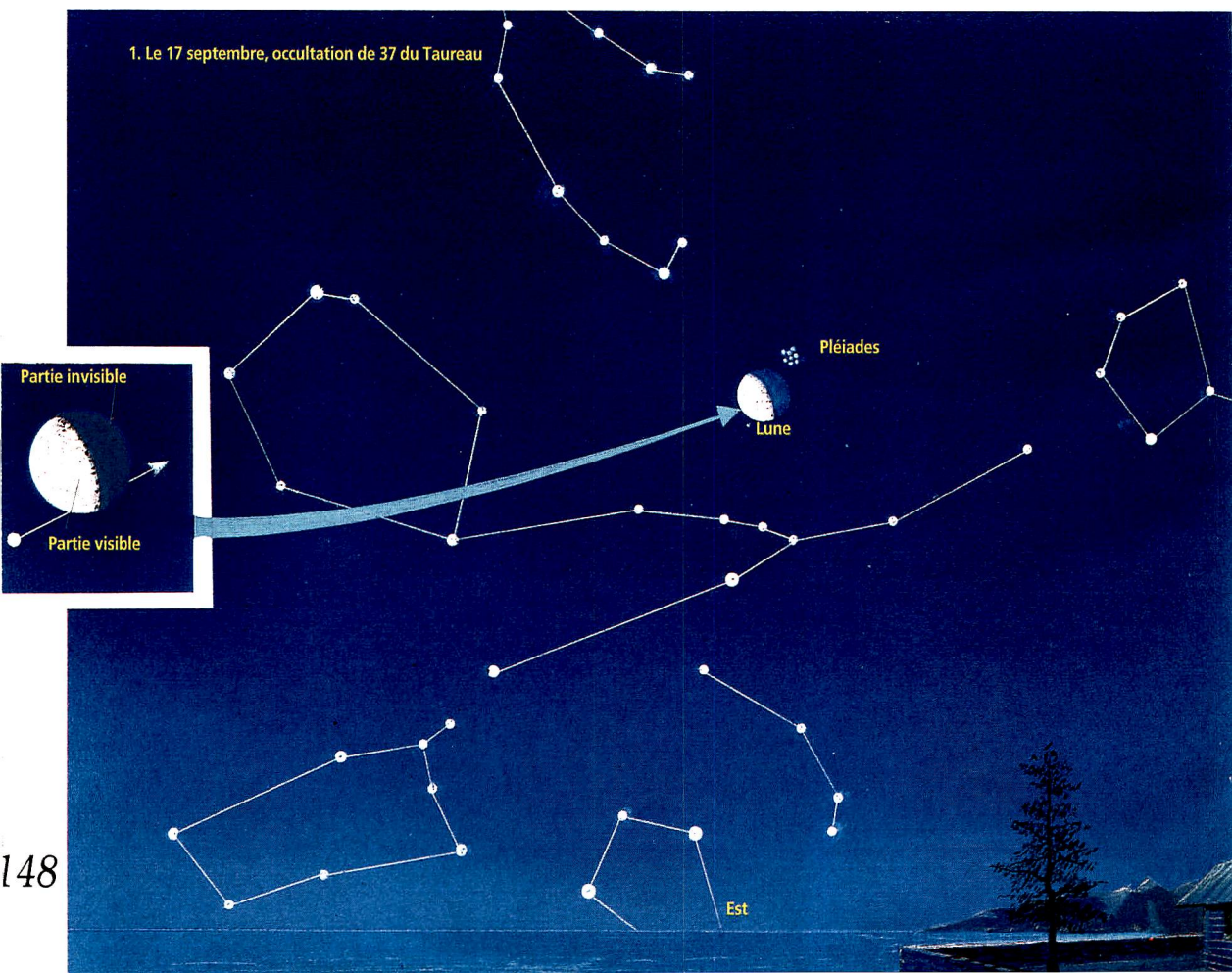
y a passage, comme celui de Mercure ou de Vénus devant le Soleil, et des satellites galiléens devant Jupiter. N'oublions pas les éclipses de Soleil qui ne sont qu'une occultation de notre étoile par notre satellite naturel.

Les occultations d'étoiles par la Lune sont de loin les plus fréquentes, cela en raison, comme nous l'avons dit, de son mouvement propre rapide et aussi parce que le disque lunaire présente une surface étendue, ce qui, bien entendu, augmente les chances d'occultations. Peu d'amateurs observent les oc-

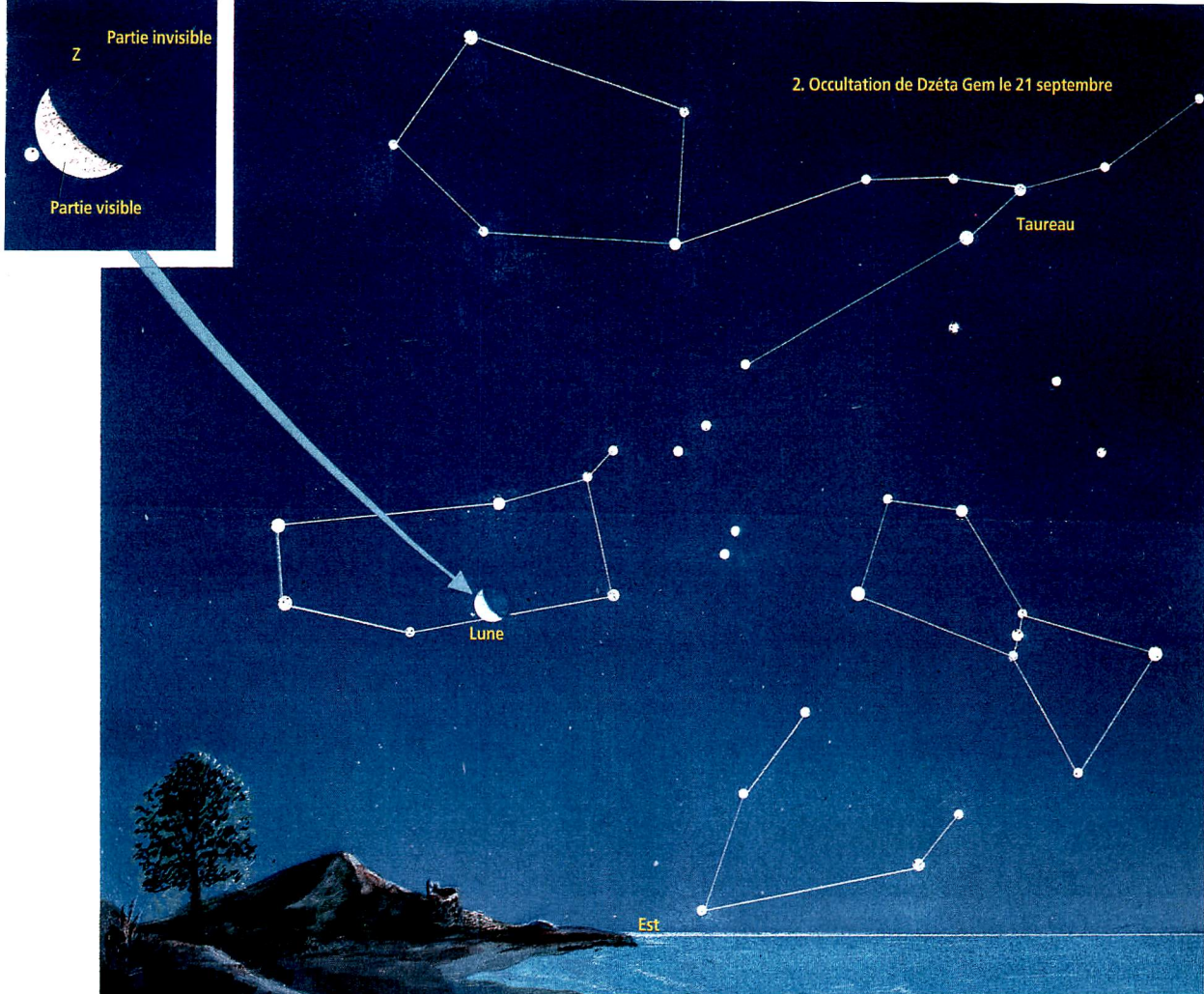
cultations ; c'est dommage car c'est un phénomène intéressant et qui peut, de plus, déboucher sur des observations scientifiques.

La plus ancienne observation d'occultation remonte à Aristote qui, dans son ouvrage *De Cœlo*, mentionne la disparition de Mars derrière la Lune. Kepler fixa la date du phénomène au 4 avril 357 avant notre ère. En fait, les observations régulières ne commencent qu'au 17<sup>e</sup> siècle. En 1637, Horrocks observa l'occultation de l'amas des Pléiades par la Lune. Il constata que chaque

1. Le 17 septembre, occultation de 37 du Taureau





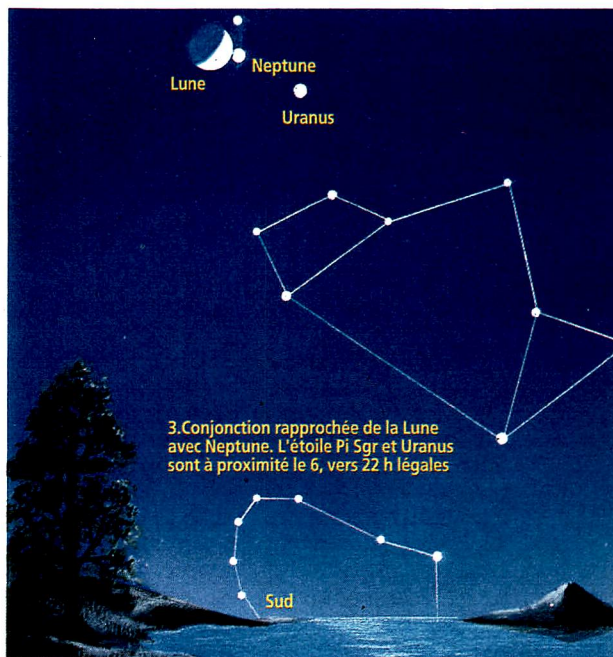


étoile disparaissait instantanément au bord lunaire et en déduisit que leur dimension angulaire était très faible. A partir de cette date, on va utiliser les occultations pour déterminer les diamètres apparents. Arago, dans son *Astronomie populaire*, consacra tout un chapitre à cette question. De nos jours, l'intérêt des occultations se situe dans un tout autre domaine. De fait, on essaye de définir avec une extrême précision l'heure à laquelle l'étoile disparaît ou réapparaît, ce qui permet de déterminer ensuite, par calcul, la position exacte de notre satellite à cet instant car la Lune est affectée par une multitude de mouvements et irrégularités de mouvements qu'il faut sans cesse connaître avec le plus de précision possible.

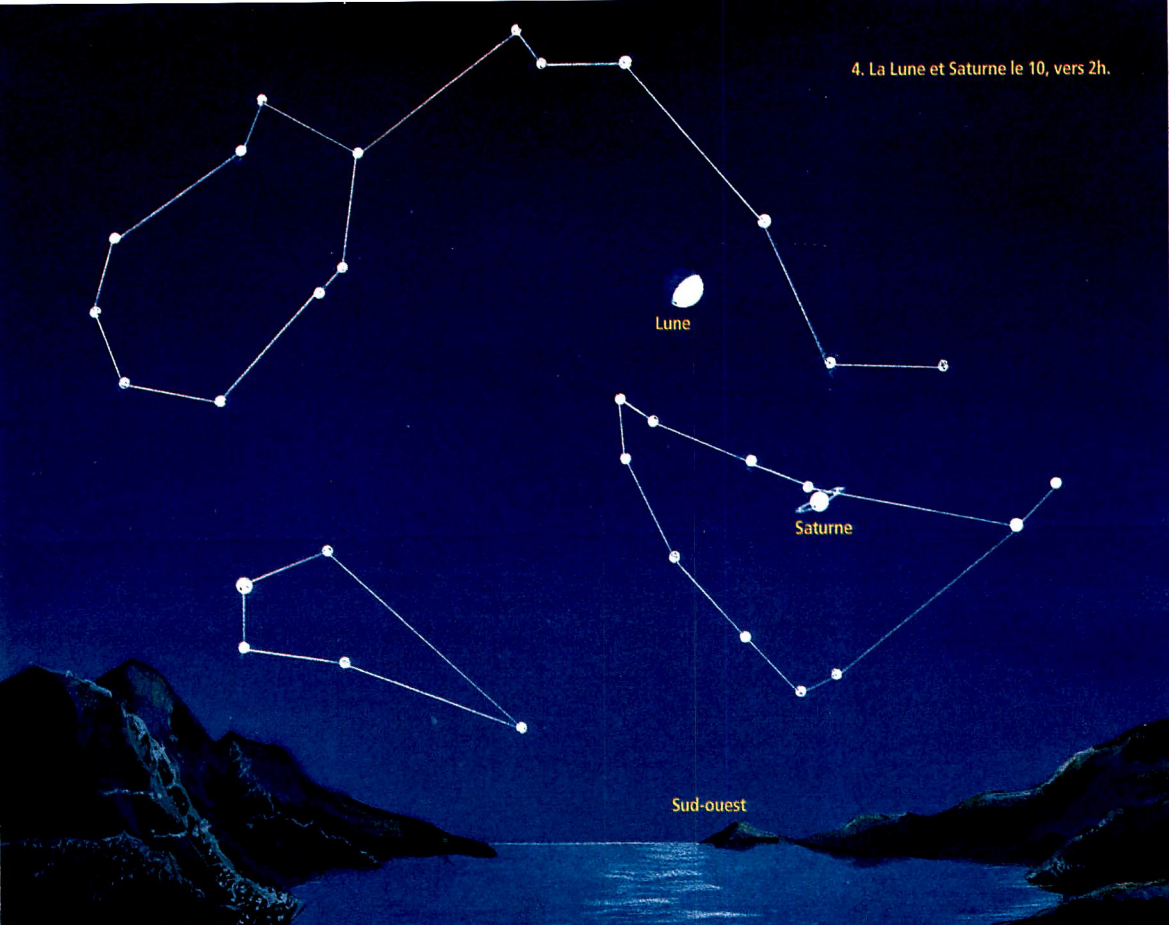
On distingue deux types d'occultations : les totales et les rasantes.

**Une occultation totale** est celle où l'étoile disparaît derrière le disque lunaire à son bord est pour réapparaître au bord ouest un moment après. Lors d'une occultation rasante, le disque de la Lune, dans la région des pôles, frôle l'étoile ; ces régions ayant un relief prononcé, l'étoile apparaît et disparaît plusieurs fois de suite à travers les montagnes lunaires.

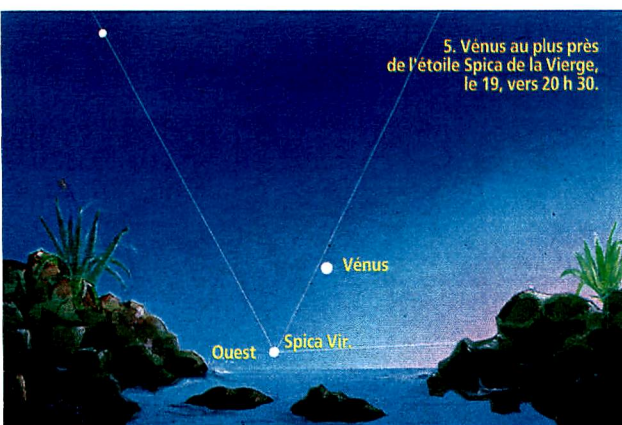
Les occultations ne sont pas toutes visibles dans les mêmes circonstances de partout. En fait, n'oublions pas que, sur le plan de la mécanique céleste, le phénomène est analogue aux éclipses de Soleil et chacun sait que celles-ci ne sont pas visibles, non plus, de partout. Dans le cas des occultations to-







4. La Lune et Saturne le 10, vers 2h.



5. Vénus au plus près de l'étoile Spica de la Vierge, le 19, vers 20 h 30.

tales, il faut se référer aux éphémérides astronomiques. Chaque année, la liste des occultations y est publiée pour différentes villes de France. Il faut prendre les heures prévues pour la ville la plus proche ; ensuite, grâce à deux coefficients, calculés pour chaque occultation, on effectue une correction de façon à déterminer l'heure pour son lieu d'observation.

A la lecture de ces tableaux, on peut s'étonner qu'il n'y ait qu'une centaine d'occultations indiquées chaque année alors que, en raison de son diamètre, la Lune doit masquer un nombre d'étoiles beaucoup plus important. C'est effectivement le cas mais, pour qu'une occultation soit observable, l'éclat de l'étoile concernée ne doit pas être trop faible, sinon,

en raison de la brillance de la Lune, elle n'est pas visible. C'est pourquoi on ne retient, en général, que les étoiles dont la magnitude est supérieure à 8 – et encore en tenant compte de la phase de la Lune – la luminosité de notre satellite variant considérablement entre la pleine lune, et un fin croissant.

Le débutant recherchera pour ses premières observations les occultations concernant les étoiles les plus brillantes possible.

**Les occultations rasantes** sont plus délicates à observer. Le phénomène n'est visible que sur une ligne de quelques kilomètres et, si l'on s'en écarte, il y a soit occultation totale, soit pas d'occultation du tout ! Le spectacle est tel qu'il ne faut pas hésiter, lorsque cela est possible, à se déplacer pour être bien situé. Les éphémérides de la Société astronomique de France publient chaque année la liste de ces oc-

cultations avec les lignes de visibilité en métropole.

Sur le plan pratique, l'occultation totale connaît deux phases : en premier, la disparition de l'étoile au bord est de la Lune, c'est l'immersion ; en second, la réapparition au bord ouest, c'est l'émersion. Selon la phase de la Lune, immersion et émersion peuvent se dérouler en son bord éclairé ou sombre. Les observations ne sont pas toutes de la même facilité selon le cas. D'abord, l'immersion est plus simple à observer. L'observateur voyant l'étoile, il la suit attentivement et peut ainsi déterminer avec exactitude l'instant de sa disparition. Si l'immersion a lieu au bord éclairé, c'est encore plus précis puisqu'on peut observer le rapprochement des deux astres jusqu'au dernier moment. Une immersion au bord sombre est plus délicate à mesurer car, sauf cas de lumière cendrée, le bord de la Lune étant invisible,



on a des difficultés à estimer l'endroit où l'étoile va disparaître ; en revanche, ce type d'observation est plus spectaculaire car on a l'impression que l'étoile s'éteint en plein ciel ! Les émersions sont moins faciles à observer. Il s'agit alors d'estimer, le plus précisément possible, l'endroit du bord lunaire où l'étoile va être de nouveau visible pour le surveiller attentivement, ce qui n'est pas évident. Les éphémérides donnent une indication utile, l'angle au pôle, qui permet cette estimation au moyen d'une carte de la Lune mais il ne faut pas se tromper dans la manipulation des angles ! Pour les émersions aussi, l'observa-

tion au bord éclairé est moins difficile qu'au bord sombre.

**Le suivi des occultations** nécessite une lunette ou un télescope. L'instrument n'a pas besoin d'être très puissant, un diamètre de 60 mm autorisant déjà beaucoup d'observations. Bien entendu, une monture équatoriale motorisée procure un plus grand confort car il s'agit de suivre la Lune pendant plusieurs dizaines de minutes. A ce sujet, si vous êtes équipé d'un moteur, ne soyez pas étonné si, au bout d'un moment, la Lune se décale dans le champ de vision, et ce même si la mise en station est très précise. Cela est dû au mouvement propre de la Lune et il faudra

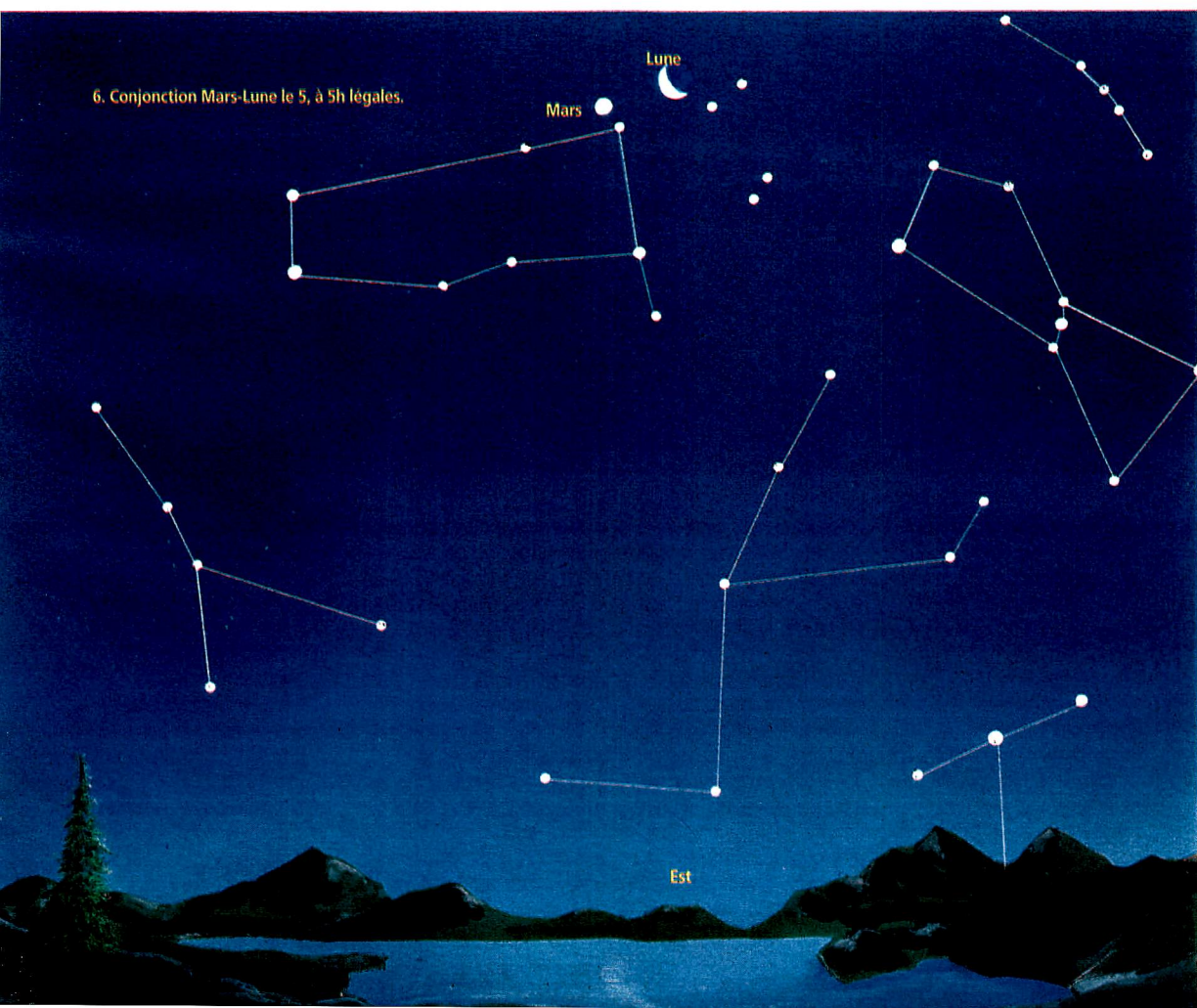
corriger le centrage de temps à autre. Lorsqu'on observe une immersion, l'étoile est alors visible, ou, lors d'une émergence, si l'on a déterminé avec une bonne précision la zone de réapparition, on a intérêt à utiliser un grossissement d'une centaine de fois ou plus, ne montrant pas la Lune en entier. L'observation sera plus précise et, en raison du grossissement, la Lune moins éblouissante. Dans les autres cas, on emploiera un oculaire donnant une vision globale de la Lune pour surveiller tous les endroits possibles.

A titre d'entraînement, nous proposons ce mois-ci l'observation de deux occultations. Il

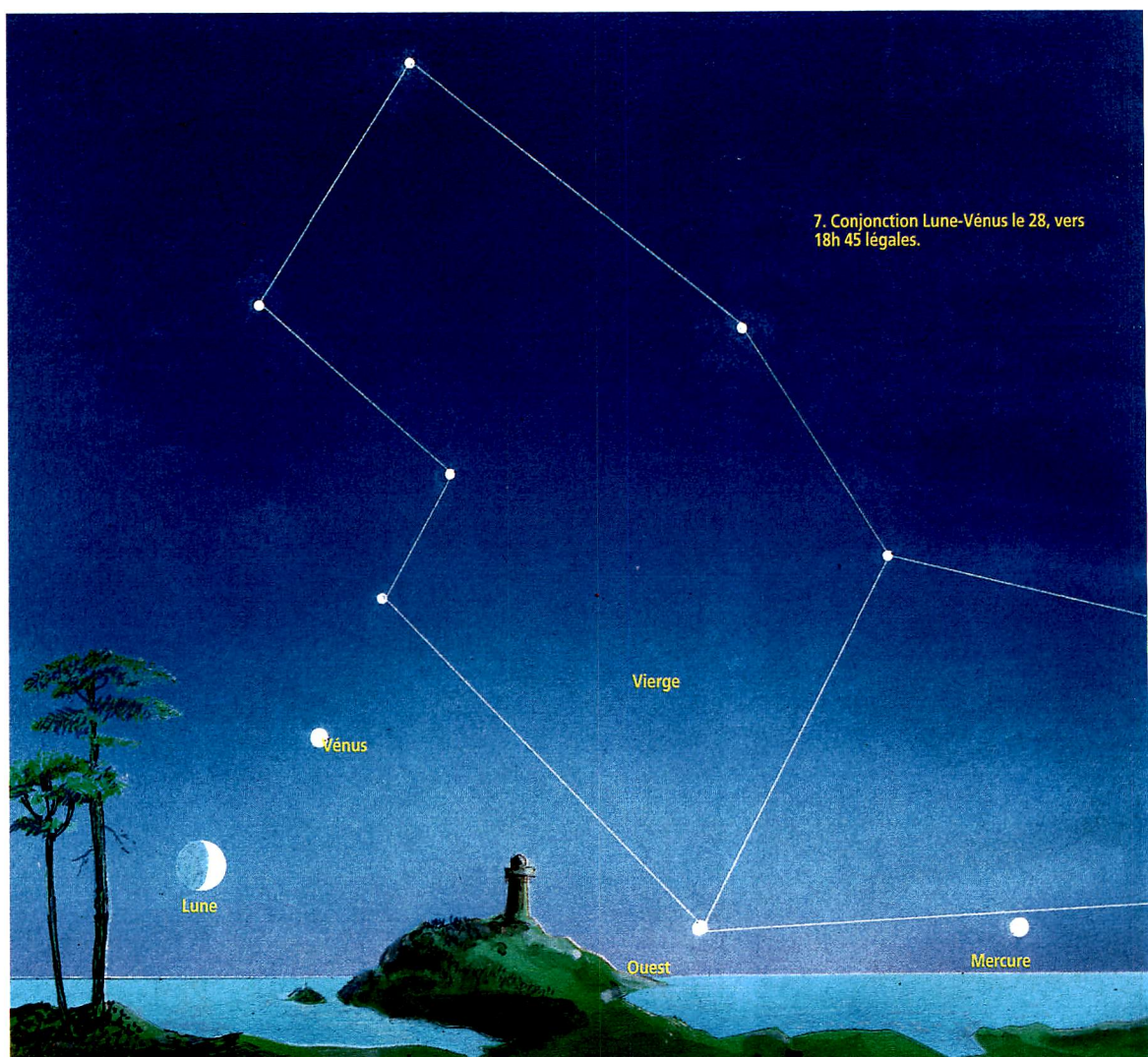
s'agit, dans un premier temps, de se familiariser avec le phénomène ; nous verrons dans un prochain article comment calculer les heures pour un lieu d'observation et comment mesurer l'heure réelle lors de l'observation.

● Première occultation (**figure 1**) : l'étoile 37 du Taureau, magnitude 4,5, le 17. L'immersion a lieu au bord éclairé. Les heures prévues sont les suivantes :

- à Paris, immersion : 23 h 34 ; émergence : 0 h 37 (le 18) ;
- à Bordeaux, immersion : 23 h 27 ; émergence : 0 h 27 (le 18) ;
- à Nice, immersion : 23 h 32 ; émergence : 0 h 27 (le 18).







● Deuxième occultation (**figure 2**) : l'étoile Dzéta des Gémeaux, magnitude 3,9, le 21 :  
 – à Paris, immersion : 1 h 11 ;  
 émergence : 2 h 04 ;  
 – à Bordeaux, immersion : 1 h 05 ;  
 émergence : 2 h ;  
 – à Nice, immersion : 1 h 03 ;  
 émergence : 2 h 04.

Les heures sont indiquées en temps universel ; il convient d'ajouter deux heures pour avoir l'heure légale. Bien entendu, il faudra commencer l'observation largement avant. Bonnes occultations !

#### Les rendez-vous du mois.

La Lune est en premier quartier début de septembre et c'est la période idéale pour observer ses reliefs, ainsi qu'aux alentours du dernier quartier, qui a lieu le 19. La lumière cendrée est visible le matin, du 20 au 24.

Les planètes Mercure et Jupiter sont, ce mois-ci, en conjonction supérieure avec le Soleil et donc inobservables. Vénus redevient visible en fin de mois dans le crépuscule du soir ; elle se couche environ une heure après celui-ci.

Mars passe du Taureau aux Gémeaux et est observable à partir de minuit. A noter que le 16 la Planète rouge se trouve à proximité de l'amas M 35.

Saturne, Uranus et Neptune sont bien visibles en soirée et jusqu'au milieu de la nuit.

Les conjonctions intéressantes sont les suivantes :

Le 6, vers 22 heures légales, Neptune est à moins d'un degré au sud de la Lune. L'étoile Pi du Sagittaire ainsi que Uranus sont à proximité (**figure 3**).

Le 10, conjonction Lune-Saturne, à suivre vers 2 h, sur l'horizon sud-ouest (**figure 4**). Le 19, dès le coucher du Soleil, Vénus est en conjonction avec Spica de la Vierge (**figure 5**). A observer aux jumelles.

C'est au tour de Mars de recevoir la visite de la Lune, au petit matin du 20, plein est (**figure 6**).

Enfin, le mois se termine avec une belle conjonction Lune, en fin croissant, et Vénus, le 28 vers 18 h 45 (**figure 7**).

Yves Delaie





# 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 pour la sélection française un 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 décembre. Puis, avant le 15 mars 1993, 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 projet et la cohérence de votre démarche. La sélection française aura lieu en juin et la remise des prix au niveau européen aura lieu en octobre 1993 à Bruxelles.

Parmi les prix, des chèques de 5 000 ECU, des abonnements annuels sur **AIR INTER**, des stages en laboratoire et la possibilité de faire avancer vos idées avec des savants de renommée internationale

avec

**AIR INTER**

**SCIENCE  
& VIE**

**SCIENCE & VIE  
JUNIOR**

Avec la participation des organismes scientifiques nationaux :  
l'INSERM, l'IFREMER...

## QUELQUES EXEMPLES DE PROJETS PRIMES

Ce concours a lieu chaque année depuis quatre ans mais c'est la première fois que la France y participe. Parmi les projets primés, citons une station d'observation des météorites, une étude sur la migration d'une algue marine, une autre sur la qualité de l'eau potable, un logiciel de traduction de texte en braille, etc...

Et maintenant, à vous de jouer !



## DEMANDE DE DOSSIER DE CANDIDATURE

à retourner sous enveloppe affranchie avant le 31 décembre 1992 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 : \_\_\_\_\_



# ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

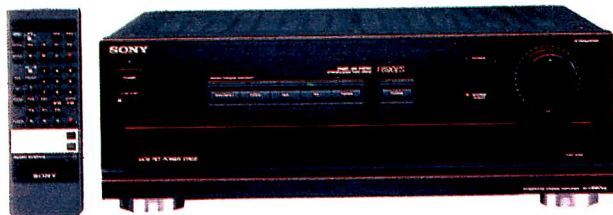
## SON

### Un ampli haute musicalité

**A** l'intention des mélomanes exigeants, Sony lance ce mois-ci l'amplificateur stéréophonique TA-F690 ES, modèle aux normes haute-fi-

délité de classe A (la plus sévère). Equipé de composants MOS-FET, il délivre une puissance de 105 W par canal sur 8 ohms et à 1 kHz. Les circuits

ont été conçus pour réduire au minimum le parcours du signal audio et diminuer ainsi sa dégradation. En définitive, cet amplificateur produit une réponse pratiquement sans distorsion sur tout le spectre audible (taux : 0,005 %), avec un rapport signal / bruit atteignant 95 dB pour la partie "phono" et 105 dB pour les entrées "tuner", "CD" et "magnétophone".



## VIDÉO

### Disques compacts pour sonoriser vos films

**A** l'intention des utilisateurs de caméscopes, la firme allemande Harna distribue une collection de disques compacts "CD Vidéaste" pour sonoriser leurs prises de vues. Contrairement aux disques compacts habituels, ceux-ci ne sont pas soumis aux droits de reproduction (à l'exception des volumes 1 et 2 intitulés : *les Bons Moments de la vie* et *le Temps des loisirs*). Ils peuvent donc être exploités et diffusés par qui-conque et en tous lieux.

Parmi les premiers titres : *les Musiques et Bruitages de l'été*, *En route vers les mondes* et *Urgences*. Tous sont du type DDD, c'est-à-dire enregistrés en numérique, instrumentés par instrument, traités par mixage numérique pour composer la bande son et pressés en numérique sur disque compact.

Prix : 129 F le disque.



## ACTUALITÉ

### Jouez aux échecs à 500

**D**igimédia permet à un nombre presque illimité de personnes de participer à la même action. Par exemple,

dans un tournoi d'échecs, 500 personnes peuvent jouer simultanément. Le principe est le suivant : un ordinateur PC ou

compatible, équipé du logiciel Digimédia, est relié, via un "concentrateur" et un câble, à des boîtiers (de 10 à 2 000) par un réseau en étoile. Chaque boîtier est doté de 16 touches et contient un programme en mémoire morte plus un logiciel. Dans le cas du jeu d'échecs, chaque participant joue un coup en appuyant sur les touches de son boîtier. Les coups sont analysés par l'ordinateur (temps de réponse inférieur à 2 secondes) qui transmet sur un écran les résultats sous forme d'histogramme, de camembert ou autre. Les applications les plus courantes sont des jeux collectifs, des conférences, des votes électroniques, des télésondages, etc. Ce système peut se louer à partir de 20 000 F. Chez Digimédia, 7 avenue de la Paix, 92190 Meudon. Tél. : 1 45 34 99 99.





## PHOTO

# Un reflex pour l'astrophotographie

Pour la photo astronomique, il est nécessaire de disposer d'un appareil capable d'assurer des poses longues se chiffrant en minutes, voire en heures. L'idéal est donc un boîtier disposant d'un obturateur mécanique avec possibilité de pose B (en un temps) ou T (en deux temps). L'Olympus OM 1, qui avait cette caractéristique, a disparu du marché. Le Leica R 6-2 remplit aussi cette fonction, mais son prix est plus de dix fois plus élevé que celui de

l'Olympus. Ce qui a conduit la Maison de l'Astronomie, à Paris, à rechercher un autre modèle et à proposer un reflex 24 x 36, Vixen VX-1, nettement moins coûteux : 1 770 F.

Doté d'un obturateur mécanique (1 s à 1/2 000 s et pose B) et d'une cellule située dans la visée reflex, il possède un verrouillage des circuits mécaniques et électroniques, et un verre de visée spécial pour l'astrophotographie, avec un champ clair et un dépoli cen-



tral fin. Un viseur grossissant deux fois existe en option. Ces caractéristiques font aussi du Vixen VX-1 un reflex adapté à la photomicrographie (la

photo sur microscope, demandant aussi des poses longues). Le boîtier reçoit des objectifs interchangeables en monture à baïonnette K Pentax.

## OPTIQUE

# Un objectif pour la photo en relief

Système original de photo stéréoscopique, le Q-DOS de Vivitar fait appel à un objectif classique (un zoom 2,8-4 de 70-210 mm) adaptable à la plupart des reflex 24 x 36. Cet objectif est muni intérieurement d'un couple de filtres dichroïques rouge-cyan assurant la sélection chromatique de deux demi-images. Ce jeu de filtres est escamotable par un simple levier afin de permettre l'utilisation de l'objectif

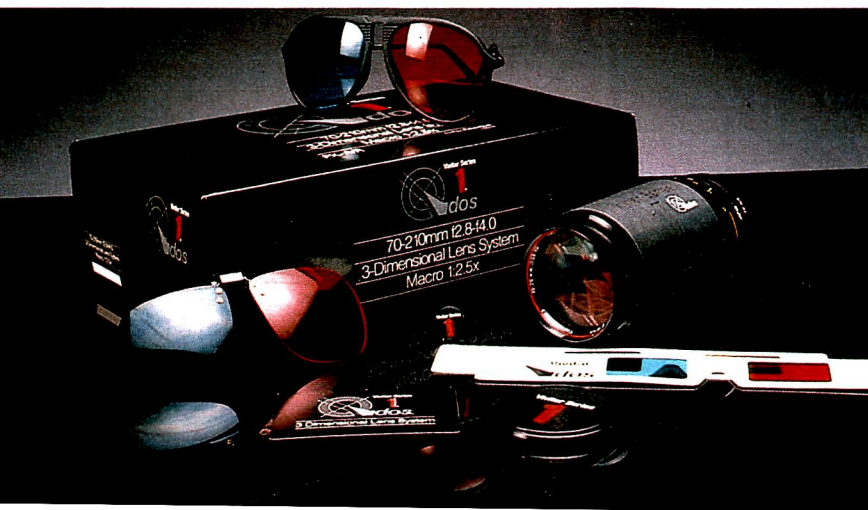
pour la photographie ordinaire en deux dimensions.

Dans le principe, chaque filtre coloré intercepte la moitié du faisceau lumineux capté par l'objectif, les deux filtres étant jointifs au niveau de l'axe optique. C'est un peu comme si l'on utilisait deux objectifs distincts, l'un filtré en rouge, l'autre en cyan, sauf qu'ici on filtre deux demi-objets. Ces filtres établissent une discrimination entre les longueurs

d'onde plus courtes que 400 nm (cyan), et plus longues que 700 nm (rouge) ; mais pour éviter d'obtenir un étagement des plans "tranché au couteau", Vivitar a astucieusement utilisé des filtres à large bande, au lieu de filtres très sélectifs à bande étroite. Le filtre rouge laisse ainsi passer un peu de bleu, et le rouge est visible à travers le cyan.

Sur un film en couleurs, l'image du sujet principal se

traduit par des composantes rouge/cyan superposées, non décalées. Les images des objets situés en dehors de la zone de netteté se traduisent par des tâches lumineuses rouge et cyan. On obtient ainsi deux images distinctes de l'ensemble du sujet, très légèrement décalées l'une par rapport à l'autre, le point d'équilibre se situant sur le sujet net. À l'œil nu, le décalage ne se remarque pratiquement pas, ce qui permet d'observer une image bi-dimensionnelle tout à fait satisfaisante. L'emploi de lunettes comportant deux verres colorés identiques aux filtres de l'objectif permet de restituer la sensation de relief. Seule limitation du système : le cadrage doit être obligatoirement horizontal, car les filtres sont placés de part et d'autre d'une coupure verticale. Pour obtenir un effet de relief suffisant, il est indispensable que le diaphragme soit le plus ouvert possible. Prix du zoom Vivitar : 2 590 F.



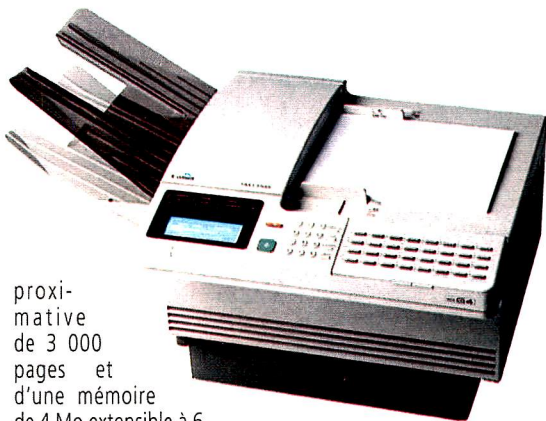


## TÉLÉCOMS

## Un fax pour le réseau Numéris

Le réseau Numéris, qui permet de transporter des informations (sons, données, images) avec un débit environ dix fois supérieur au réseau téléphonique classique, ouvre la voie à de nouveaux produits comme le FAX-L 3300i, le dernier télécopieur de Canon. Modèle à impression laser sur papier ordinaire, cet appareil est en effet équipé de la prise S de raccordement au réseau Numéris. Il permet la transmission d'un document en 4 secondes. Le télécopieur possède d'autres fonctions no-

tables : 3 modes de résolution utilisables selon la finesse et la précision graphique du document ; 3 modes d'analyse pour la restitution des nuances (texte, photo avec 64 nuances de gris, photo/texte) ; système UHQ (Ultra Haute Qualité) propre à Canon et destiné à l'amélioration de la qualité du document quelle que soit la marque du télécopieur récepteur. Par ailleurs, le L 3300i est équipé d'une imprimante laser Canon 4 pages/minute avec cartouche d'encre d'une autonomie ap-



proximative de 3 000 pages et d'une mémoire de 4 Mo extensible à 6 ou 8 Mo (environ 140 pages).

## AUDIOVISUEL

## Ecrans géants en vidéo

Pour l'équipement de petites salles de conférences,

de formation professionnelle ou d'enseignement, Mitsubi-

shi a conçu trois moniteurs vidéo dotés d'écrans de 72,

84 et 95 cm. Polyvalents, ces appareils peuvent être raccordés à un système vidéo ou informatique.

En configuration informatique, le système Autoscan, qui équipe ces moniteurs, permet leur réglage automatique sur tous les signaux compris dans la plage 15,6 - 36 kHz. Par ailleurs, les 3 modèles sont compatibles avec les cartes graphiques PC en mode VGA, EGA, CGA, MDA et avec les cartes Apple Macintosh. Les écrans couleur EUM 2951E (72 cm) et EUM 3351E (84 cm) produisent une image de grande résolution (640 points x 480 lignes en entrée RVB et 500 points x 350 lignes en TV.) Quant à l'EUM 3741E, nommé "Jumbo", il est équipé d'un tube cathodique de 95 cm d'une résolution élevée (plus de 600 lignes en mode TV-véo, 640 points x 480 lignes en RVB). L'ensemble des fonctions est piloté par un microprocesseur.





## TÉLÉCOMS

### Le télex des voyageurs

Communiquer des sommets de l'Himalaya aux brousses du Kenya, en haute mer comme dans le désert : c'est aujourd'hui possible en emportant dans ses bagages la plus petite station du monde (fabriquée par la socié-

té norvégienne ABB NERA) assurant la transmission par télex, fax ou Minitel, ainsi que par le réseau Atlas 400 via le satellite Inmarsat C. La transmission dure une minute, jour et nuit, quelles que soient les conditions.



▲ **A l'occasion des jeux Olympiques de Barcelone**, Philips a confirmé que la commercialisation de ses téléviseurs HD-MAC 1250 lignes pour la télévision à haute définition se fera en 1994, soit avec une avance d'une année. Ces téléviseurs recevront des programmes provenant de satellites de moyenne et faible puissance (alors qu'ils furent d'abord conçus pour des satellites de forte puissance comme TDF 1). Des essais faits au début de l'été avec ASTRA et Télécom 2A ont montré que cela était possible. Les modifications concernant les récepteurs commerciaux sont actuellement en cours d'intégration.

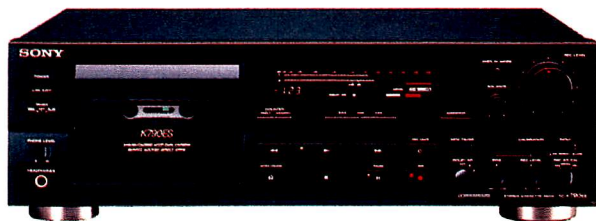
## SON

### Un magnétophone anti-vibrations

Dernier-né de la gamme des magnétophones à cassettes Sony, le modèle TC-K 790 ES possède des qualités exceptionnelles qui procèdent de sa construction robuste. En particulier, les trois têtes (lecture, enregistrement et effacement) sont fabriquées dans un matériau spécial, très résistant, dit "Super Densité". Cet appareil est conçu pour réduire au minimum la distorsion sonore. Ainsi est-il doté d'un stabilisateur en céramique qui maintient la cassette et limite les vibrations à la lecture et à l'enre-

gistement. Le transport de la bande magnétique s'opère par double cabestan. Cet appareil est, bien sûr, doté des Dolby B et C, ainsi que du système HX PRO atténuant le sifflement dans les hautes fréquences ; il comporte également un filtre

multiplex pour supprimer les interférences lors d'enregistrements d'émissions FM. La réponse en fréquences du TC-K 790 ES est de 20 - 19 000 Hz avec un rapport signal/bruit de 59 dB et des fluctuations de vitesse de bande de 0,07 %.



## PHOTO

### Flash sur un panoramique

La gamme des appareils Fuji utilisables une seule fois (parfois appelés "jetables"), s'est agrandie d'un modèle panoramique doté d'un flash : le Quicksnap Panorama Flash. Contenant un film Fujicolor 400, il est doté d'un objectif 11/25 mm, d'une vitesse d'un centième de seconde et donne des images 13 x 36 mm sur le film. Poids : 148 g. Prix : 150 F.



## SON

### Des tout petits blocs-notes magnétiques

Le n° 1 français de l'audiovisuel et des télécommunications, Thomson, se lance sur le marché des mini-magnétophones à usage de bloc-notes, avec quatre modèles ayant sensiblement les dimensions de deux paquets de cigarettes. Deux reçoivent des cassettes compactes standard (Thomson DK 5353, prix : 290 F et DK 5366, prix : 390 F), les deux autres fonctionnant avec des micro-cassettes (Thomson DK 5376, prix : 490 F et DK 5370, prix : 390 F).

Tous sont équipés d'un mi-

crophone incorporé, d'une prise pour écouteur, de l'entraînement automatique et d'un réglage de volume. Les appareils DK 5370 et 5366 autorisent en outre le déclenchement automatique à la voix. Un

écran d'affichage à cristaux liquides et une prise pour microphone autonome complètent le modèle DK 5376. Enfin, les enregistreurs DK 5353 et 5376 sont utilisables à deux vitesses de défilement de bande.





## 1 DES ALLUMETTES ÉCOLOGIQUES

0,70 F et 3,00 F, dans  
les bureaux de tabac  
et grandes surfaces



**1** Le vert est à la mode, même les allumettes s'en habillent. La Seita fabrique désormais des allumettes dites "écologiques", dont le bouton (l'extrémité inflammable) est vert. Il ne contient plus ni soufre, ni chrome, ni zinc (mais le fabriquant n'en divulgue pas la composition). La tige est en peuplier cultivé, étuvée lors de la fabrication et débarrassée des microbes éventuels. Ces allumettes ne sont pas toxiques et sont totalement biodégradables. Les boîtes, en carton recyclable sans additif, ont été modifiées pour rendre l'allumage moins facile et protéger les enfants. Précisons que le prix de chaque boîte d'allumettes comprend une taxe de 2 centimes, destinée au reboisement nécessaire à la future consommation de bois... d'allumettes.

**2** Destinée en priorité aux voyageurs, la montre Géographique, de Jaeger LeCoultre, est un véritable bijou comportant, outre le cadran principal, quatre cadrans annexes. Un disque mobile, portant le nom de 24 villes du globe situées sur des fuseaux horaires différents, est commandé par un mécanisme qui marque des arrêts sur les villes et entraîne automatiquement les aiguilles sur l'un des cadrans annexes. Cette montre possède un remontage mécanique automatique. Le mouve-

ment du poignet suffit à entraîner l'horlogerie interne. Elle est aussi dotée d'un indicateur de réserve de marche, qui précise au porteur pendant combien de temps la montre continuera à fonctionner si l'on cesse de la porter (la nuit, par exemple).

**3** Divisions, fractions et calculs en général sont souvent difficiles à assimiler par les enfants. Galaxy 9 est une calculatrice, mise au point par Texas Instruments, qui les aide à comprendre et à réaliser les opérations. En effet, se trouvant sur le clavier des touches qui détaillent les 4 opérations, et qui permettent d'assimiler le principe des dizaines, centaines, milliers, les notions de grandeur relative (<, >), les fractions, les racines carrées, les exposants, etc. L'enfant peut tester une opération et la machine affiche soit le résultat, soit un message d'erreur (quinze messages possibles). L'écran est assez large pour afficher huit gros chiffres plus quelques signes tels que les symboles des quatre opérations et les résultats séparés (partie entière et reste) d'une division. Notons son prix modique, qui la rend abordable par tous les utilisateurs.

**4** Les jumelles Nikon sont réputées pour leurs qualités optiques. Le constructeur japonais a conçu deux séries

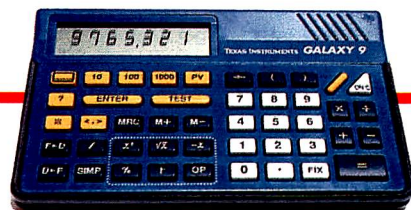
plus particulièrement destinées aux jeunes : les Sporting II, proposées en versions 7 x 35, 8 x 40, 7 x 50 et 10 x 50, et les CF III, disponibles en versions 7 x 20, 9 x 25 et 10 x 25. Toutes possèdent l'essentiel des caractéristiques Nikon : netteté satisfaisante sur tout le champ visuel, observation claire y compris en contre-jour, traitement multicouche des lentilles, gainage en caoutchouc assurant une bonne tenue en main. Les CF III sont particulièrement compactes et légères.

**5** Avec le Quaderno, Olivetti a réalisé le plus petit des micro-ordinateurs compatibles PC (21 x 15 x 3 cm et 1 kg). Cela ne l'empêche pas d'être équipé d'un disque dur de 20 Mo et de comporter, totalement intégré, un dictaphone avec microphone et haut-parleur. Le Quaderno est compatible MS-DOS et autorise le transfert des données d'un ordinateur de bureau. Connecté à un mini-fax ou à un modem, il permet aussi l'envoi de textes. Le logiciel qui l'accompagne comporte plusieurs fonctions : traitement de texte, calculatrice, agenda, répertoire téléphonique, gestionnaire de fichiers, gestion du dictaphone.



## 2 LA GÉOGRAPHIE DANS UNE MONTRE

à partir de  
95 000 F,  
chez Mauboussin,  
20 place  
Vendôme,  
75001 Paris



## 3 LA CALCULETTE QUI ENSEIGNE LES MATHS

100 F environ, dans les Fnac,  
papeteries et grands magasins



## 4 DES JUMELLES POUR LES JEUNES

800 F à 1 000 F (selon le modèle)  
chez les opticiens et  
dans les grands magasins



l'écologie du milieu et des informations sur la faune et la flore. Enfin, pour rendre l'ensemble encore plus réaliste, grenouilles et sauterelles en papier bondissent comme leur modèle vivant.

**6** Même au Japon, pays de l'origami par excellence, aucun éditeur n'avait jusqu'à présent associé l'art du pliage à l'étude naturaliste. C'est chose faite avec la collection "Esprit de papier", des éditions Nouvelle Adresse. Le premier album, consacré à la faune et à la flore des étangs d'Europe, comprend 48 plisages : poissons, amphibiens, reptiles, sauterelles, papillons, sans oublier les nymphéas ou le canard colvert... On y trouve même 6 espèces différentes de coccinelles et un héron. Testés en milieu scolaire, les plisages sont à la portée des 8-12 ans. Une fois montées, les figures peuvent être utilisées pour animer deux décors fournis avec le livre. Epinglées, elles évoquent la collection d'un entomologiste. L'idée est astucieuse et incite l'enfant à retenir le nom, la forme, le dessin et les couleurs des ailes d'un papillon qu'il aura lui-même réalisé. Ce livre contient aussi une introduction à



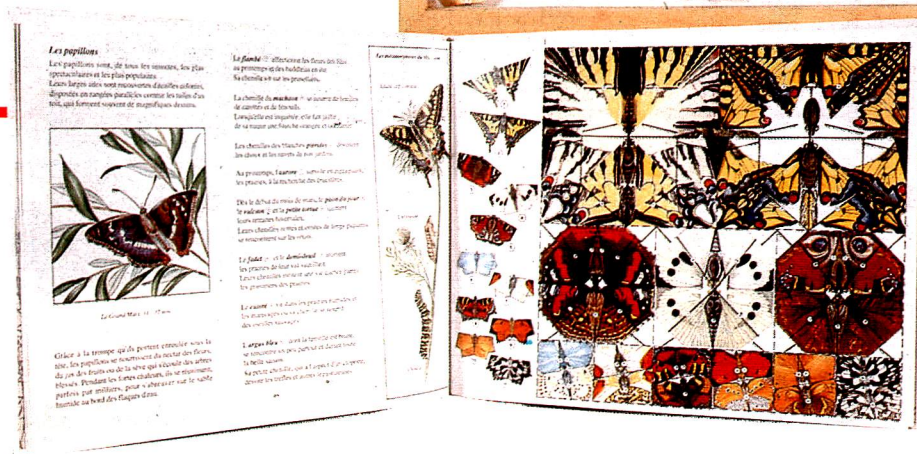
## 5 UN ORDINATEUR-DICTAPHONE QUI TIEN DANS LA MAIN

7 500 F, à la Fnac et dans les magasins  
de micro-informatique



## 6 UN LIVRE À PLIER

97 F et 35 F  
les recharges,  
chez les libraires





**7**  
**CITRONNELLE ANTI-ABOIEMENTS**  
450 F à 600 F, chez Dynavet, 51 rue Chappe,  
63100 Clermont-Ferrand, et chez les  
pharmaciens et vétérinaires



**7** Si les aboiements de votre chien deviennent une nuisance, offrez-lui Aboistop, un collier parfumé... Dans un dispositif de la taille d'une boîte d'allumettes placé sur son collier, un petit microphone détecte le bruit et déclenche une bouffée de citronnelle. Selon le fabricant, ce produit fait cesser les aboiements du chien, occupé à chercher l'origine de l'odeur. Au bout d'un certain temps, se produit un "effet Pavlov", c'est-à-dire qu'il associe aboiement et citronnelle. S'il n'aime pas cette odeur, il se taira. Dans le cas contraire... Aboistop est donc plutôt destiné à des usages occasionnels, en voiture, en cas d'absence du maître, etc. Il a été développé en collaboration avec le ministère de l'Environnement et est certes moins agressif que l'envoi d'électrochocs (colliers utilisés au Japon) ou l'ablation des cordes vocales...

**8** De la taille d'un paquet de cigarettes (11 x 5,5 x 2,3 cm, 180 g), le KX Pocket est un appareil qui donne à tous les micro-ordinateurs, PC/PS, Macintosh et portables, les fonctions minitel, modem ou fax. En tant que tel, ce boîtier se branche sur le terminal. Une fois le fichier ouvert, il est capable

**8**  
**UN VRAI FAX DE POCHÉ**  
De 5 920 F à 7 500 F,  
chez PC  
Forum/Charter,  
48-50 rue Benoît-  
Malon,  
94250 Gentilly



d'en transférer le contenu à très haute vitesse (jusqu'à 9 600 bauds), puisqu'il reconnaît les protocoles de compression de données des modems et des télécopieurs. Branché sur la prise du téléphone, le KX Pocket contient aussi un logiciel lui permettant de mettre un ordinateur en communication avec le minitel. Cet appareil peut fonctionner dans une configuration minimum de 640 Ko sous environnement DOS 3.0, Windows 3.0 ou Macintosh 6.4 et 7. Il dispose d'une autonomie de deux à dix heures et fonctionne sur batterie 9 volts rechargeable.

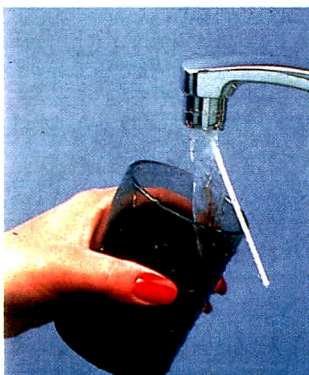
**9** Dans un souci d'économiser l'eau qui coule sans nécessité, Metland France propose Gorodal 2000, un dispositif simple qui se fixe sur tous les robinets à la place du filtre. Il suffit de dévisser ce dernier et de le remplacer par Gorodal. Cet appareil est muni d'un filtre et d'un clapet d'étanchéité relié à une tige rigide. Le robinet étant ouvert, l'eau coule dès que l'on actionne la tige (avec la main ou un verre, par exemple) ; elle s'arrête lorsque la tige reprend sa place. Donc, entre deux usages, l'eau ne coule plus. Astucieux et pas cher.

**10** Pour la première fois, un détecteur sous-marin, l'Eagle 3D, permet de visualiser en 3 dimensions

le fond des océans, les poissons et toute cible en suspension. Emettant trois faisceaux, cette sonde assure une couverture de 60°. A l'aide de son écran haute définition, il présente l'espace exploré en relief. L'Eagle 3D comporte les fonctions zoom, alarme poissons, échelles multiples et suivi de fond automatique. Il est entièrement étanche.

**11** Avec le téléphone PR 500, Philips a voulu mettre à la disposition des automobilistes un modèle portable et compact (220 g le combiné, 1 500 g l'émetteur-récepteur), doté d'un répondeur-enregistreur et d'un maximum de fonctions. L'appareil comporte en effet une télécommande, une alarme extérieure, une mémoire importante (100 numéros et noms) et le rappel des derniers numéros. Il intègre un dispositif "mains libres" pour conduire en toute sécurité. Avec sa batterie, son autonomie est de dix heures. En option : interface pour connexion d'un fax, d'un minitel ou d'un modem.

**12** Prévoyez le temps avant d'aller camper ou de partir en randonnée grâce au Sélène, ordinateur météorologique portable. A l'aide de



**9**  
**PLUS DE ROBINETS GASPILLEURS**  
70 F, chez  
Metland France,  
5 bd de Créteil,  
94100  
Saint-Maur-des-Fossés



**10**  
**UN SONDEUR SOUS-MARIN TROIS DIMENSIONS**  
6 600 F chez TEA,  
4 rue de la Convention,  
75015 PARIS





**11  
UN RÉPONDEUR  
SUR VOTRE  
TÉLÉPHONE  
DE VOITURE**

12 000 F à 15 000 F  
selon la version,  
chez tous les spécialistes  
en téléphonie

capteurs de pression atmosphérique, d'humidité et de chaleur, il analyse les informations reçues, les transcrit sous forme de courbes ou en chiffres sur un petit écran, et permet de prévoir l'évolution des conditions climatiques. Il peut mémoriser jusqu'à huit enregistrements de ces données ou les fournir à la demande, avec la date et l'heure. Sélène peut enregistrer des températures de  $-5^{\circ}\text{C}$  à  $+45^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ), une humidité relative de 0 % à 100 % ( $\pm 2\%$ ), et une pression atmosphérique de 960 à 1060 hPa ( $\pm 1\text{ hPa}$ ). Toutes ces données peuvent renseigner également sur l'état d'un appartement, d'une cave, etc. Cet appareil compact (1,5 kg, 261 x 186 x 40 mm) est doté d'un écran inclinable à cristaux liquides (64 x 100 pixels). Il fonctionne sur piles.



**12  
CONNAÎTRE LA PLUIE  
ET LE BEAU TEMPS**

5 100 F à 5 400 F, chez  
Jules Richard Instruments S.A.,  
116 quai de Bezons,  
95101 Argenteuil Cedex

**13** Pour transformer de vieux journaux en papier à lettres original, Nature et Découvertes présente Paper Maker de Galt Toys. Cet ensemble permet de fabriquer en sept étapes faciles papier et enveloppes en couleur. Il se compose d'une bouteille graduée (qui sert à transformer les vieux papiers en pâte, en les mélangeant avec de l'eau), de colorants, d'un moule avec un tamis, de pinces, de plaques servant de presse et d'une colle pour imperméabiliser le papier une fois sec. La pâte à papier fabriquée au début des opérations est débarrassée de son eau, pressée puis séchée (compter environ dix heures) pour former une feuille. Une fois imperméabilisée, on peut écrire ou peindre dessus. Ce coffret permet de recycler à l'infini toutes sortes de papiers et cartons.

▲ Les échos de cette rubrique ont été réalisés par Roger Bellone, Christine Mercier, Pierre Courbier et Paule Sully.

**13  
FAITES VOTRE PAPIER**

275 F, chez Nature  
et Découvertes,  
Forum des Halles,  
75002 Paris





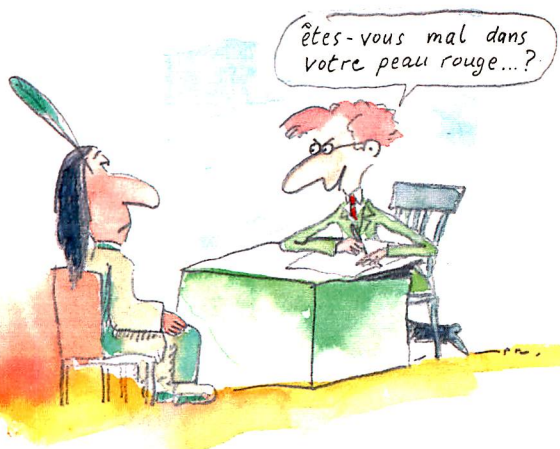
## LES FOLIES DU RECRUTEMENT

(suite de la page 109)

Namara (ancien président de Ford et de la Banque mondiale) selon laquelle le management est l'art des arts, car c'est l'art d'organiser le talent, on peut avancer que le recrutement est l'art de détecter ce talent.

Fort peu d'entreprises françaises ont une approche aussi globale, s'inscrivant dans un management moderne. Faut-il y voir la raison qui conduit un grand nombre d'entre elles à confier leurs recrutements à des conseils extérieurs, souvent extrêmement jeunes, sans aucune formation au recrutement et sans expérience de l'entreprise ? Le recours à un conseil extérieur peut être, parfois, nécessaire. Et il ne peut être efficace que si l'entreprise sait bien ce qu'elle veut. Mais il y a fort à parier que, dans la réalité, l'importance du rôle du cabinet de recrutement varie en raison inverse de la capacité de l'entreprise à poser et maîtriser son problème de recrutement. Et le cabinet n'a pratiquement aucun moyen de mettre au jour les non-dits d'un problème mal posé. D'ailleurs, ne peut-on soutenir qu'un conseil extérieur qui essaierait avec insistance de percer à jour les intentions profondes de son entreprise cliente se ferait rejeter par elle ?

**Est-il donc impossible de tester une personnalité ?**  
C'est que, pour le faire, il faudrait que chacun eût une personnalité immuable en toutes situations.



C'est ce que l'on croyait dans l'Antiquité, et c'est ainsi qu'un auteur grec, Xénophon, traçait le portrait idéal du chef (aujourd'hui on dirait manager). Or, dès qu'on s'avisa (dans les années 30) d'appliquer la science du comportement au management des entreprises, cette théorie "immobiliste" s'effondra. Dans le recrutement, son ineptie est d'autant plus flagrante que beaucoup de demandeurs d'emploi ont une personnalité déstructurée du fait de leur chômage. Celui-ci est généralement vécu comme un traumatisme et ses conséquences sont innombrables : difficultés financières, problèmes relationnels avec l'entourage (40 % des cadres au chômage depuis plus de six mois divorcent, alors que la durée moyenne du chômage est d'une année environ), sentiment d'exclusion, érosion de l'identité et conflit dans l'image de soi. Il est donc vain de tester

## LES CANDIDATS OUBLIÉS ?

**D**e nombreux ouvrages sont publiés, qui prétendent donner des recettes pour trouver un emploi. Mais rarement des travaux de recherche approfondis se sont intéressés aux candidats et à leurs difficultés à trouver un travail. En France, cette lacune commence à être comblée grâce, notamment, au rapport du Pr Lyon-Caen (voir l'article). La rencontre de ce dernier avec Vincent Frézal, l'auteur de cet article, s'effectua dans le cadre d'une recherche internationale en management (dont l'un des volets s'attaque à cette question souvent douloureuse), dirigée par ce dernier, entreprise au sein du Management Research Institute, dirigé par le professeur Luckenarain, attaché à une université américaine, The International Univer-

sity, présidée par le Pr John W. Johnston. The International University a été créée en 1973 par des consultants et universitaires américains ayant généralement effectué leurs études dans les universités appartenant au groupe des vingt meilleures universités américaines (Stanford, Cornell, Harvard, etc.). Elle publie ses travaux en particulier à la célèbre librairie du Congrès américain. Cette recherche managériale, conduite notamment par approche ethnométhodologique, est menée en collaboration avec différents organismes, notamment avec Physa, société de formation dirigée par Philippe Larvaron et Isabelle Dechambre et l'Institut de la communication sociale (ICOS), présidé par Michel Le Net, haut

fonctionnaire, directeur de recherches en analyse socio-économique à l'Ecole nationale des ponts et chaussées, et président du cercle d'éthique des affaires. L'ethnométhodologie est l'une des très grandes écoles de sociologie américaine fondée par H. Garfinkel qui, après avoir fait ses études à l'université Harvard, fut professeur à UCLA (University of California Los Angeles) de 1954 à 1989. L'ICOS fut fondé en 1983, notamment par Michel Le Net (à l'époque délégué général du Centre de recherche sur l'information et la communication de la Sorbonne) et Armand Morgenstern, directeur des études et de la recherche de Publicis et actuellement directeur de la recherche fondamentale du Groupe Carat-Espace. Parmi les

réalisations de l'ICOS, on peut citer un livre blanc sur la communication sociale remis au Premier ministre Pierre Mauroy, un symposium international sur la communication politique (1985) placé sous l'égide de l'UNESCO et un symposium international sur l'éthique des affaires (1989) auquel participait Jean-Pierre Soisson, ministre du Travail et duquel est né le Cercle d'éthique des affaires, placé sous l'égide de l'Ecole des hautes études commerciales (HEC), de l'Ecole des hautes études en sciences sociales (EHESS), de l'Ecole nationale des ponts et chaussées (ENPC), de l'Association nationale des directeurs et cadres de la fonction personnel Ile-de-France, etc. Il est domicilié à l'Ecole nationale des ponts et chaussées.



un candidat inévitablement "mal dans sa peau" et il est malsain d'aller fourrager dans ses problèmes en violant son intimité. Quant à lui demander de s'auto-évaluer, c'est de la perversion.

Par ailleurs, il faut se défaire de la notion selon laquelle "personnalité" égale "aptitudes" ou "compétences". Si l'on peut bien définir les aptitudes requises pour un travail, on ne peut inférer les traits de personnalité nécessaires. De même qu'il y a des plombiers coléreux et d'autres flegmatiques, il y a des chefs d'entreprise patients et d'autres, impulsifs. Dans le recrutement, les méthodes d'évaluation de la personnalité n'ont aucune valeur scientifique.

Le rapport Lyon-Caen pose, pour la première fois, ces problèmes sur la place publique. Il encourage les candidats qui n'auraient pas été choisis et qui contesteraient la procédure suivie, à fonder avec d'autres candidats rejetés des associations qui feraient pression sur le recruteur pour que celui-ci recommence la procédure d'embauche. Son constat est sévère et clair : cette situation ne peut durer. Certes, l'association Référence prétend déjà moraliser le recrutement. Mais son président, Serge Vandaele, directeur du recrutement du Crédit lyonnais, reconnaissait dans les colonnes du magazine américain *Across The Board*, en décembre 1991, qu'il utilise régulièrement la graphologie lors des recrutements qu'il effectue pour cette banque.

On parle beaucoup, ces temps-ci, de déontologie ; or, si celle-ci consiste d'abord à respecter le droit, elle doit aussi, et bien davantage, respecter les hommes et avoir le souci de l'intérêt de l'entreprise. Seules peuvent être mises en œuvre les méthodes de recrutement qui, répondant à ces critères, prouvent leur validité sur le plan scientifique. Ces méthodes existent (voir encadré p. 104), il suffit de les appliquer ; elles permettraient d'évaluer les aptitudes et compétences en rapport avec la fonction à pourvoir. C'est de cela que l'entreprise a besoin, et c'est uniquement à cela qu'elle peut espérer trouver une réponse.

Enfin, ces méthodes saines impliquent que le recrutement soit considéré comme ce qu'il est en réalité : une responsabilité managériale majeure, qui doit être prise en charge dans l'entreprise par une équipe pluridisciplinaire, avec le même sérieux que celui auquel on est habitué dans d'autres domaines. Jamais les entreprises n'accepteraient d'agir, dans leurs relations commerciales, par exemple, comme elles le font trop souvent dans le recrutement de leurs cadres.

Tandis que le chômage s'étend et frappe de plus en plus lourdement les cadres, tandis que les entreprises se plaignent de la démobilité de ceux-ci, il est temps que le scandale du recrutement cesse.

**Vincent Frézal**

## DECOUVREZ LE CATALOGUE DE L'OUTILLAGE CREATIF



Pour ceux et celles qui ont des idées au bout des doigts : bricoleurs, modélistes, passionnés de micro-mécanique...

Voici le nouveau Catalogue TEC'LOISIRS !

**Tec Loisirs**  
L'outillage créatif

1, rue Lamartine 67460 SOUFFELWEYERSHEIM

Veuillez m'envoyer gratuitement le nouveau catalogue TEC'LOISIRS

S.V. 992

Nom .....  
Prénom .....  
Adresse complète .....  
.....Tél. ....

## LA CULTURE GENERALE clé de votre réussite aujourd'hui !

Oui, dans toutes vos relations, pour tous les emplois, on vous jugera sur votre culture. Votre réussite professionnelle et personnelle en dépendent.

Oui, grâce à la Méthode de Culture Générale de l'ICF, claire et pratique, vous pouvez en quelques mois compléter vos bases, acquérir plus de confiance et une bien meilleure aisance, affirmer votre personnalité et être à l'aise dans tous les milieux..

20 cours (Arts, littératures, droit, philosophie, économie, sciences, politique, etc...). Le parcours santé de l'équilibre et de la réussite., accessible à tous.

Documentation gratuite à : Institut Culturel Français, Service 7216, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63



### BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7216  
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom : .....

Adresse : .....



## LA FAUTE À LA SCIENCE ?

(suite de la page 27)

qu'une solution à un problème particulier est offerte, à étudier, rationnellement, ses conséquences sur les conditions de vie partout sur Terre. Est-ce donc utopique ?

Que nous ayons des croyances contradictoires, des égoïsmes locaux, ne devrait pas, dans cette Babel de civilisation, empêcher la lucidité. La peur, au moins, pourrait unir les hommes. La méthode scientifique, un regard rationnel sur les problèmes formidables qui nous font face, constituent la seule méthode unificatrice possible, la seule qui puisse éviter les conflits, les écoles, les égoïsmes, les nationalismes, les fanatismes.

André Gide disait : «Nathanaël, je t'enseignerai la ferveur !». La ferveur certes, le dévouement à des causes multiples, toutes nobles, des ours aux arbres, des baleines aux ruisseaux, de l'air pur à un océan vivant, des misères des affamés aux drames des batailles pour un drapeau... Mais, avant tout cela, et conditionnant tout cela, comme nous avons besoin d'apprendre la lucidité ! Sinon, ce serait à terme une sorte de retour à l'homme sauvage, et dans ce qu'il aurait de pire dans une telle régression.

**Jean Claude Pecker**

### BIBLIOGRAPHIE

La littérature sur les problèmes traités dans cet article est devenue très abondante. On trouvera, à la suite des notes ci-dessous, se référant aux auteurs cités dans le texte, une liste d'autres ouvrages, ou fascicules de revue, traitant des questions souvent aiguës posées par les relations difficiles entre la science et la société.

- (1) Jean Dhombres, dans *Impact, science et société* n° 15, 1988, "Images de la science, sa perception par le public", pp. 215-223.
- (2) Michel Henry, *la Barbarie*, Grasset, Paris, 1987, pp. 35-36.
- (3) *L'Avenir de la science*, ouvrage collectif, Plon, Paris, 1942 (articles de L. de Broglie, R.P. Sertillanges, Daniel-Rops, etc.).
- (4) *Science et conscience* (le colloque de Cordoue).
- (5) S. Kapitza, *Scientific American*, 265, août 1991, pp. 32-38.
- (6) Sur la précession des équinoxes, et les symbolismes des signes associés à des constellations, lire F. Lequèvre, *Astrologie, science, art ou imposture ?*, l'Horizon chimérique, Bordeaux 1991 ; et sur le "Nouvel Âge", M. Genève, *Bientôt l'âge d'or*, juin 1992, Bulletin du CCMM, 19 rue Turgot, 75009 Paris (CCMM : Comité contre les manipulations mentales).
- (7) Paul Feyerabend, *Contre la méthode*, Le Seuil, coll. Science ouverte, 1979.
- (8) Thomas Kuhn, *la Structure des révolutions scientifiques* (seconde édition, en anglais, 1970, traduite en français), Flammarion, 1983, coll. Champs.
- (9) Francis Fukuyama, *la Fin de l'histoire et le dernier homme*, 1992, traduction française, Flammarion, Paris.
- (10) Bryan Appleyard, *Understanding the Present*, Picador, Pan McMillan Ltd, 1992, London.

(11) Mary Midgley, *Science as Salvation*, Routledge, London, 1992.

(12) "Does Science Leave Room for Soul ?" (éditorial non signé), *Nature*, 356, 30 avril 1992. Lire aussi : "Science vs Soul" (éditorial non signé), *Physics World* de mai 1992 ; et Brian Pippard, "Counsel of Despair", *Nature*, 357, 7 mai 1992.

(13) *Le Monde diplomatique*, collection Manière de voir, n° 15 : *l'Homme en danger de science ?* (articles de I. Ramonet, J. Decernay, B. Cassen, et de nombreux autres auteurs).

(14) *Appel de Heidelberg*, édité par M. Salomon, 10 av. de Messine, 75008 Paris, version diffusée à la presse le 2 juin 1992, rédigée à Heidelberg le 14 avril 1992 (seule la version anglaise fait foi). Voir *le Figaro*, 1<sup>er</sup> juin 1992.

(15) A l'appui de l'appel d'Heidelberg, on notera les articles suivants parus dans *Libération* : 12 juin 1992, J.C. Pecker, "Pourquoi j'ai signé l'appel d'Heidelberg" ; 14 juin, Claude Allègre, "Heidelberg : un cri d'alarme".

(16) Contre l'Appel d'Heidelberg, on notera, dans *Libération* du 12 juin : de C. Béaud, M. Béaud, B. Dessus, et F. Pharabod, "Les nouveaux inquisiteurs" ; d'Axel Kahn, "La science pour l'écologie", et d'A. Langaney, "La cécité absolue d'une bande d'autruches" ; dans *Libération* du 14 juin, de Jacques Robin, "Des scientifiques en mal d'écologie". Les mêmes numéros de *Libération* contenaient une analyse éditoriale des problèmes posés, notamment sous la signature de D. Leglu. Les numéros du *Monde* (3 juin, 12 juin) du *Figaro* (1<sup>er</sup> juin, 4 juin), des *Echos* (2 juin) ont consacré des colonnes à l'événement, à ses conséquences, aux arguments des deux bords, et des auteurs représentatifs ont eu l'occasion d'exprimer leur point de vue (Ségolène Royal, Jean-Marie Lehn...)

(17) Evry Schatzman, *la Science menacée*, Odile Jacob, 1989, Paris.

(18) Jean Gimpel, *la Fin de l'avenir*, Le Seuil, coll. Science ouverte, 1992.

Enfin, l'auteur attire l'attention sur les ouvrages ci-après (parmi une considérable bibliographie) :

- *Impact, science et société*, Unesco, Ed. n° 151 : "Images de la Science : sa perception par le public" (articles de J. Dhombres, P. Pockley, R.G. Calvora, A.O. Urevbu, G. Kröber, R.N. Khan) 1988.

- Raison présente. *Questions à la science*, N. éd. Rat., 97, 1991 (articles de B. d'Espagnat, E. Schatzman, D. Janicaud, G. Verroust, F. Dagognet, G. Haarscher, G.C. Granger, H. Atlan).

- *Fundamenta scientiae*, Pergamon, Oxford, 1987, "Mythes et réalités de l'activité scientifique" (articles de G. Simon, J.M. Vienne, éditeurs, de G. Simon, R. Thom, W. Newton-Smith, W. Outhwaite, H. Robinson, P. Jacob, M. Tiles, F. Nef, O. Black, E. Schatzman, R. Locqueneux, B. Maître, B. Pourprix, C. Galperin, R. Edgley, L. Bescond, N. Nanjou-Flaux, E. Fiches-Vallez, G. Hottot).

- *Images de la science*, colloque publié par Economica éd., Paris, 1984 (articles de nombreux auteurs ; colloque organisé par M. Tubian, Y. Pélacier, A. Jacquart).

- *Ciba Fondation Conference : Communicating Science to the Public*, Wiley et Sons, London, 1987 (colloque organisé, incidemment, par une importante firme pharmaceutique, responsables : D. Evered, M. O'Connor).

- Cercle Condorcet, série jaune, 24 juin 1987 : *Émerveillements et Angoisses devant la science* (débat dirigé par Michel Paty, avec A. Jacquart et E. Schatzman).

- Enfin (ouvrage qui vient de paraître et qui apporte des réponses autorisées) *Responsible science, Ensuring the Integrity of the Research Process*, premier volume, édité par la National Academy of Sciences, la National Academy of Engineering et l'Institute of Medicine des États-Unis, avec une préface de Frank Press, National Academy Press, 1992. Cet ouvrage important traite de la plupart des questions évoquées dans cet article.



## MUCOVISCIDOSE : LA LONGUE MARCHE DES GÉNÉTICIENS

(suite de la page 62)

l'épithélium bronchique et trachéal ne vivent que soixante jours environ, après quoi elles desquament et meurent. Comme elles ne se divisent pas, elles ne peuvent assurer leur postérité ; elles sont donc incapables de transmettre le gène "médicament" à de nouvelles générations de cellules. Il faudra, par conséquent, répéter périodiquement les inhalations d'adénovirus transporteurs du gène normal.

Cette méthode n'est pas exempte de risques : les adénovirus sont des virus auxquels on a ôté un gène pour les empêcher de se multiplier. Or, on peut craindre que certains individus possèdent, à l'état dormant dans leurs poumons, des copies de gène de multiplication virale qui risqueraient d'être activées par les adénovirus inhalés. Pour contourner ce risque, certains chercheurs ont choisi d'employer, comme vecteurs du bon gène CFTR, des liposomes, vésicules graisseuses servant de réserves alimentaires à la cellule, et dont l'enveloppe a la même structure que la membrane des cellules. Ces inclusions lipidiques microscopiques pourraient véhiculer le gène normal dans l'organisme malade, dans le cas où l'utilisation de l'adénovirus se révélerait dangereuse ou techniquement trop compliquée.

Michel Perricaudet, de l'institut Gustave Roussy, évoque d'autres difficultés, d'ordre immunitaire. Chez un sujet mucoviscidosique dont le gène CFTR est très modifié, la protéine résultante sera dépourvue dans sa structure de certains motifs clés permettant au système immunitaire de la reconnaître comme faisant partie du "soi" immunologique de l'individu (10). Quand le gène leur sera greffé, la protéine CFTR normale dont il induira la fabrication sera donc reconnue comme étrangère par le système de défense de l'organisme, entraînant une réaction de rejet de la greffe.

Même lorsque le traitement par greffe sera au point, les destructions pulmonaires graves et irréversibles causées au fil des ans par la mucoviscidose rendront illusoire son application aux adultes ou même aux enfants de dix ans. Elle sera réservée, par la force des choses, aux nouveau-nés.

Il n'empêche que la mucoviscidose sera une des premières maladies au monde justiciable d'une thérapie génique (11), ouvrant la voie à l'emploi de ce mode de traitement pour soigner d'autres maladies, comme certains cancers.

**Jean-Michel Bader**

10) Voir *Science & Vie* n° 886 de juillet 1991, p.67.

11) Des essais plus ou moins avancés sont en cours pour d'autres maladies génétiques, entre autres l'adénosine désaminase et la phénylcétonurie.

## DIPLOMES DE LANGUES

anglais allemand espagnol italien

### Visez européen !

Assurez-vous la maîtrise d'au moins deux langues étrangères, et une compétence linguistique opérationnelle, sanctionnée par des diplômes officiels :

- o Examens européens de langues
- o Chambre de Commerce Etrangères
- o Université de Cambridge

*Examens, diplômes, préparation tous niveaux accessible à tous, dans toute la France... Tout est dans la documentation complète (et gratuite !) de :*

**LANGUES & AFFAIRES, sce 5314**  
35, rue Collange - 92303 Levallois.

**Tél. : (1) 42.70.81.88**



### POURQUOI ACCEPTER D'ÊTRE CHAUVE ?

La chirurgie Esthétique vous permet par une technique sûre, efficace et indolore, **de retrouver définitivement vos vrais cheveux.**

Grâce à un progrès technique spectaculaire, les MICROGREFFES permettent de reconstituer la **ligne frontale de façon naturelle.**

**Clinique du Rond-Point des Champs-Élysées**  
61, av. F.D. ROOSEVELT, 75008 PARIS  
43.59.49.06 / 43.59.71.63

*Consultation gratuite ou documentation envoyée sur demande*

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

SV 992



## TCHERNOBYL : LES ANIMAUX PRENNENT LE POUVOIR

(suite de la page 53)

tut de biochimie Palaguine à Kiev, ils ont moins de petits et vivent moins longtemps que leurs congénères en zone non contaminée. On a observé, dans l'ADN du noyau, des modifications dont la signification est encore inconnue.

Même les plus faibles doses de radiation peuvent avoir des conséquences génétiques, provoquant des maladies graves et des malformations chez les nouveau-nés. On aurait observé des cancers chez quelques animaux, mais cela demande confirmation.

Bref, les ressources alimentaires, animales aussi bien que végétales, sont contaminées. Les champignons (qu'on surnomme en russe «la viande de la forêt») sont les plantes nourricières qui absorbent le plus de radionucléides – encore que les concentrations varient de 1 à 100 entre les diverses espèces de champignons. Chez les autres plantes en revanche, d'après Tikhomirov, la fixation annuelle de césium est relativement faible, n'excédant pas 1 % par an du césium contenu dans le sol. Au pire, les plantes ligneuses de la forêt pourraient au bout de longues années absorber 10 % du césium radioactif présent dans le sol. Les herbes en absorbent encore moins – de l'ordre de 0,01 % par an. En somme, selon le Pr Tikhomirov, l'absorption des radionucléides par les plantes est moins rapide que leur désintégration naturelle.

Mais, globalement, l'activité des radionucléides les plus nocifs dans l'environnement va rester élevée pendant des dizaines d'années : il faut vingt-huit ans au strontium 90 pour perdre la moitié de sa radioactivité, trente ans au césium 137. L'homme ne pourra certainement pas retourner sur les lieux avant longtemps, peut-être une centaine d'années.

La seule utilisation envisagée, avant la fin du siècle, pour ces terres contaminées, est le reboisement et l'exploitation forestière, parce que le bois est la biomasse qui absorbe le moins de radionucléides. «Les arbres atteignent leur maturité à l'âge de quatre-vingts ou cent ans. D'ici là, 90 % de la radioactivité du césium sera dissipée. On aura une production de bois utilisable», estime Tikhomirov. Autre solution envisagée : transformer la zone irradiée en une sorte de «réserve», que personne ne se hasarde à qualifier de «réserve naturelle». Le terme utilisé en russe est *zapovednik*, qui a la connotation de «mémorial». Pourquoi pas ? Un mémorial, en somme, à la folie des hommes...

**Alexandre Dorozynski**

## LE PREMIER CATALAN REVIT À TAUTAVEL

(suite de la page 41)

Le Pr de Lumley a voulu non seulement que le musée offre au public une idée plus riche que d'ordinaire de ce que furent l'évolution de l'homme, son histoire culturelle et son environnement, mais aussi créer un véritable centre scientifique. Ce centre, déjà riche de ses réserves archéologiques qui abritent tout le patrimoine de Tautavel, est également pourvu d'équipements techniques pointus. Et, en particulier, de moyens de traitement des informations : une banque de données stockées sur un ordinateur central IBM 30/90, constamment enrichie et reliée par réseau télématique aux laboratoires du Centre ainsi qu'à leurs homologues internationaux.

Les laboratoires, dotés de moyens techniques performants, couvrent l'ensemble des disciplines de la paléontologie et de l'archéologie modernes : sédimentologie (étude des couches de terrain, nécessaire aux datations), micro-morphologie, micro-analyse, étude des pollens ou palynologie, anthropologie évidemment. On leur a adjoint des ateliers de restauration et de marquage, de moulage, de dessin, de mécanique, sans oublier la menuiserie ! On peut désormais venir travailler à Tautavel. Et le Centre, lié par convention au Musée national d'histoire naturelle, à plusieurs universités et au CNRS, accueillera tout au long de l'année de jeunes chercheurs et des étudiants venus du monde entier.

**Louis-Paul Delplanque  
et Catherine Revault**

(1) Le genre *homo* est apparu il y a plus de 2 millions d'années, se distinguant des australopithèques, genre d'hominiés qui s'est éteint depuis. L'évolution du genre *homo* a commencé avec *Homo habilis* (volume crânien autour de 650 cm<sup>3</sup>, contre 450 cm<sup>3</sup> pour l'australopithèque), s'est poursuivi avec *Homo erectus* (volume crânien autour de 1 000 cm<sup>3</sup>) pour aboutir à *Homo sapiens sapiens* (environ 1 500 cm<sup>3</sup>), apparu vers -35 000 ans et auquel appartient l'homme d'aujourd'hui. L'homme de Neandertal est rattaché à ce dernier, avec un statut de sous-espèce (*Homo sapiens neandertalensis*), et a vécu entre -100 000 ans et -35 000 ans. Son prédécesseur, l'anténéandertalien, dont fait partie l'homme de Tautavel, est un *Homo erectus* qui a vécu il y a 450 000 ans, comme l'ont montré les restes mis au jour sur le site de Tautavel.

(2) Les indices portés par ses restes ne permettent pas de trancher : a-t-il été victime de cannibalisme, ou sa dépouille a-t-elle fait l'objet (sitôt après sa mort ou quelque temps après) d'un rituel quelconque ?

(3) Le langage articulé dépend surtout des aires de Broca et de Wernicke, dont l'empreinte est bien présente respectivement dans la région frontale et temporo-pariétale du crâne de l'homme de Tautavel. La morphologie de la cavité buccale de ce dernier est tout à fait adaptée à cette fonction éminemment humaine.



## MATÉRIEL INFORMATIQUE LA CRISE DE LA MATURITÉ ?

(suite de la page 132)

d'imprimantes et de machines à écrire, l'usine de Boigny (dans le Loiret) a ainsi été vendue à un repreneur. «Une grande partie des 500 salariés continue de travailler sur place pour le compte de ce dernier, les autres ayant été reclassés dans nos usines de Corbeil ou de Montpellier. D'autres encore, qui souhaitent monter leur entreprise, ont bénéficié des lumières d'un consultant chargé de s'assurer que leur projet "tenait la route".» Mais bien que ses recrutements soient actuellement bloqués, la filiale française de "Big Blue" a mis sur pied toute une gamme de formations en alternance dont l'une, notamment, a pour but de former des assistants à la fonction de chef de projet informatique (voir encadré p. 132).

Les offres de collaboration émanant des informaticiens et informaticiennes (voir encadré p. 130) étant supérieures à la demande des entreprises, celles-ci n'ont plus tellement besoin de "traquer" leurs futurs embauchés. Selon *01 Informatique* (?), ce renversement de tendance n'a pas que des mauvais côtés pour les candidats. Il présente même l'avantage, somme toute logique, de permettre – à travers une plus grande sélectivité du recrutement – une meilleure adéquation des embauchés à leur poste. D'où un taux de *turn over* plus réduit, ce qui est également tout bénéfique pour les entreprises ! Toujours selon *01 Informatique*, c'est la capacité à prendre des responsabilités – naturellement après avoir démontré ses compétences techniques – qui constitue le meilleur passeport pour décrocher un premier poste en période de crise. Parmi les autres qualités dont il est de bon ton de se prévaloir reviennent les inévitables "adaptabilité, sens du service, capacité à se prendre en charge, esprit d'équipe" et même, paraît-il, un "sens de l'éthique développé" !

**Hervé Lhuissier**

(7) "Quelle perspectives pour les débutants en 1992 ?", supplément *01 Carrières* paru dans le n° 1 207 du 10/4/1992. A consulter également pour en savoir plus sur les méthodes de recrutement des entreprises vedettes et sur l'intégration des jeunes embauchés dans leurs sociétés.

## Erratum

Quelques modifications sont à apporter dans l'encadré "Pistes à suivre" des Métiers d'avenir du numéro de juin dernier, p. 130. L'intitulé du Pôle européen de plasturgie ne comporte plus la mention Lyon Oyonnax. D'autre part, il se trouve 2 rue Pierre et Marie Curie, 01810 Bellignat ; tél. : 16 74 81 92 60. Et son adresse postale est : Boîte postale 1204, 01112 Oyonnax Cedex. Avec toutes nos excuses.

## LE VRAI VISAGE DE NOSTRADAMUS

(suite de la page 70)

crit le premier vers comme suit : *Etienne de Montgaulfier Aerostati avus*, ce qui donnerait en français "Etienne de Montgolfier, ancêtre de l'aérostat".

Pour obtenir sa transcription, Ionescu a introduit six lettres qui ne figurent pas dans le texte de Nostradamus. Et il a prouvé son ignorance en prenant le *s* de *Gaulsier* pour un *f*. Dans l'ancienne typographie, celle de l'exemplaire des *Centuries* sur lequel il travaillait, et qu'on utilisait encore il n'y a pas si longtemps pour des éditions de luxe, la lettre *s* ressemblait à un *f* amputé de son tiret transversal ; c'est seulement quand elle était placée à la fin du mot qu'elle avait son tracé actuel. Quant à Etienne de Montgolfier (non de *Montgaulfier*) il fut, avec son frère Joseph, l'inventeur (et non l'ancêtre, *avus*) de l'aérostat soulevé par l'air chaud.

C'est ainsi que, à partir de sa belle interprétation, Ionescu nous amène à l'utilisation de la montgolfière dans la bataille de Fleurus (1794), au traité de Tolentino (1797) qui donna Avignon à la France, à la mort de Pie VI, etc. Quel homme ce Nostradamus pour avoir prophétisé tant d'événements en si peu de mots !

Ayant réglé leur compte aux nostradamien et à leurs fabrications, Randi ne se détourne pas pour autant de Nostradamus. Bien au contraire. Depuis longtemps, il est fasciné par ce personnage – son courage au chevet des pestiférés, son ascension habile dans une société mouvante et périlleuse – et par le succès mondial des *Centuries*, ces quatrains étranges qui, s'ils ne pouvaient prédire l'avenir (les intelligibles ont été démentis par la réalité), doivent quand même répondre à un sens caché. Randi a accumulé des documents, des exemplaires d'éditions anciennes, fouillé les bibliothèques, ouvert des archives inexplorées. Décortiquer encore les quatrains n'apportera rien de nouveau. Il faut s'inspirer de la méthode expérimentale : pour vérifier des hypothèses confuses, aller sur place, là où Michel de Nostre-Dame est né, a grandi, où son esprit s'est formé. Et Randi part pour Saint Rémy-de-Provence.

Dès ses premiers contacts avec les gens du cru, la lumière point. La région contient l'ancien site romain de Glanum, près duquel se dresse un monument en ruine longtemps considéré (à tort, selon des fouilles récentes) comme le mausolée d'un Romain nommé Sextus. Il porte effectivement une inscription qui commence par les lettres SEX, la suite étant devenue illisible. Dans le pays, on appelle ce monument le «Mausole» ; un prieuré voisin porte le



## LE VRAI VISAGE DE NOSTRADAMUS

(suite de la page 167)

nom de Saint-Paul de Mausole. Relisons le dernier vers du quatrain... et revenons au récit de Randi. Parvenu au Mausole, il se retourne, comme on le lui avait recommandé. Il a devant lui la chaîne des Alpilles, au sud de Saint-Rémy. L'antique voie romaine passe au pied d'un pic imposant que la tradition poétique a baptisé le "lion d'Arles" : vu de profil, il évoque, en effet, la silhouette d'un félin accroupi. Van Gogh a immortalisé ce paysage dans son *Champ de blé aux Alpilles*. Les documents anciens appellent le pic *Galserius* ou *Gausserius*. Sur les cartes modernes, c'est le "mont Gaussier" avec "les Deux Rochers"... Sur les cartes les plus détaillées, l'un d'eux est le "Rocher des deux trous". Relisons cette fois les trois premiers vers... Et reprenons le récit : «Me tenant près du Mausole, j'aperçus distinctement dans le rocher deux grandes ouvertures par où l'on voyait le ciel bleu...»

## PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas).

Couverture : Copik; p. 2-3: I. Grinberg/Sipa-ESA-Finzo-G. Buthaud-G. Bartoli/REA-G. Lacz/Sunset; p. 4-14: Finzo; p. 18-27: R. Sabatier; p. 28-29: Graphitt; p. 30-31: M. Madon/IPG Paris - Graphitt; p. 32-33: D. R. - J.-P. Valet-V. Courtillot/IPG-Paris - Graphitt; p. 34-35: J.-P. Valet/IPG Paris - V. Alemany; p. 38-40: R. Gaillarde/Gamma; p. 41: C. Revault; p. 42-43: European Space Agency - CNES; p. 45: CNES; p. 46-48: ESA; p. 49: B. Tapley/University of Texas at Austin - Chet Kobinsky/Nasa; p. 50: A. Karasiuk - G. Lacz/Sunset; p. 52-53: A. Karasiuk; p. 54: CNRI; p. 57-59: G. Marié; p. 64-65: Electromicrographie de A. Kobayashi-Kirschvink; p. 66: J. Randi - Edimédia; p. 68-69: J. Randi; p. 75: M. Dell'Aquila/Nature History Museum of L. A.; p. 77: Duke Unit-North Caroline; p. 79: Cinestar - Christophe L. Collection; p. 82-83: Leimdorfer/REA; p. 84-85: G. Delpit - Maillac/REA; p. 86-89: G. Delpit - E. Le Couedic/Sipa Image; p. 90-93: G. Buthaud; p. 94-95: G. Delpit; p. 96-97: F. Malezieu; p. 98: G. Delpit; p. 102-110: F. Puig-Rosado; p. 111: N. Papamiltiades; p. 112-113: G. J. Holt/National Research Council - N. Papamiltiades - A. Bouquet/INRA; p. 115-117: D.R. - N. Papamiltiades; p. 118-121: San Millan; p. 122-123: D. R.; p. 124-125: D. R.; p. 126-127: P. Bon; p. 128-132: Finzo; p. 135: Artaphot/Nimattallah - Lauros-Giraudon - J. C. Varda/CEDRI; p. 139: M. Toscas/Galerie 27; p. 140-152: M. Roux-Saget; p. 154-155: D. R. - Jacques André Conseil; p. 156-157: D. R. - N. Inbona; p. 158-159: M. Clément - L.G. B. - E. Mallemanche - D. R.; p. 160-161 L. Crooson - E. Mallemanche - D. R.

Comment résister à un tel appel ? Randi entreprend l'escalade du rocher : «Arrivé non sans peine au sommet, je compris très vite le véritable sens du quatrain. Me tenant au milieu du plus grand des deux trous, je vis en contrebas non seulement toute la ville de Saint-Rémy-de-Provence, mais aussi le Mausole et les ruines de Glanum. Sur ma gauche un chemin menait à la route romaine venue du Sud. C'était l'endroit idéal pour une sentinelle chargée d'alerter la garnison romaine de toute approche sur la route, en allumant un feu ou par un autre signal». Relisons encore le deuxième vers ...

«Il y a des moments dans une enquête, conclut Randi, qu'on ne peut qualifier autrement que de délicieux. Je savais que j'étais à l'endroit même où Michel de Nostre-Dame s'était souvent trouvé, et qu'il n'avait pas résisté, quelque trente-six ans plus tard, au désir d'évoquer sur le papier ses impressions d'adolescent.»

Tel fut «le masque de Nostradamus». Le soi-disant prophète a étendu sur son œuvre poétique, avec talent et malice, un vaste écran de fumée. Ses lecteurs, par crédulité ou parce qu'il étaient manipulés, ont créé et entretenu son mythe jusqu'à nos jours. En levant le masque, James Randi nous conduit à penser qu'il faut, avec cette clé, reprendre entièrement une nouvelle lecture des *Centuries*. Lui-même, après avoir disséqué le quatrain 57 de la 5<sup>e</sup> *Centurie*, a eu son attention attirée par le quatrain 27 de la 4<sup>e</sup> *Centurie* :

**Salon, Mausol, Tarascon, de Sex, Larc,  
Où est debout encor la Pyramide,  
Viendront livrer le Prince Denemark,  
Rachat honny au temple d'Artemide .**

Tout en avançant quelques hypothèses, Randi n'a pas entrepris ici une analyse détaillée comme celle de l'autre quatrain. Mais, dans le premier vers, quatre mots nous sautent aux yeux. *Mausol* et *Sex* (à une lettre près) sont aussi dans le quatrain 57 de la 5<sup>e</sup> *Centurie*. *Salon* est Salon-de-Provence où Nostradamus vit depuis 1547. *Tarascon* est une des cités provençales où il a soigné les victimes de la peste. Ainsi ce quatrain se rapporte non seulement à son enfance, mais aux premières années de sa carrière.

Quel érudit se saisira de la clé pour relire les *Centuries* ? Quel éditeur donnera au public francophone une traduction de l'ouvrage américain qui révèle pour la première fois le vrai visage d'un écrivain français, méconnu pour avoir été trop connu ?

**Michel Rouzé  
et Igor Ziegler**



# DEUX GRAMMES, QUI ONT CHANGÉ LE MONDE.

**Ces CAHIERS  
DE SCIENCE & VIE  
vous racontent  
l'histoire de la pilule  
qui bouleversa  
les rapports amoureux  
dans nos sociétés  
occidentales.**

**Au départ,  
dans les années 50,  
une noble intention :  
réguler les naissances  
dans les pays pauvres  
pour lutter  
contre la misère.**

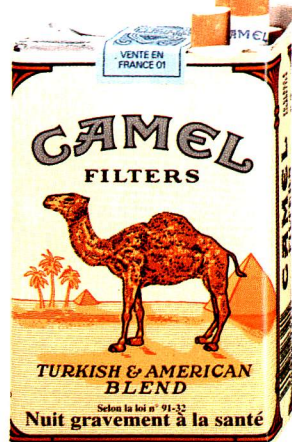
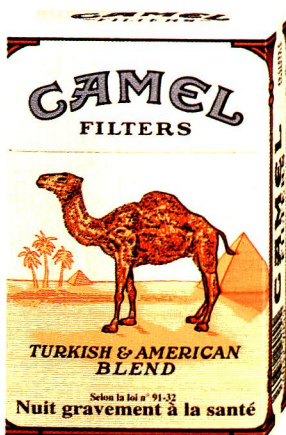


**EN VENTE PARTOUT**





# CAMEL



SELON LA LOI N° 91.32

## FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES