

# SCIENCE & VIE

MENSUEL - N° 874  
JUILLET 1990



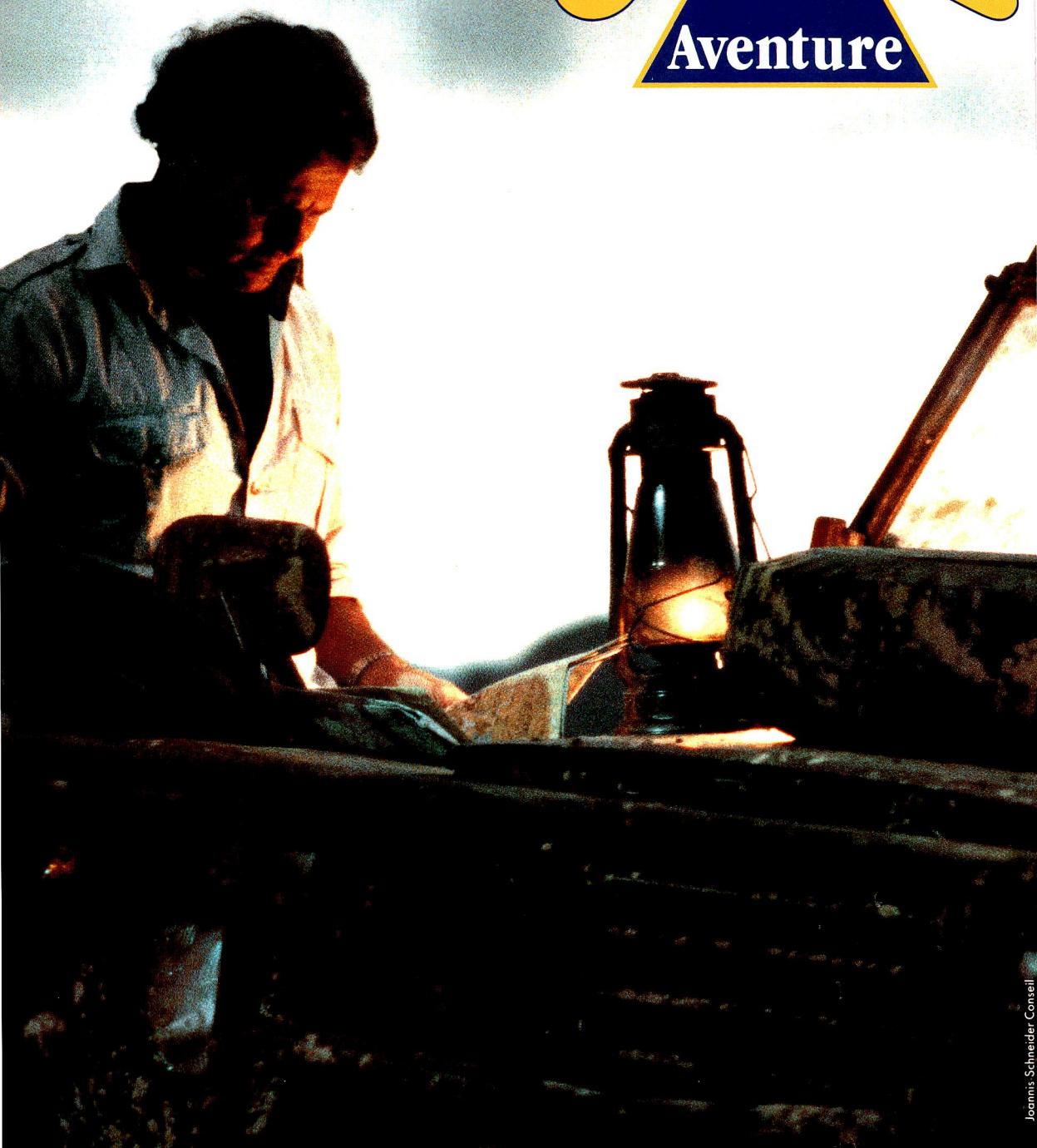
● "Vaches folles" :  
la France aussi ?

● Le Mondiale  
en TVHD

## MYSTÈRE DANS LE SOLEIL

M 2578 - 874 - 20,00 F





CAMEL AVENTURE : DES SERVICES SUR L'AVVENTURE.  
TAPEZ 36.15 CAMEL.

# SCIENCE & VIE

## • DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : PAUL DUPUY  
Directeur général : JEAN-PIERRE BEAUVALET  
Directeur financier : JACQUES BEHAR  
Directeur commercial publicité : STÉPHANE CORRE  
Directeur marketing et commercial : FRANCIS JALUZOT  
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 : GERARD MORICE  
Assisté de MONIQUE VOGT  
Secrétaire général de rédaction : ELIAS AWAD  
Secrétaires de rédaction : DOMINIQUE LAURENT,  
FRANÇOISE SERGENT, MARIELLE VÉTEAU  
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE,  
ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION, JACQUES  
MARSAUT, PIERRE COURBIER, CHRISTINE MERCIER,  
JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR, MARIE-LAURE MOINET,  
ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, DIDIER DUBRANA  
Secrétaire : MARIE-ANNE GUFFROY

## • ILLUSTRATION

ANNE LEVY  
Photographe : MILTOS TOSCAS

## • DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

## • CONCEPTION GRAPHIQUE

TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

## • MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE,  
LIONEL CROOSON

## • RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHÈLE HILLING  
Assisté de : MARIE-LAURE GRATREAU

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.  
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans  
5 rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08 - Tél. 40 74 48 48  
FAX : (11) 42 89 42 27 - TELEX : 641 866 F  
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS  
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY,  
PAUL DUPUY

## • SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements : PATRICK SARRADEIL  
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUERLAULT  
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, 300 Winston Drive, Cliffide  
PK NJ 07010 USA  
Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent  
London W4, 1 HF  
Tokyo : LIONEL DERSOT - Sun Height 205  
2-14-1 Sakuragaoka  
Setagaya-Ku - Tokyo 156

## • PUBLICITÉ

EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDEC  
27 rue de Berri - 75008 Paris - Tél. (1) 45 62 22 22  
Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER  
Chef de publicité : FREDERIC PAPIN

## • À NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

## À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoiez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changez-nous l'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,20 F en timbres-poste français ou réglement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos lecteurs sont communiqués à nos services internes et aux maisons d'éditions actuellement avec Science & Vie sauf mention 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 1969 SCIENCE & VIE



**BVP**

# ABONNEZ-VOUS A SCIENCE & VIE

1 AN - 12 N°s : 220 F  
2 ANS : 400 F

1 AN - 12 N°s  
+ 4 Hors série : 295 F  
2 ANS : 520 F

## BULLETIN D'ABONNEMENT

à adresser paiement joint à Science & Vie  
5, rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08

• Veuillez m'abonner pour

1 AN       1 AN + 4 hors série  
 2 ANS       2 ANS + 8 hors série

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code Postal \_\_\_\_\_

Ville \_\_\_\_\_

Pays \_\_\_\_\_

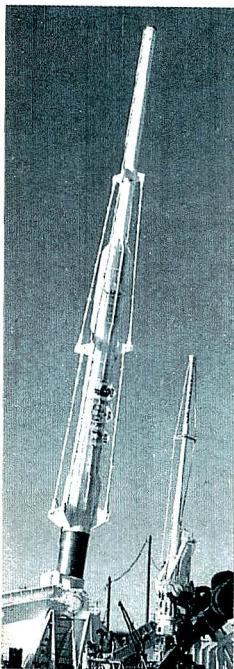
Profession ( facultatif ) \_\_\_\_\_

• Ci-joint mon règlement de \_\_\_\_\_ F.  
par chèque ou mandat lettre à l'ordre de  
Science & Vie-Bred.

Étranger : mandat international ou chèque.

Étranger : Belgique 1 an simple 1595 FB - 1 an couplé 2135 FB - Excelsior Publications - B.P. N° 20 1XELLES 6 - 1060 Bruxelles / Canada 1 an simple 43 \$ Can - 1 an couplé 60 \$ Can - Periodica Inc. C.P. 444, Outremont, P.O. Canada H2V 4R6 / Suisse 1 an simple 66 FS - 1 an couplé 87 FS - Naville et Cie 5-7, rue Lévrier, 1211 Genève 1 / USA 1 an couplé 70 \$ - International Messengers Inc. P.O. Box 60326 Houston - Texas 77209  
Autres pays : 1 an simple 293 F - 1 an couplé 378 F. Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE. Recommandé et par avion nous consulter.





### Supercanon irakien.

Un tel canon est-il vraiment possible ? Et pourquoi serait-il plus intéressant que des missiles ? p. 90



### Attention aux abats de boucherie.

Les anglais en ont interdit chez eux la consommation : leurs bovins, nourris avec des déchets d'abattoirs, ont été contaminés par une terrible maladie du mouton. Or, chez nous aussi, les bovins mangent des déchets de mouton. p. 82

**S****O****M****M****A**

## SAVOIR

Forum

Mystère dans le Soleil  
*Hélène Guillemot*

La chasse  
aux décimales de  $\pi$

*Jean-Michel Kantor*

Pourquoi (pour qui) l'INED  
a-t-il menti ?

*Alexandre Dorozynski*

Les mots confirment  
les gènes

*Pierre Rossion*

Les grenouilles nous quittent

*Muriel Martineau*

L'allumeur des feux follets

*Marie-Françoise Lantiéri*

Adam était-il séropositif ?

*Christine Lefèvre*

Un vaccin contraceptif  
dans 5 ans

*Jean-Michel Bader*

Tranquillisants : 1 an après

*Jacqueline Denis-Lempereur*

Echos de la recherche

*Dirigés par Gerald Messadié*

**La fin des grenouilles ?**  
Les batraciens sont en train de disparaître sur toute la terre pour des raisons inconnues. p. 42



## POUVOIR

4 Les plantes ne sont plus à nous

*Marie-Laure Moinet*

**72**

“Vaches folles” : et la France ?

*Didier Dubrana*

**82**

14 Le mythe du canon irakien

*Renaud de La Taille*

**90**

26 Satellites “par avion”

*Germain Chambost*

**96**

30 Le fils de Concorde et d'Hermès

*Serge Brosselin*

**98**

34 Echos de l'industrie

*Dirigés par Gérard Morice*

**105**

42 Des marchés à saisir

**110**

46

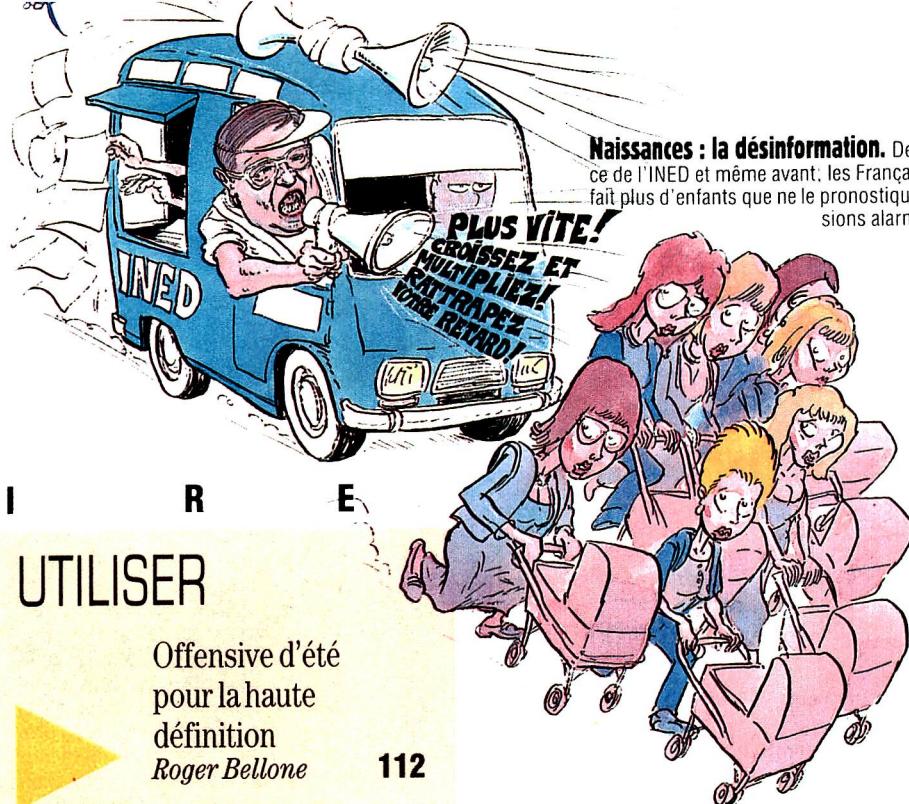
50

56

60

65

Encart *Science & Vie Junior*, 2 pages entre la page 160 et la 3<sup>e</sup> de couverture.



I R E

## UTILISER

Offensive d'été  
pour la haute  
définition  
*Roger Bellone*

112

Zoom sur les zooms  
35-70 mm  
*Roger Bellone*

118

Identifié au doigt  
et à l'œil  
*Henri-Pierre Penel*

124

Y a-t-il encore des débouchés  
dans l'audiovisuel ?  
*Isabelle Bourdial*

126

Science & Jeux  
*Gilles Cohen, Yves Delaye,  
Renaud de La Taille,  
Henri-Pierre Penel*

130

Science & Vie a lu  
pour vous

143

Echos de la vie pratique  
*Dirigés par Roger Bellone*

148

**Naissances : la désinformation.** Depuis l'existence de l'INED et même avant, les Français ont toujours fait plus d'enfants que ne le pronostiquaient les prévisions alarmistes. p. 30

**Le sida : ce n'est pas lui.** On a récemment accusé les chimpanzés et autres singes de nous avoir transmis le sida, ce qui semble démentir par l'histoire du virus HIV et même par sa préhistoire. p. 50



# FORUM

## Freud déshabillé par les historiens

« Votre article intitulé "Les interventions sentimentales de Sigmund Freud" dans *Science & Vie* n° 872 et signé G.M. a attiré toute mon attention. Et d'abord celle de mes élèves de l'école normale », nous écrit Mme R. B. de Fribourg. « Je pense qu'on peut critiquer objectivement différents aspects de la théorie de Freud sans avoir recours à des affirmations infondées : dans le cas de votre article, elles contredisent et déforment les documents existants. Dans le premier chapitre de l'ouvrage cité, Freud écrit : "J'étais encore étudiant, absorbé par la préparation de mes derniers examens, lorsqu'un médecin de Vienne, le Dr Joseph Breuer, appliqua pour la première fois ce procédé au traitement d'une jeune fille hystérique (cela remonte aux années de 1880 à 1882)..." Comment alors donner crédit à l'auteur de votre article, qui écrit : "Dans son essai sur l'hystérie, Freud prétendait avoir brillamment "guéri" une certaine Anna O. (alors que Freud indique clairement qu'elle n'a jamais été sa patiente !), ce que son disciple Breuer n'avait pu faire." Breuer n'a jamais été le disciple de Freud. »

Prenons donc cette lettre point par point. Breuer, qui fut un pionnier de la psychanalyse, fut d'abord le mentor de Freud, mais par la suite collabora avec lui et lui adressa des patients ; il devint adepte des théories de Freud et écrivit avec lui *le Mécanisme psychique du phénomène hystérique* de 1893 et *les Etudes sur l'hystérie* de 1895. Leur collaboration dura treize ans, pendant lesquels l'ascendant de Freud fut croissant. Freud finit par trouver

que Breuer n'avait pas les qualités d'"affirmation de soi" qu'il attendait de ses collaborateurs.

Il est vrai que Breuer était prudent et n'entendait pas se livrer à des spéculations systématiques. D'ailleurs Breuer et Freud se brouillèrent en 1895 en raison de l'accent que Freud entendait mettre sur la sexualité. Voilà pour l'influence de Freud sur Breuer. Un segment de phrase a malencontreusement sauté dans notre texte ; il fallait lire : « Freud prétendait que l'analyse avait brillamment guéri une certaine Anna O.... ». L'histoire d'Anna O. est suffisamment connue, qu'on nous fasse l'honneur de croire que nous ne l'ignorons pas.

Anna O., de son vrai nom Bertha Pappenheim, célèbre féministe allemande des années 1930, fut traitée par Breuer, qui découvrit que, lorsqu'elle racontait ses fantasmes, elle se portait mieux. Notre correspondante se trompe quand elle avance que « Freud n'avait aucunement raison de "confesser à Jung" ce qu'il a lui-même publié... Ni le Dr Breuer ni moins encore Freud n'auraient pu s'attribuer la guérison "brillante" d'Anna O., puisque celle-ci n'aurait pu avoir lieu, à la connaissance des deux médecins. » C'est là le cœur de l'affaire : dans *les Etudes sur l'hystérie*, donc en 1895, Freud avance qu'Anna O. a été « brillamment "guérie" ». Ce n'était pas vrai. C'est ce qu'a démontré Frank Sulloway, spécialiste de Freud sur lequel il a publié une étude fondamentale. Ce n'était pas Breuer qui s'attribua le mérite de la "guérison", c'est Freud qui attribua celle-ci à l'analyse, en dépit de l'évidence.

« Quant aux autres révéla-

tions "peu édifiantes", elles me paraissent effectivement peu édifiantes pour leur auteur (Sulloway) et aussi pour l'auteur de votre article, qui se contente d'affirmations, et non de révélations. » Hélas ! ce n'est pas seulement Sulloway, professeur au Massachusetts Institute of Technology, dont nous citons les travaux, qui est l'auteur de ces révélations, ce sont d'autres spécialistes tels que Anthony Stadlen, psychanalyste et chercheur attaché au Freud Museum de Londres, John Kerr, psychologue à l'université de New York, Peter Swales, psychanalyste, auteur d'une étude sur Freud, et bien d'autres qui, au terme d'enquêtes obstinées ont mis au jour les altérations tendancieuses auxquelles Freud s'est livré tout au long de ses écrits. C'est ainsi que le fameux "homme aux loups", cas devenu exemplaire, que Freud prétendait avoir "guéri", le démentit lui-même publiquement. De son vrai nom Sergueï Pankeieff, il fut retrouvé dans les années 1970 à Vienne, où il vivait ; il déclara à la journaliste Karin Obholzer que l'interprétation que Freud faisait de ses rêves était terriblement fantaisiste et que « la théorie selon laquelle Freud m'a guéri à 100 % est totalement fausse ». Pankeieff dut se faire traiter pendant les soixante années qui suivirent la "guérison" proclamée par Freud.

Il est compréhensible que la révision fondamentale du freudisme et des allégations de Freud, qui est en cours depuis une dizaine d'années, et la révélation des fabrications de Freud lui-même ne soient pas du goût des tenants de l'orthodoxie freudienne, mais elles sont en cours et nul n'y peut rien. Les succès clamés par Freud n'existent que dans son imagination.

## Tirs indirects

M. J. M., de Nantes, nous adresse copie d'un courrier qu'il a adressé à Haroun Tazieff, à la suite de déclarations faites par ce dernier à la radio, à propos de son livre *la Terre s'arrêtera-t-elle de tourner ?* Le ton en est vif. « A l'heure où des millions de réfrigérateurs partent à la décharge, libérant avec leurs fluoro-carbone une formidable capacité de nuisance.

(suite du texte page 6)



ON  
EST  
RESTÉ  
TRÈS  
NATURE.

**BERGER BLANC,  
COMME DU PASTIS MAIS BLANC.\***



**\* SANS RÉGLISSE, SANS COLORANT.  
SACHEZ APPRÉCIER ET CONSOMMER AVEC MODÉRATION.**

*a-t-on le droit, pour présenter son livre, d'affaiblir, voire de tenter de ridiculiser, ceux qui s'efforcent de mener leurs concitoyens sur la voie de la responsabilité ?*

Nous nous en voudrions à la fois de paraître remettre en cause la nécessité de contrôler l'action nocive de l'humanité sur l'environnement et les mérites et qualités de M. Tazieff, véritable scientifique et, entre autres, volcanologue de premier plan. Nous supposons toutefois que M. Tazieff, dont on sait la verve, est un peu agacé par certaines déclarations péremptoires de personnes ou de personnalités qui s'engagent sans véritables compétences dans des actions écologiques et par la faute desquelles l'écologie est menacée de devenir une tarte à la crème. Nous l'avons écrit dans ces pages : les modèles de l'effet de serre et d'une dégradation de la couche d'ozone que l'on a imposés jusqu'ici ne sont pas au point. Et il est plus d'un savant qui préférerait un peu plus de pondération dans certaines affirmations relatives à la dégradation de l'environnement, justement pour protéger celui-ci à meilleur escient.

## Vivisection et médicaments

*« Jusqu'à présent, je pensais la vivisection nécessaire, bien qu'insupportable du point de vue éthique. Après avoir assisté à une conférence sur l'expérimentation animale, j'ai été stupéfait par la désinformation du public en ce domaine. Nombre de médicaments ont ainsi été retirés de la circulation en raison de leurs effets iatrogènes, écrit M. D.S., de Nice, alors que ces produits avaient été testés pendant des années sur différentes espèces animales. Ce qui prouve, à mes yeux non seulement l'inutilité, mais surtout le danger que constitue la vivisection pour l'espèce humaine... »*

Relevons d'emblée la confusion que semble faire notre correspondant, notamment dans sa dernière phrase, entre expérimentation animale et vivisection, l'une n'impliquant pas toujours l'autre. Il est

certain que l'expérimentation animale n'offre pas de garantie absolue ; mais il serait expéditif de lui dénier tout intérêt. Des échecs tels que ceux que dénonce ce lecteur n'excluent pas que l'expérimentation animale apporte des éléments d'information irremplaçables. On ne peut tout de même pas expérimenter les médicaments sur l'être humain. Le scandale éthique serait alors incomparablement plus grand. Mais de nombreux chercheurs recourent depuis plusieurs années déjà, et chaque fois que c'est possible, à l'expérimentation sur cultures cellulaires.

## Où sont les glutamates ?

*« Votre numéro de mai évoque la nocivité des glutamates. Ma question est la suivante : les saucisses au soja, Tamari, So-you, qu'on trouve dans le commerce, principalement dans les boutiques de produits diététiques, contiennent-elles des glutamates ? », nous demande M. P. R., de Villeneuve-Tolosane.*

Il faudrait des analyses de laboratoire pour le déterminer. Le mieux serait que la composition des produits alimentaires soit libellée de façon plus détaillée et que les glutamates ne soient pas désignés sous le seul nom générique d'arômes végétaux.

## Einstein, Nobel en 1921

*« Tout d'abord, je tiens à vous féliciter pour votre revue, qui est, n'ayons pas peur des mots, tout simplement formidable, extraordinaire et unique », nous écrit avec un enthousiasme qui nous fait rougir M. B. L., de Ste-Sévère. « Mais il me semble qu'une erreur s'est glissée dans votre article sur Einstein et sa femme. En effet, il me semble qu'Einstein a reçu son prix Nobel de physique en 1921. En 1922, c'est Bohr qui l'a reçu pour sa théorie sur la structure de l'atome. » Tout à fait exact ! Pardon.*

## Les dangers de la radioactivité

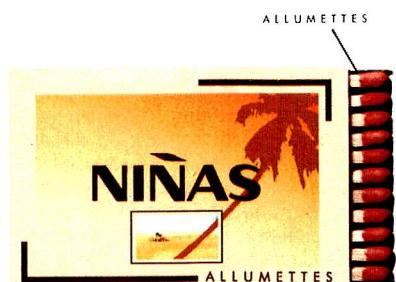
*« Je vous fais part de l'indignation que m'a valu l'article de votre n° 872 "Les parents s'irradient, les enfants meurent" », écrit un correspondant qui se définit comme "étudiant en radioprotection", mais qui, bizarrement, n'indique pas son identité. Nous ne répondons pas en principe aux lettres anonymes, mais nous faisons exception dans ce cas, parce qu'il semblerait que notre correspondant ne se sente pas protégé par l'anonymat garanti à nos lecteurs.*

*« Vous insistez sur l'étude récente menée en Grande-Bretagne sur l'évolution du nombre de leucémies et de cancers à proximité des industries nucléaires. Ce qui est contestable, outre le titre de l'article, qui tend à développer une phobie du nucléaire civil, c'est que vous généralisez les études sur Sellafield (qui ne comprend pas qu'une seule centrale comme vous l'affirmez dans les premières lignes) avec des sites civils (Sellafield traite le plutonium militaire). Cette étude est faussée, car le site a connu plus de 700 accidents radiologiques graves, avec des rejets également graves dans l'environnement.*

*» Gilbert Charles, journaliste à l'Express, a écrit dernièrement : "La pollution nucléaire accumulée à Sellafield est sans aucun équivalent dans le monde." Martin Gardner, scientifique qui a participé à l'étude épidémiologique, affirme sereinement et malgré ces conclusions : "On ne peut tirer aucune conclusion définitive et les populations locales n'ont rien à craindre de l'environnement..." La radioprotection française, qui est une des meilleures du monde, contrôle aujourd'hui tous les complexes nucléaires, que ce soit à l'EDF ou à l'ANDRA. Même chez les travailleurs les plus exposés, nous n'avons jamais pu mettre en évidence une augmentation notable de leucémies à proximité d'un centre nucléaire. Pour en témoigner, les enfants dont les parents ont été irradiés à Hiroshima ne sont pas plus atteints par les*

*(suite du texte page 8)*

BELIER RIVE GAUCHE



EN VENTE  
DANS LES BUREAUX  
DE TABAC



cancers et les leucémies que les enfants français, et cela depuis deux générations.

» Il faut cependant reconnaître que l'industrie nucléaire présente des risques non négligeables pour les populations. Cependant, c'est la seule industrie où des normes strictes, des contrôles et des suivis importants ainsi que des études ont été développés. »

Information intéressante, notre mystérieux correspondant nous écrit que : « Ce n'est pas parce qu'en France il n'y a pas d'enquêtes publiques que les pouvoirs publics ne font rien. Sachez que la médecine du Travail et le SCPRI connaissent tous les travailleurs DATR ou non et suivent cas par cas tous les dossiers avec les doses, les maladies et les accidents. » Trop longue pour être citée intégralement, cette lettre comporte des reproches sur une attitude "antinucléaire" de *Science & Vie*, sur la place que nous prétendrions aux débats d'opinion et aux sentiments "primaires". Notre réponse est celle-ci : si la centrale de Sellafield retraite, elle, du plutonium militaire, il n'en demeure pas moins que La Hague, centrale française de retraitement, recrache les mêmes radionucléides qu'elle : ruthénium, cérium 144, césium, antimoine 125. Par ailleurs, nous n'avons pas fait de généralisations à partir de Sellafield seulement : toutes les centrales britanniques ont été étudiées et nous publions une carte, p. 157 du numéro incriminé, avec les chiffres de risques accusés de leucémies autour de ces centrales.

Aveu troublant de notre correspondant : il reconnaît avoir accès, lui, aux chiffres et données qui manquent si cruellement. Le fait est qu'il y a donc bien des données épidémiologiques qui ne sont pas communiquées au public ; pourquoi donc, puisqu'elles démontrent l'efficacité des contrôles dont ce correspondant dit tant de bien ? Qu'il veuille bien nous les adresser ; nous serions heureux de nous en entretenir avec le SCPRI, qui détient apparemment ces informations. N'est-ce pas le directeur du SCPRI qui, dans le passé, nous a aidés à doser la radioactivité d'échantillons biologiques ?

« Contentez-vous de faire de l'information objective, » nous

conseille ce correspondant, non sans hauteur. Mais la voilà dans notre article et dans la carte qu'il ne semble pas avoir remarquée : c'est l'information qui déplaît le plus quand elle est expliquée et clarifiée. Mais peut-être faut-il rétablir la censure sur la presse ? ...

## Avons-nous oublié Gien ?

« A propos de votre article sur les risques de leucémie encourus par les riverains ou leurs enfants de centrales nucléaires, je voudrais vous signaler une curieuse omission dans votre liste des communes françaises situées dans un rayon de 10 km », nous écrit M. J. S., d'Argenteuil. « En effet, pour la centrale de Dampierre, vous citez 8 communes rurales, totalisant 7 769 habitants, mais vous oubliez Gien (16 000 habitants au dernier recensement), dont au moins deux tiers de la population se trouvent à l'intérieur de la fameuse ligne de 10 km. Il s'agit peut-être d'une banal oubli... Après tout, énumérer "les communes se trouvant dans un rayon de 10 km" ne veut pas dire grand-chose, en dehors d'une commodité de langage, si l'on songe qu'un site nucléaire mesure plus d'un kilomètre de diamètre (où poser alors la pointe du compas ?) et qu'une commune rurale s'étend dans sa plus grande dimension sur de 5 à 8 km. Il est bien évident que, dans ces conditions, le plus grand nombre de communes se trouveront à cheval sur la frontière et qu'il faudra définir des critères : on peut se fonder sur la superficie (on choisit les sites à partir d'un pourcentage donné), ou prendre un point donné (la mairie, l'église). De toute façon, le chiffre obtenu ne sera pas celui qu'on cherche, c'est-à-dire celui du nombre de gens vivant effectivement à moins de 10 km d'un réacteur nucléaire.

» Notons au passage que, puisqu'EDF a choisi ses emplacements en fonction des populations environnantes, il y a de fortes chances pour que la grande densité de population se trouve à

la périphérie du cercle, et donc que la moindre variation de surface induise une variation en population bien plus forte. C'est exactement le cas de la centrale de Dampierre, à mi-chemin entre les deux plus importantes agglomérations de la région, distantes, elles, de 21 km : Sully-sur-Loire et Gien. La circonference pour un rayon de 10 km couvre une partie de Sully, mais uniquement la zone rurale de celle-ci, laissant de justesse à l'extérieur le centre urbanisé.

Pour Gien, c'est exactement l'inverse : le cercle passe légèrement à l'est du centre-ville historique, laissant, c'est vrai, un vaste territoire à l'est et au nord, essentiellement des terres agricoles, mais englobant tous les nouveaux quartiers de l'ouest (la ville a, en effet, doublé en un quart de siècle), où se trouve actuellement le véritable centre économique de la cité.

Question : si Gien n'a pas été retenu, est-ce parce que la plus grande partie de sa superficie se trouve en dehors du cercle ?

C'est bien l'explication.

## Des bienfaits de l'exercice respiratoire

M. M. M., de Québec, Canada, nous écrit : « Dans votre numéro d'octobre 1984, vous faisiez connaître les résultats de travaux de Fernando Nottebohm, de l'université Rockefeller, sur le canari. Il en ressortait que cet oiseau peut rajeunir à certains moments de l'année. Il en ressortait également que l'on pouvait concevoir une extrapolation à l'être humain. Ce qui rajeunit le canari, c'est l'exercice de son chant, qui est plus performant que celui des autres oiseaux chanteurs. Si je me fie à des expériences que j'ai faites sur moi-même, il semblerait que l'augmentation de l'activité respiratoire augmente la vitalité de l'organisme... »

Ce lecteur poursuit par le récit d'un réapprentissage de la respiration, commencé à 55 ans et poursuivi jusqu'à aujourd'hui, à 61 ans,

(suite du texte page 10)

# Y'a de la Roommate dans l'air...

POLE POSITION



**POSSESSEURS DE PORTABLES, BRANCHEZ LES « ROOMMATE »  
ET ALLEZ PRENDRE L'AIR !**

BOSE, 1<sup>re</sup> marque d'enceintes en France et dans le Monde lance le système portable ROOMMATE II: composé de 2 enceintes avec égaliseur et amplificateur intégrés, une batterie et un chargeur assurant une autonomie de fonctionnement pendant 12 heures à plein volume, un adaptateur pour branchement à l'allume-cigare des véhicules, une valise d'écoute et de rangement. Relié à n'importe quel type de lecteur mobile de compact-disc ou de cassette, le système ROOMMATE II permet de constituer la 1<sup>re</sup> chaîne Hi-Fi portable (équivalente à une chaîne fixe de 80 W).



**BOSE**

## **Roommate<sup>®</sup> II**

Pour information : BOSE France, 6, rue Saint-Vincent,  
78100 Saint-Germain-en-Laye. Tél. 30 61 04 61.

POWERED SPEAKER SYSTEM

et il note que « l'augmentation des réflexes musculaires a été si grande qu'ils sont plus rapides que lorsque j'étais jeune. La mémoire s'est beaucoup améliorée... et la vigueur sexuelle a beaucoup augmenté ».

On regrettera que ce correspondant ne précise pas le mode de mesure de ses réflexes qui sont, soit dit en passant, nerveux plutôt que musculaires. Mais enfin, l'on appellera qu'il y a bien longtemps qu'on a étudié les effets des exercices respiratoires et qu'on a conclu à leurs bienfaits. Il est bien exact qu'une meilleure oxygénation améliore et les capacités musculaires et les capacités intellectuelles, qu'elle maintient l'équilibre du pH, améliore les équilibres au niveau organique et au niveau cellulaire et joue un rôle fondamental dans le métabolisme des glucides, des lipides et de certains protides. Il ne nous semble pas que les effets sur le système génito-urinaire aient été étudiés, mais enfin, ils ne sont pas contradictoires avec les autres.

## Le français tel que nous l'écrivons

Après avoir rappelé à son tour que la décennie 1980 ne s'achèvera qu'à la fin de l'année 1990, M. P.H.P., d'Oloron-Ste-Marie, nous adresse quelques critiques linguistiques : il dénonce l'usage du mot « conventionnel » « pour qualifier certaines techniques ou certains types d'armements, au lieu de classique, traditionnel, voire ordinaire. Conventionnel veut dire qui a trait à une convention. Ici, c'est une traduction servile de l'anglais "conventional" ». Tel n'est cependant pas l'avis du *Grand Dictionnaire encyclopédique Larousse*, comme en témoigne la photocopie ci-dessous.

« *Anglicisme aussi l'utilisation*

**CONVENTIONNEL, ELLE** adj. (angl. *conventional*). Technol. Syn. de *CLASSIQUE*. — Arm. et Déf. Armes conventionnelles, ensemble des armements de toute nature mis en œuvre par les armées de terre, de mer et de l'air, à l'exception des armes nucléaires, biologiques et chimiques. (Syn. *ARMES CLASSIQUES*.) || Guerre conventionnelle, guerre dans laquelle ne sont employées que des armes conventionnelles. (Syn. *GUERRE CLASSIQUE*.)

tion du mot "baleine" pour désigner tout céétacé d'une certaine taille, même à dents, alors qu'il ne devrait désigner que les céétacés à fanons, puisque les baleines proprement dites ne forment qu'un genre. » Le même dictionnaire tolère pourtant cette extension, comme en témoigne l'autre photocopie ci-dessous.

**BALEINE** n. f. (lat. *balena* : du gr. *phalaina*). 1. Grand mammifère marin, de l'ordre des céétacés. (On subdivise cet ordre en odontocètes, ou céétacés à dents, et mysticètes, ou céétacés à fanons ; on réserve en général le nom de baleines aux mysticètes, mais avec des exceptions.) (V. part. encycl.) — 2. Autre nom du fanon, formation cornée des gencives supérieures des baleines, portant de longs poils raides qui servent de piege à plancton. — 3. Rire, se tordre comme une baleine, rire très fort sans retenue (fam.).

## Châteaux et Forum

« Ce n'est pas dans le Château des Carpates que Jules Verne entrevoit le visiophone (qu'il appelle téléphote), » nous écrit M. D. F., de Toulouse, « mais dans la nouvelle "Au XXIX<sup>e</sup> siècle", qu'il publia en 1889, en langue anglaise, dans la revue américaine *The Forum* ».

## Oppenheimer et Sakharov

« Dans deux articles de votre n°869, vous parlez de J. Robert Oppenheimer et d'Andrei Sakharov. Tout le monde est au courant des problèmes que Sakharov a eu avec les dirigeants politiques de son pays », nous écrit M. K. E., de Coppel. « En revanche, je me demande parfois si je suis le seul à me rappeler qu'Oppenheimer a eu des problèmes semblables, pour ses idées dissidentes, avec le gouvernement des Etats-Unis. Il a perdu son emploi et son "certificat d'habilitation" pour les travaux et documents "secrets". On lui a même retiré son passeport, c'est-à-dire qu'il n'avait plus le droit de quitter le pays... A propos, selon la Britannique

ca, l'initiale J. ne correspond à aucun prénom. Ses parents... ont dû se tromper. »

Les démêlés d'Oppenheimer avec le gouvernement américain sont présents dans la mémoire de tous ceux qui, à l'époque, ont suivi l'actualité scientifique, et notamment dans celle de quelques rédacteurs de *Science & Vie*.

En 1954, Oppenheimer se vit retirer la présidence de la Commission consultative sur l'énergie atomique, parce qu'il avait refusé de travailler à la bombe H, pour raisons de réserve morale, et aussi parce qu'il n'avait apparemment pas pris des distances avec des amis sympathisants de l'URSS.

L'on était alors en pleine « guerre froide », et l'on conçoit que le gouvernement américain ait témoigné quelque inquiétude à l'idée qu'Oppenheimer pût quitter le pays et diffuser des informations sur la bombe thermonucléaire. Toutefois, il ne fut jamais exilé dans son propre pays, astreint à résidence ou exposé aux brimades souvent violentes de sbires qui lui volaient ses papiers, comme ce fut le cas de Sakharov.

L'auteur de ces lignes, qui a rencontré Oppenheimer à Paris, peut assurer que celui-ci lui a décliné son identité au complet : l'initiale J. est pour Julius.

## Les risques des mines d'uranium

M. M. M., de Thônes, nous écrit, à propos de notre article sur les risques encourus par les travailleurs du nucléaire pour s'étonner qu'« on ne parle jamais des mêmes risques encourus par les mineurs travaillant dans les mines d'uranium ». Minéralogiste amateur, ce correspondant dit : « A l'occasion de mes vacances dans l'Hérault, je me suis rendu sur les lieux d'une ancienne exploitation d'uranium et de cuivre, au sud de Lodève, à deux ou trois kilomètres du lac de Salajou. Apparemment, de nouvelles recherches étaient en cours. Dans une petite excavation, j'ai mesuré à l'aide d'un compteur Geiger une émission

(suite du texte page 12)

# DONNEZ DES AILES A VOS AMBITIONS



***Chaque année, l'Armée de l'Air  
recrute et forme 2 500 personnes***

**CAP**  
*Militaire du rang-technicien*

**SECONDE**  
*Elève-Technicien*

**PREMIÈRE-TERMINALE**  
*Sous officier spécialiste*

**BAC**  
*Officier pilote*

**MATHS SPE**  
*Officiers d'active*

Pour tout renseignement: SIRPA AIR - 26, bd Victor  
00460 ARMÉES ou MINITEL 36.14 ARMÉE AIR

constante de 25 à 30 mremsl/h. Près de là, au bout d'une petite route départementale, une excavation de quelques mètres avait été pratiquée dans la roche, protégée par un grillage qui en interdisait l'accès. Contre ce grillage, j'ai mesuré une dizaine de mremsl/h. Tout cela pour dire qu'un travailleur absorberait là des radiations (sans parler du radon !), à des doses bien supérieures à celles des centrales nucléaires. »

Il est bien exact qu'on exploite l'uranium à Lodève, dans l'Hérault, de même qu'en Vendée (région de Montagne-sur-Sèvre), dans le Limousin (La Crouzille) et au nord de Libourne (Coutras, gisement de 20 000 t, soit la consommation française d'électricité pendant trois ans), en plus de gisements de moindre importance, dans le massif armoricain et dans le Cantal. Mais, jusqu'à plus ample informé, il semble que cette exploitation se fasse de façon mécanisée et que les travailleurs soient donc protégés. Reste évidemment à savoir dans quelle mesure les saignées pratiquées dans des massifs uranifères ne provoqueraient pas des fuites de substances radioactives dans l'environnement, sous forme de poussières de radon.

## Bettelheim et la culpabilité

« Pourquoi certains articles sont-ils signés lisiblement et d'autres pas ? », demande M. G. R., de Vénissieux. « L'article sur les abeilles est lisiblement signé, pas celui sur Bruno Bettelheim. Qu'est-ce qui vous dérange dans Bruno Bettelheim ? L'école orthogénique explique clairement que la folie est très dure à soigner. Effectivement, cela demande beaucoup d'amour. La culpabilité des parents, je m'en f... d'ailleurs je n'ai pas d'enfants. »

Il n'y a pas dans notre revue de signatures « lisibles » et d'autres « illisibles ». Les articles des chroniques, notamment des échos de la recherche, sont signés d'initiales, dont les clefs sont indiquées au bas de la dernière page. Ce qui nous « gêne », comme dit plaisamment

notre lecteur, dans les théories de Bettelheim, est qu'elles induisent en erreur les parents d'enfants autistiques (la « folie » n'a rien à voir avec l'autisme). Il a suscité des espoirs inutiles et cruels en laissant croire que l'autisme peut être guéri par l'amour, ce qui est aussi singulier que de prétendre guérir la typhoïde de la même manière. De la sorte, il a créé des sentiments de culpabilité chez les parents qui n'ont pas pu soumettre, faute de moyens, leurs enfants au traitement de cet auteur. Mais on conçoit fort bien que notre correspondant ne fasse pas grand cas des souffrances psychologiques d'autrui, puisqu'il n'a pas d'enfants...

Télécom, la transmission de son identification. On peut s'étonner de la faculté qui est ainsi donnée de celer son identité, sauf à supposer que l'appelant se livre à des activités clandestines.

La deuxième exception est celle-ci : dans certains cas, on peut requérir des techniciens de France Télécom l'identification de l'appelant ; mais cela n'est possible que sur commission rogatoire délivrée par un juge d'instruction, et cela exige un certain temps.

Il n'existe pas, en principe, d'incompatibilité absolue entre le système analogique et la possibilité d'identifier un appelant. Ainsi, aux Etats-Unis, où les liaisons sont analogiques, l'expérimentation d'un système d'identification a été tentée dès 1987. Pour cela, la voix et les informations d'identification de l'appelant sont transmises sur une ligne séparée, dite CCS7 (Common Channel Signalling Number 7), qui possède le même numéro d'appel que la première et qui permet la transmission à grande vitesse de données numériques.

Depuis 1988, deux compagnies privées, Bell et Rochester Telephone, proposent plusieurs services à leurs abonnés, grâce à un nouveau réseau, dont un est appelé *Caller ID*. A l'aide d'un boîtier muni d'un écran à cristaux liquides posé près du combiné, l'appelé peut donc, avant même de décrocher, savoir le numéro de l'appelant.

L'étude de novembre 1989 de Bell Atlantic, à laquelle nous nous référions, fait que ce système, impossible à déconnecter, a réduit de plus de 50 % les appels obscènes. Ce système devrait être généralisé par Bell Telephone en 1995.

Toutefois, ce dispositif ne présente son plus grand intérêt que dans certaines conditions locales. Il faut ainsi savoir qu'aux Etats-Unis les appels obscènes et le démarquage téléphonique ont pris les proportions d'une véritable plaie.

**Nota** De nombreux lecteurs nous font l'honneur de nous demander de leur adresser des dossiers, des bibliographies, voire des traductions de textes de référence, dont nous nous sommes servis. Nous sommes au regret de ne pouvoir assurer un tel service, qui n'entre pas dans nos compétences.

## Retrouver son correspondant téléphonique

Se référant à la brève de notre numéro d'avril, p. 88, sur l'appareil à retrouver le numéro d'appel d'un correspondant téléphonique, de nombreux lecteurs nous ont demandé, par courrier et par téléphone, si cela est possible en France. Sauf deux exceptions, non ; en effet, les impulsions électriques ou les fréquences vocales qui sont envoyées par un poste d'appel ordinaire ne comportent aucune indication permettant de l'identifier. Par ailleurs, le Minitel ne permet pas de rechercher un abonné à partir d'un numéro de téléphone.

Seul le nouveau service Numéris offre cette possibilité, car un code d'identification est transmis avec l'appel. Cela permet donc à l'appelé de ne pas répondre à un appel ou bien de le détourner sur un autre poste sans décrocher au préalable le combiné. Le service Numéris est accessible à tous ; il impose un poste téléphonique spécifique et une liaison téléphonique numérique de l'appelant à l'appelé. Actuellement, presque toutes les liaisons interurbaines en France sont numériques, mais il subsiste encore des centraux analogiques.

Toutefois, à la suite d'une requête de la commission Informatique et Libertés (CNIL), si l'appelant est abonné au service Numéris, il peut interdire, par le relais de France



## MÉTAL 5 PRÉSERVE VOTRE CAPITAL MOTEUR

Démarrages, embouteillages, accélérations... les moteurs d'aujourd'hui sont soumis à rude épreuve. Résultat : malgré des moteurs plus performants et des huiles de plus en plus sophistiquées, les phénomènes d'usure deviennent sensibles. Très vite, puissance et nervosité dérapent ainsi que les consommations.

Des performances préservées : Métal 5 est le seul traitement remétallisant capable d'enrayer les phénomènes d'usure dûs aux conditions modernes de conduite. Issu des technologies les plus actuelles, il assure une parfaite protection des pièces soumises à friction ; le moteur conserve ses conditions idéales de fonctionnement et ses performances d'origine.

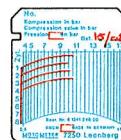
Une longévité assurée : utilisé régulièrement, Métal 5 prolonge la vie de votre moteur, garde intacte sa puissance et diminue les surconsommations d'huile et de carburant. Les compressions remontent et s'équilibrent ; c'est le signe

Compatible avec tous les lubrifiants, Métal 5 protège activement tous les moteurs Diesel et essence, avec ou sans plomb. Il convient aussi bien aux moteurs atmosphériques que turbo, avec ou sans pot catalytique.

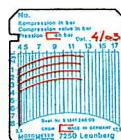
indiscutable de la bonne santé de votre moteur. Alors, dès 20.000 km, préservez votre capital moteur et gardez intact votre plaisir de conduire.

Métal 5 est conseillé par plus de 10.000 professionnels auto et par le réseau Automobiles Peugeot (Concessionnaires et Agents). Pour obtenir des renseignements techniques personnalisés, écrivez ou téléphonez au Centre d'Information Métal 5 : SODITEN S.A. - 105, rue de Billancourt - 92100 BOULOGNE - Tél. : (1) 48.25.73.73.

Exemple de protection active Métal 5 sur un moteur 16 soupapes de 1.900 cm<sup>3</sup> : les compressions remontent et s'équilibrent.



Etat des compressions avant Métal 5 à 56.223 km.



Etat des compressions avec Métal 5 à 57.140 km.

Adressez-moi gratuitement le Guide Métal 5 d'entretien des moteurs : 16 pages illustrées, 14 questions d'automobilistes, 14 réponses Métal 5.

Nom : \_\_\_\_\_ Adresse : \_\_\_\_\_

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

Type de voiture : \_\_\_\_\_ Kilométrage \_\_\_\_\_

**métal 5®**

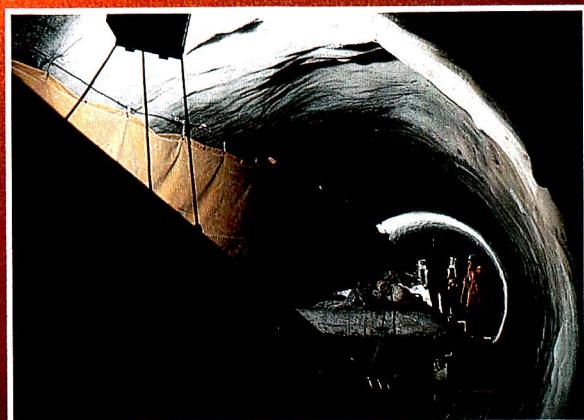
LA PROTECTION ACTIVE DES MOTEURS.

# MYSTÈRE DANS LE SOLEIL

*Le Soleil nous envoie de la chaleur et de la lumière sous forme de rayonnements électromagnétiques, mais aussi une quantité phénoménale de neutrinos : plus de 60 milliards par cm<sup>2</sup> et par seconde, qui nous parviennent en 8 minutes et*

*traversent la Terre sans laisser la moindre trace. Mais le nombre de neutrinos solaires que détectent les physiciens est insuffisant : leurs calculs en prévoient trois fois plus. Où passent ceux qui manquent ? Trois formidables pièges à particules fantômes vont peut-être répondre à cette question.*

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT



## DU SOLEIL SOUS LA TERRE

Pour éviter le "bruit de fond" des rayons cosmiques et autres bombardements adventices, c'est dans le silence des mines les plus profondes qu'on a installé les capteurs de neutrinos

**L**es conséquences de cette question sont considérables. Toute l'énergie du Soleil (et des étoiles, pendant la plus grande partie de leur vie) provient des réactions de fusion de l'hydrogène qui ont lieu en son centre ('). Là, à des températures colossales, les noyaux d'hydrogène (un seul proton) se regroupent pour se transformer en noyaux d'hélium (deux proton). Cette fusion s'opère en une douzaine de réactions, dont six émettent un neutrino. Ces neutrinos, créés au cœur du Soleil, traversent sans encombre toutes les couches de l'astre et nous parviennent en huit minutes après un voyage sans histoire de 150 millions de km à la vitesse de la lumière, en gardant inaltérée le "souvenir" de leur lieu de naissance (c'est-à-dire leur énergie, leur nombre, etc.). Des photons sont aussi émis au cœur du Soleil dans ces mêmes réactions de fusion, mais leur voyage est beaucoup plus mouvementé : ils interagissent sans cesse, mettent des années à émerger jusqu'à la surface de l'astre, et ceux qui nous parviennent (lumière visible, ultraviolette, infrarouge) ne gardent aucun "souvenir" du centre du Soleil, mais reflètent seulement l'état de sa surface.

Les neutrinos sont donc seuls capables de renseigner les astronomes sur les réactions nucléaires du cœur du Soleil, et plus généralement sur la vie et l'évolution des étoiles. C'est pourquoi les scientifiques cherchent à confronter leurs modèles théoriques

## LA MASSE DES NEUTRINOS : UNE ARLÉSIENNE !

Nos lecteurs fidèles l'auront remarqué : nous avons consacré de nombreux articles aux neutrinos depuis plus de quinze ans. Pourtant, malgré un certain nombre d'annonces prématuées sur la découverte d'une masse pour ces particules fantômes, on n'est pas plus avancé aujourd'hui : tous les résultats ont été démentis par des expériences chaque fois plus précises. On ignore donc toujours, à l'heure ac-

tuelle, si le neutrino a une masse ou non. Tout ce que l'on peut dire, c'est que si masse il y a, elle est très faible — au moins 100 000 fois plus petite que celle de l'électron, la plus légère des particules.

Quant à la théorie générale des particules et des forces élémentaires, qu'on appelle le Modèle Standard, il ne dit rien à ce sujet : il s'accommode certes bien d'une masse nulle pour le

## CHERCHER UNE AIGUILLE DANS DES MILLIARD

Dépourvus de charge électrique, les neutrinos qui bombardent en permanence la Terre la traversent sans s'arrêter et sans laisser de trace de leur passage. Néanmoins, les physiciens des particules ont mis au point des détecteurs spéciaux, qui réussissent à en capturer quelques-uns. Le mode de capture diffère selon les détecteurs et selon l'énergie des neutrinos qu'ils peuvent capturer.

**1. Dans le détecteur de Homestake**, aux Etats-Unis, le milieu capteur est du perchloréthylène. Lorsqu'un neutrino "heurte" un noyau de chlore 37 présent dans ce produit, ce noyau se transforme en un noyau d'argon 37 en libérant un électron. L'argon produit est repérable car il est radioactif. En comptant le nombre de désintégrations de l'argon recueilli et purifié, on en déduit le nombre de noyaux d'argon formés et donc le nombre de neutrinos captés. Dans ce détecteur, il s'agit uniquement de neutrinos solaires de très haute énergie, les seuls qui interagissent avec le chlore 37.

**2. Dans les détecteurs Gallex et SAGE** (respectivement européen et

américano-soviétique), l'élément capteur est du gallium 71. Lorsqu'un noyau de cet élément absorbe un neutrino, il se transforme en noyau de germanium 71 en émettant un électron. Le germanium 71 étant radioactif, un processus analogue à celui utilisé à Homestake, déjà décrit, permet de déduire le nombre de neutrinos captés. Ce détecteur est sensible à tous les neutrinos émis par le Soleil, quel que soit leur énergie.

**3. Dans le détecteur SNO**, de Sudbury, au Canada, l'élément capteur est du deutérium contenu dans une piscine d'eau lourde. Le SNO peut capturer des neutrinos de trois manières différentes.

**a.** Un neutrino peut être absorbé par un noyau de deutérium, dont il transforme le neutron en proton en éjectant un électron. L'énergie de l'électron est alors très proche de celle du neutrino incident.

**b.** Un neutrino peut interagir avec un électron de l'eau lourde sans transformation de particules, simplement en lui communiquant son énergie, comme lors d'un choc entre deux boules de billard. La direction dans laquelle

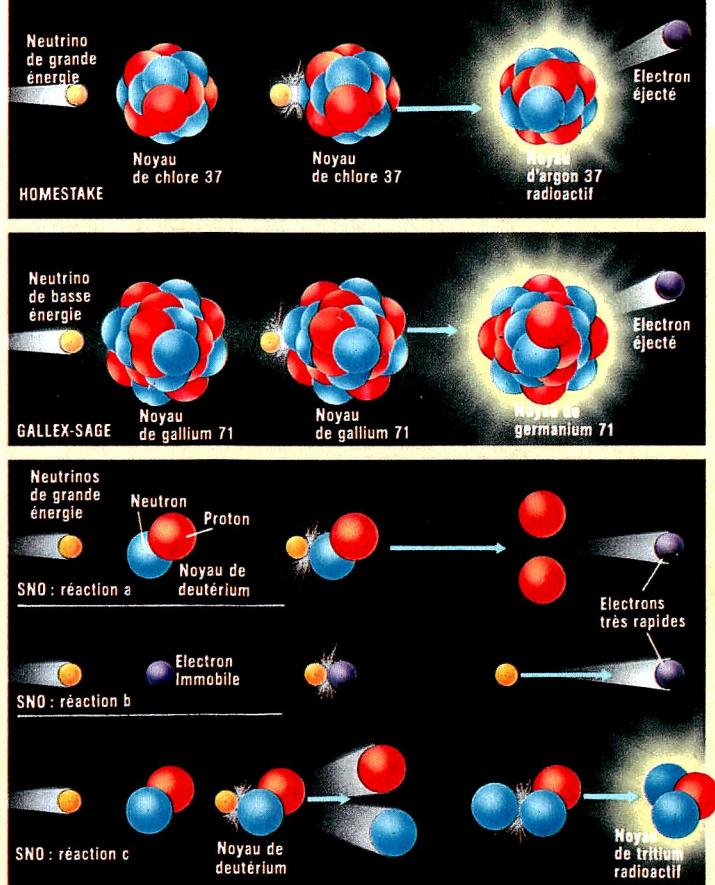
ques du Soleil avec les expériences de détection de neutrinos solaires.

Ces modèles du Soleil sont bien au point ; ils se fondent sur des données d'observation : taille, poids, luminosité, composition de la surface. Au centre de l'astre, la chaîne des réactions nucléaires productrices d'énergie est connue en détail (pourcentage de chaque réaction, énergie des neutrinos émis, etc.). On sait aussi décrire les couches plus extérieures, les échanges thermiques, les mouvements de convection. Les simulations sur ordinateur retracant la vie du Soleil depuis sa naissance concordent remarquablement avec tous les faits

neutrino, tout en n'interdisant pas une faible masse. Mais les théoriciens préféreraient généralement cette seconde hypothèse, car ils ne voient pas pourquoi le neutrino se distinguerait de ses congénères les particules de la matière — électrons, quarks, etc. — qui, elles, possèdent des masses bien définies. Certes, le photon, la "particule" de lumière, n'a pas de masse. Mais il appartient à un genre de particules

## DE BOTTES DE FOIN

Il est éjecté l'électron permet de connaître celle d'où provient le neutrino. **C.** Un neutrino peut dissocier le proton et le neutron d'un noyau de deutérium. Le neutron ainsi libéré perd de l'énergie au cours de collisions successives avec d'autres noyaux, puis, complètement ralenti, il est alors absorbé par un noyau de deutérium, lequel se transforme ainsi en noyau de tritium. Ce dernier, qui est radioactif, se transforme ensuite spontanément en un noyau d'hélium 3 en éjectant un électron, que l'on peut détecter. Le grand intérêt de cette réaction de dissociation est qu'elle se produit avec la même probabilité pour les trois différents types de neutrinos : électroniques, muoniques et tauoniques. C'est une "première", car les interactions dont il a été question jusqu'ici ne concernaient que les neutrinos électroniques. Comme le Soleil ne produit, au départ, que des neutrinos électroniques, cette réaction permettra, au cas où elle enregistre des neutrinos solaires autres qu'électroniques, de vérifier l'hypothèse selon laquelle les neutrinos peuvent osciller entre ces trois types à l'intérieur du Soleil (voir l'article).



d'observation. Tous sauf un, mais il est crucial : le nombre de neutrinos émis. Les expériences en comptent trois fois moins que prévu par les modèles. Les expériences, ou plutôt l'expérience : car de 1968 à 1986, il n'en existait qu'une au monde pour détecter les neutrinos solaires.

Installé au fond d'une mine d'or à Homestake (dans le Dakota du Sud), ce détecteur, conçu et dirigé depuis plus de 20 ans par Raymond Davis, est une cuve de 600 tonnes de perchloréthylène (un détergent pour teinturerie) encore appelé tétrachlorure de carbone ( $C_2Cl_4$ ). Lorsqu'un neutrino "heurte" un noyau de chlore présent dans

tout à fait différentes des particules de matière et des neutrinos. Les physiciens ont montré qu'il est pour lui "nécessaire" de ne pas avoir de masse, ce qui n'est pas le cas du neutrino...

Reste la question que se pose certainement le lecteur : comment diable une particule peut-elle exister sans avoir de masse ? Ce qui est inconcevable pour le commun des mortels ne pose pas de problème majeur aux physiciens, familiers d'un univers rela-

tiviste et quantique. La masse, pour eux, est un paramètre parmi d'autres, qui n'est pas nécessaire à l'"existence" et n'a pas grand-chose à voir avec l'expérience quotidienne que nous en avons à notre échelle. La masse est inséparable de l'énergie, et c'est pourquoi les physiciens préfèrent parler de "masse au repos". Dire qu'une particule n'a pas de masse signifie que sa masse au repos est nulle, autrement dit qu'elle n'est jamais au repos : elle se déplace à la vitesse de la lumière...

le perchloréthylène — ce qui arrive malgré tout, même si c'est extrêmement rare —, ce dernier se transforme en un autre élément, l'argon 37, en libérant un électron. (Cette réaction s'écrit  $\nu + 37 Cl \rightarrow 37 Ar + e^-$ ). L'argon 37 produit est radioactif. Tous les deux mois environ, on le recueille, on le purifie et on compte ses désintégrations pour en déduire le nombre de noyaux d'argon 37 formés et donc le nombre de neutrinos qui ont été captés.

Il faut imaginer l'immense difficulté de cette expérience. Encore une fois, les neutrinos sont des particules interagissant très faiblement, c'est-à-dire très rarement (voir encadré p. 18) : c'est d'ailleurs ce qui fait leur charme aux yeux des physiciens, puisque les neutrinos peuvent ainsi émerger intacts du centre des étoiles et nous en apporter témoignage. Mais le revers de la médaille, c'est que la Terre — et les détecteurs — ne les arrêtent pas plus que la matière stellaire : ils sont exceptionnellement difficiles à détecter. Pour compenser, les neutrinos

ont un atout, leur gigantesque nombre. Chaque neutrino a une probabilité infime (mais parfaitement connue) d'être absorbé par un détecteur ; mais si l'on met en jeu une énorme quantité de neutrinos d'un côté, et une énorme quantité de matière susceptible d'interagir avec ces neutrinos de l'autre, on obtiendra un nombre très faible — mais donc très bien connu en théorie — de réactions. Ce principe explique pourquoi les détecteurs de neutrinos sont toujours très vastes ; les expériences de ce genre s'apparentent à la recherche d'une aiguille microscopique dans une monstrueuse botte de foin. Ainsi, dans son détecteur de Homestake, R. Davis obtient en moyenne un atome d'argon 37 tous les deux jours (donc un neutrino interagit tous les deux jours) qu'il doit repérer dans ses 600 tonnes de liquide, soit plus de 1 030 atomes : trouver un atome parmi des milliers de milliards de milliards de milliards d'autres atomes, tel est le défi de la chasse aux neutrinos.

De même que lorsqu'on veut entendre un bruit infime, il faut d'abord éliminer tout bruit de fond, de même, pour détecter un neutrino, il faut éliminer tous les autres phénomènes capables de transformer le chlore en argon, ce qui fausserait le comptage. Et les plus redoutables parasites, en la circonstance, sont les particules cosmiques qui bombardent la Terre et peuvent provoquer, justement, ce genre de transmutations. C'est pourquoi, les détecteurs de neutrinos sont enfouis sous des kilomètres

de roches (dans des mines ou des tunnels, par exemple), qui absorbent les particules cosmiques, mais évidemment pas les neutrinos que rien n'arrête. C'est ainsi que R. Davis et ses collaborateurs ont la certitude que les atomes d'argon 37 qu'ils dénombreront sont bien produits par des neutrinos.

Dès 1968, année où l'on commença l'expérience, le nombre trouvé était beaucoup plus faible que les prédictions théoriques des modèles du Soleil ! En 20 ans, la théorie s'est affinée ; l'expérience, maintes fois répétée, s'est améliorée (on détecte aujourd'hui presque 95 % de l'argon produit), mais le déficit en neutrinos s'est confirmé. En 1987, une seconde expérience a confirmé ce décevant résultat : le détecteur souterrain japonais de Kamiokande (qui avait été conçu à l'origine pour une autre recherche mais a été modifié pour la détection de neutrinos) a trouvé exactement le même déficit que celui de Homestake.

Comment expliquer cette contradiction entre théorie et expériences ? Si l'on admet que les mesures expérimentales sont exactes (et on peut aujourd'hui l'admettre sans risque), alors de deux choses l'une : ou bien le nombre de neutrinos calculé est faux — et c'est le modèle qui est en cause — ou bien le modèle est bon mais les deux tiers des neutrinos créés disparaissent en cours de route, ou deviennent indétectables entre le cœur du Soleil et la Terre — et il faudrait alors revoir la physique des neutrinos, car on n'a jamais observé ni prédit de tels phénomènes.

Pour se départager, les physiciens ont mis au point deux nouvelles expériences, dont nous parlerons plus loin. Car celle de Homestake a une portée limitée : elle n'est sensible qu'à une toute petite fraction des neutrinos solaires (1/1 000 environ), les neutrinos de haute énergie, qui proviennent pour la plupart d'une des dernières réactions de la chaîne de fusion au cœur du Soleil, la désintégration du bore 8. Ces neutrinos-là réagissent avec le chlore du détecteur parce que leur énergie est supérieure à 0,81 MeV (1). La grande majorité des neutrinos solaires ont une énergie beaucoup plus basse, et ne peuvent donc être détectés par l'expérience de Homestake.

Est-ce à dire que les neutrinos qui manquent à l'appel sont de basse énergie ? Non. A Homestake, on sait parfaitement qu'on n'est équipé que pour capter les "rares" neutrinos de haute énergie et pas les autres. Et c'est bien dans cette

## PREMIERS PIÈGES POUR UNE FAMILLE DE FANTOMES

Après la Deuxième Guerre mondiale, les Américains F. Reines et C.L. Cowan eurent l'idée d'utiliser le réacteur militaire de Los Alamos comme source de neutrinos : en effet, des milliers de milliards de neutrons s'y désintègrent chaque seconde par réaction béta, en produisant chacun un neutrino. Sur cet énorme flux, quelques rares neutrinos ont une chance d'interagir avec un proton, si l'on place devant le réacteur un détecteur de masse suffisante. Et c'est en détectant les produits de cette réaction neutrino + proton, que Reines put établir la preuve matérielle directe de l'existence du neutrino. C'était en 1956, soit vingt-cinq ans après sa découverte théorique.

Dans les décennies qui suivent, la famille des particules élémentaires s'agrandit ; en 1962, apparaît un cousin du neutrino, le "neutrino muonique", et en 1977 un troisième type de neutrino, qualifié de "tauonique". Ces deux nouveaux sont liés à deux cousins de l'électron, le muon ( $\mu$ ) et le tau ( $\tau$ ) :

particules semblables à l'électron, mais beaucoup plus massives, et qu'on ne rencontre pas dans la matière ordinaire. A chacun de ces superélectrons est donc associé un neutrino ( $\nu$ ), avec lequel il réagit, de la même manière que l'électron réagit avec le neutrino "ordinaire" lequel est désormais appelé "neutrino électronique" ( $\nu_e$ ) (1).

La famille des neutrinos est-elle au complet à présent ? Oui ! On peut l'affirmer depuis l'automne dernier : les physiciens se demandaient s'il n'existe pas un quatrième, voire un cinquième type de neutrinos, mais une expérience menée au LEP (le superaccélérateur européen installé près de Genève) en 1989 a définitivement écarté cette idée (2). Les neutrinos sont trois, et trois seulement.

(1) Les trois types de neutrinos, bien qu'électriquement neutres, ont chacun une antiparticule qui tourne en sens inverse : on dit que neutrinos et antineutrinos diffèrent par leur "hécitité" (ou spin, en anglais). Dans la radioactivité bêta, ce sont d'ailleurs des antineutrinos qui sont émis.

(2) Voir *Science & Vie* n° 867, de décembre 1989 : "12 briques pour bâtir l'Univers".

## GALLEX : UN NEUTRINO PAR JOUR

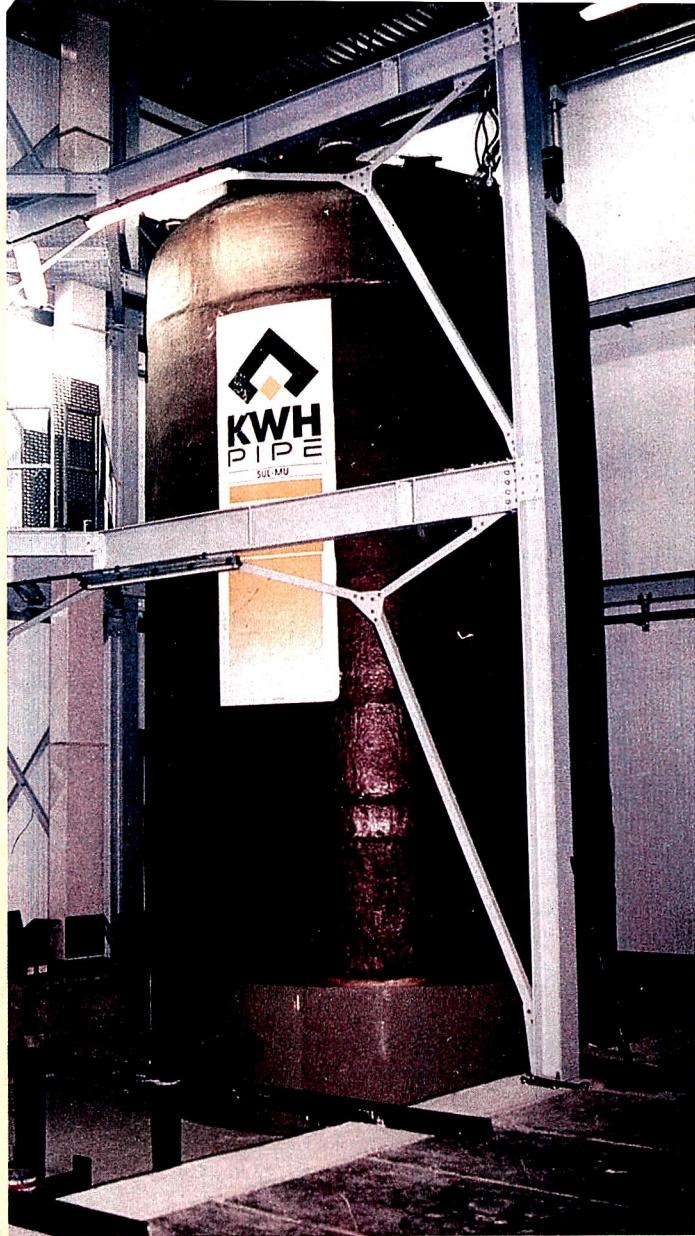
Des milliards de milliards de neutrinos émis par le Soleil traversent quotidiennement le détecteur Gallex, mais un seul par jour, en moyenne, interagit avec un noyau de gallium 71.

Le détecteur Gallex se compose d'une énorme cuve (photo ci-contre) remplie d'une solution liquide acide de trichlorure de gallium ( $\text{GaCl}_3$ ). La cuve est enterrée à 2 000 m de profondeur (comme pour l'expérience de Homestake déjà décrite).

L'atome de germanium 71 créé lorsqu'un neutrino est absorbé par un atome de gallium 71 s'entoure d'atomes de chlore et se retrouve sous la forme de tetrachlorure de germanium ( $\text{GeCl}_4$ ), très volatil.

Toutes les deux à trois semaines environ, on récupère les molécules de tetrachlorure de germanium, en faisant circuler dans la cuve un fort courant d'azote gazeux qui les entraîne. Le germanium 71, sous forme de "germane" ( $\text{GeH}_4$ ), est ensuite acheminé vers un compteur minuscule et extrêmement précis (photo ci-dessous, à droite) qui mesure sa décroissance radioactive, ce qui permet — comme dans l'expérience de Homestake — de déduire le nombre d'atomes produits, et donc le nombre de neutrinos captés. On en attend environ un par jour (s'il n'y a pas de déficit de neutrinos).

L'expérience Gallex a été testée pendant plusieurs années en échelle réduite, avec une tonne de gallium, et sera calibrée avec la source artificielle de neutrinos la plus puissante du monde (réalisée en irradiant du chrome avec un réacteur du CEA). On peut ainsi connaître précisément le "rendement" du détecteur pour un flux connu de neutrinos qui le traverse. L'expérience en



grandeur réelle vient de commencer, et les premiers résultats devraient être annoncés d'ici un à deux ans.

L'expérience américano-soviétique SAGE (ci-contre) utilise aussi actuellement 30 tonnes de gallium (mais est prévue pour 60 tonnes), sous forme de métal fondu, réparti en plusieurs cuves. Elle recourt à une autre méthode, beaucoup plus complexe et dont on ne parlera pas ici, pour en extraire le germanium 71.

rare population de neutrinos énergétiques qu'il manque deux tiers de la quantité prévue par le modèle théorique.

En attendant que de nouveaux détecteurs entreprennent de dénombrer les neutrinos de basse énergie, les physiciens vérifient si ce pourcentage théorique de 1/1 000 pour les neutrinos de haute énergie ne peut pas être abaissé. Or, il se trouve que la quantité de bore 8 produite dans le Soleil dépend fortement de la température du cœur de l'astre. Donc, ont pensé les physiciens, si l'on corrige le modèle du Soleil en imaginant que la température du cœur soit plus basse, on diminuera du même coup le flux théorique de neutrinos émis par le bore, et on se rapprochera du flux réel observé à Homestake. Les physiciens se sont donc mis à tester toutes sortes de modifications du modèle aboutissant à diminuer la température calculée du cœur. Champ magnétique, cœur en rotation, turbulence, autre composition du Soleil et même trou noir central : tout ce qui pouvait expliquer un nombre réduit de neutrinos de grande énergie a été proposé. Une des hypothèses les plus audacieuses est celle des "wimps", car elle prétend résoudre du même coup le mystère de la masse manquante de l'Univers (*voir encadré p. 22*). Les wimps, ou *Weakly Interacting Massive Particles*, seraient des particules massives inobservées à ce jour, interagissant seulement faiblement, comme les neutrinos, mais elles pourraient contribuer à refroidir le cœur et donc à réduire le nombre de neutrinos émis par le bore...

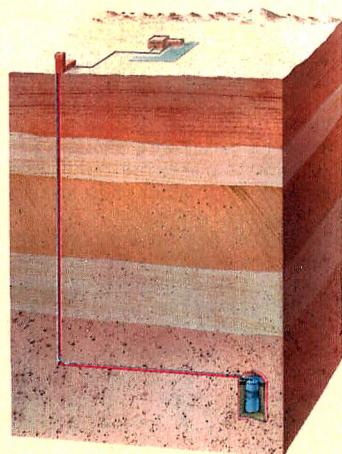
Tout cela n'est pour le moment que pure hypothèse. Certains physiciens considèrent d'ailleurs que le modèle actuel du Soleil, qui rend très bien compte des observations, est encore le plus raisonnable, et ils pensent que la solution au problème des neutrinos solaires se trouve non dans le Soleil, mais dans les neutrinos eux-mêmes. Pour eux ce n'est pas le modèle du Soleil qui est faux, mais la physique des neutrinos qui est mal connue. Seule l'expérience peut trancher.

La majorité des neutrinos solaires sont émis, nous l'avons vu, avec une faible énergie, dans la première réaction de la chaîne de fusion, dite réaction proton-proton (1). Or, le taux de réaction ne

dépend pas du modèle théorique du Soleil (contrairement à la désintégration du bore 8), elle est reliée à la luminosité de l'astre, qui est une simple donnée d'observation. Là, les astrophysiciens sont à peu près sûrs de leurs comptes. Par conséquent, si on n'en détecte pas la quantité prédictive, c'est que cer-

## SNO : LE PLUS GRAND PIÈGE

Le détecteur du Sudbury Neutrino Observatory (SNO), qui doit entrer en service en 1995, est constitué d'une énorme piscine (1) enterrée à 2 000 m de profondeur dans l'Ontario, au Canada, grande comme un immeuble de 10 étages, contenant 1 000 tonnes d'eau lourde — de l'eau dont l'hydrogène est remplacé par son isotope le deutérium, dont le noyau contient deux neutrons au lieu d'un seul. Les neutrinos produisent avec le deutérium différentes réactions (*voir dessins p. 17*) qui se traduisent toutes par l'émission d'un électron rapide : la vitesse de cet électron est proche de celle de la lumière dans le vide et supérieure à la vitesse de la lumière dans l'eau, ce qui fait qu'il émet un petit cône lumineux : c'est l'"effet Ceren-



tains nous échappent — peut-être à la suite d'interactions imprévues. En revanche, si le taux de neutrinos de basse énergie détecté correspond bien au prévisions, on en conclura que c'est le modèle du Soleil qui est en faute en ce qui concerne le déficit de neutrinos de grande énergie.

Tel est donc l'enjeu capital de la chasse aux neutrinos solaires de basse énergie : savoir s'il faut refaire le modèle du Soleil ou réviser la physique des particules. Malheureusement, les neutrinos de faible énergie sont les plus difficiles à détecter. Voilà plus de quinze ans que les physiciens ont trouvé, en principe, comment y parvenir, mais il n'a pas été simple de passer du principe à la réalisation.

La détection de ces neutrinos utilise du gallium : un neutrino peut être absorbé par un noyau de gallium 71, qui se transforme alors en germanium

(1) Pour plus de détails sur le Soleil, voir *Science & Vie* n° 868, de janvier 1990 : "La physique menacée par un coup de Soleil".

(2) Dans cette réaction, le neutrino interagit avec un neutron, lequel se transforme en un proton plus un électron.

(3) L'électronvolt, ou eV, est l'unité de masse-énergie adoptée pour les particules. Par définition, l'électronvolt est l'énergie acquise par un électron soumis à une différence de potentiel de 1 volt. 1 kiloélectronvolt, ou keV = 1 000 eV ; 1 mégaelectronvolt, ou MeV = 1 000 000 eV.

(4) Il s'agit des forces "forte", "électromagnétique" et "faible", ces deux dernières étant déjà unies dans la théorie "électrofaible". Les théories de Grande Unification sur lesquelles travaillent de nombreux physiciens tentent d'y adjoindre aussi la force forte.

71 en éjectant un électron, et cette interaction avec le gallium est possible avec des neutrinos qui ont seulement 0,23 MeV (à comparer avec les 0,81 MeV nécessaires pour réagir avec le chlore.) Le gallium est un métal mou, qui fond dès 30°C et présente certaines analogies avec l'aluminium. Mais il est

assez rare : on en extrait en tout et pour tout 10 tonnes par an dans le monde. Or, les deux nouveaux détecteurs utilisent chacun 30 t de ce métal !

Le détecteur Gallex, installé dans le nouveau tunnel du Gran-Sasso, à 100 km de Rome, est une collaboration germano-franco-italienne à laquelle participe

des physiciens du CEA de Saclay et de l'université de Nice. L'autre expérience, SAGE (Soviet American Gallium Experiment), située sous les monts du Caucase en URSS, est menée par différentes équipes d'universités américaines et de l'Institut de recherches nucléaires de Moscou. Gallex et SAGE se ressemblent beaucoup ; les deux expériences exploitent la transmutation du gallium en germanium par un neutrino, et sont sensibles à tous les neutrinos solaires quelle que soit leur énergie. En mesurant la quantité de germanium 71 produit (radioactif), on peut en déduire le flux de neutrinos.

Les deux expériences diffèrent toutefois par la forme chimique sous laquelle se présente le gallium et la technique utilisée pour extraire de 30 tonnes de gallium les quelques atomes de germanium (voir l'encadré sur Gallex). L'existence de deux expériences similaires est une garantie contre les risques d'erreurs systématiques. L'expérience Gallex vient de démarrer et devrait livrer ses premiers résultats significatifs d'ici un an environ. Quant à l'expérience SAGE, qui a six mois d'avance sur Gallex, ses chercheurs viennent d'en communiquer les résultats préliminaires lors qu'un congrès à Genève, en juin dernier. Le nombre de neutrinos qu'ils ont annoncé apparaît étonnamment faible ; mais il convient d'interpré-

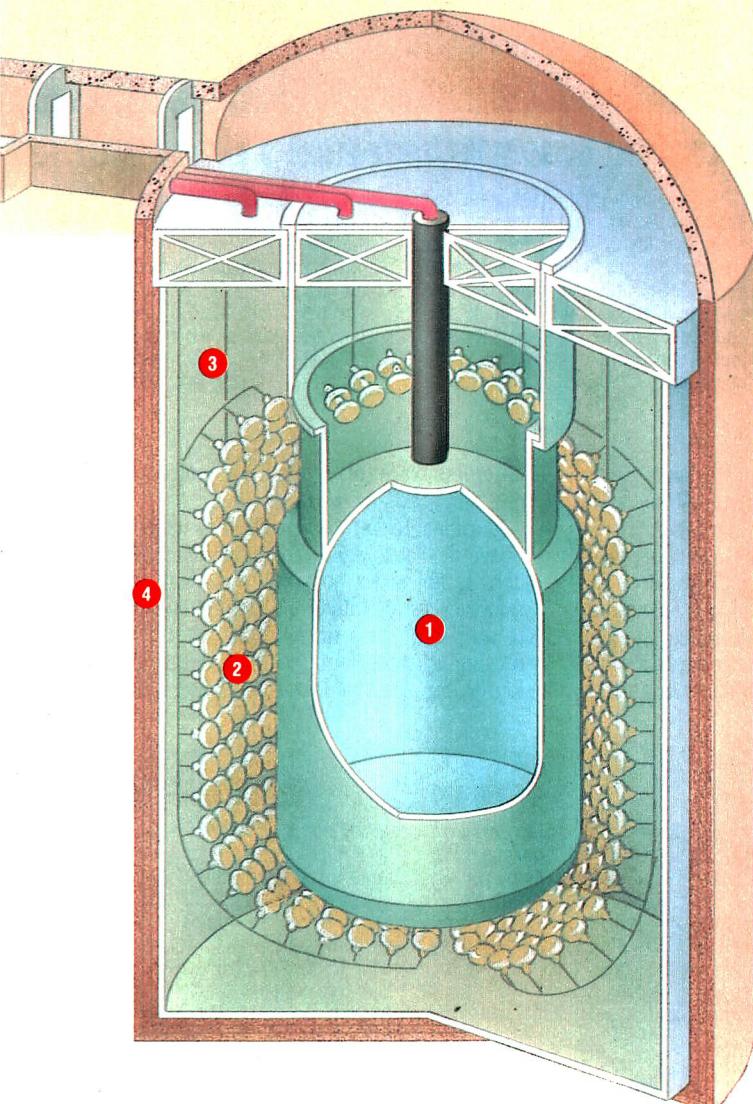
## À NEUTRINOS DU MONDE

kov", un peu analogue au bang d'un avion qui passe le mur du son.

Ces éclairs traversent la paroi transparente de la piscine et sont captés par 20 000 tubes photomultiplicateurs (2) très sensibles, de la taille d'un grand abat-jour. La lumière des éclairs, analysée après amplification par les tubes, fournit nombre de renseignements sur les neutrinos qui l'ont génér-

ée. Le SNO pourra capter une trentaine de neutrinos par jour.

La piscine et la batterie de photomultiplicateurs sont suspendus dans de l'eau très pure (3), qui arrête toute radioactivité naturelle qui risquerait de parasiter l'expérience. Enfin le tout est confiné dans une enceinte de briques de sulfure de calcium (4), un béton spécial qui est 200 fois moins radioactif que le béton ordinaire.



ter leurs données avec beaucoup de prudence, et d'attendre qu'ils soient confirmés ou infirmés par la suite. Une expérience aussi sensible comporte, en effet, de nombreuses difficultés et sources d'erreurs, et il faudra accumuler un plus grand nombre de neutrinos pour en tirer des conclusions statistiquement significatives.

Si les expériences Gallex et SAGE vont certainement nous faire progresser vers la solution de l'éénigme des neutrinos solaires (résultats attendus dans le courant de l'année prochaine), un troisième détecteur, de type tout à fait différent, doit permettre, lui, de résoudre d'autres problèmes posés par les neutrinos ; à commencer peut-être par le principal : les neutrinos ont-ils une masse ou non ? Car après de nombreuses expériences conduites pendant plus de dix ans, le mystère reste entier ! (voir encadré p. 16).

Le gouvernement canadien a accepté, en janvier dernier, de financer pour 35 millions de dollars le détecteur de Sudbury (Ontario) ; la province d'Ontario, les Etats-Unis et la Grande-Bretagne complétant le financement. Contrairement aux deux autres, le SNO (Sudbury Neutrino Observatory, voir dessin p. 20) ne sera pas consacré exclusivement aux neutrinos solaires et ne détectera pas les neutrinos de basse énergie ; mais il sera capable de donner la provenance des neutrinos et surtout la proportion de neutrinos des



## A L'INSTANT DE SA MORT, CETTE ETOILE A ENVOYÉ MILLE FOIS

Une supernova est une gigantesque explosion au cours de laquelle une étoile qui "meurt" en s'effondrant sur elle-même sous l'effet de la gravitation, éjecte presque toute l'énergie correspondant à sa masse d'un seul coup, sous forme de lumière et surtout d'une quantité astronomique de neutrinos — 1 000 fois plus, en un

instant, que n'en produira le Soleil pendant ses 10 milliards d'années d'existence !

Mais ces agonies spectaculaires que sont les supernovae, et qui se traduisent par l'apparition d'une nouvelle étoile très brillante dans le ciel durant quelques semaines, sont assez rares : avant 1987, la dernière visible à l'œil

différents types (électronique, muonique et tauonique, voir encadré p. 18).

L'originalité du futur détecteur canadien sera d'utiliser de l'eau lourde (où l'hydrogène ordinaire, dont le noyau est constitué d'un seul proton, est remplacé par du deutérium, dont le noyau comporte un proton plus un neutron). Or les neutrinos réagissent facilement (relativement...) avec l'eau lourde, ou plutôt le deutérium contenu dans celle-

## OU EST PASSÉE LA MASSE

La question de la masse du neutrino n'intéresse pas que les théoriciens de la physique des particules : elle est réellement cruciale pour la cosmologie, la science de l'Univers. On admet que, né du Big Bang, l'Univers est aujourd'hui en expansion. Or, selon les théories actuelles, son avenir dépend de sa masse : si celle-ci n'est

pas trop élevée, l'expansion se poursuivra indéfiniment. En revanche, si la masse de l'Univers dépasse un certain seuil critique, la gravitation l'emportera sur l'expansion, et l'Univers se contractera sous l'effet de la gravité jusqu'à une implosion finale inverse du Big Bang, le "Big Crunch" ! Les neutrinos jouent un rôle capital dans ces

scénarios, car ils sont si nombreux — un milliard de fois plus que les protons, selon les calculs des cosmologistes — que, s'ils ont une masse, même infime, leur poids global pourrait faire pencher la balance en faveur d'un Univers "fermé", ayant dépassé la masse critique, donc voué à la contraction.



## PLUS DE NEUTRINOS QUE LE SOLEIL DANS TOUTE SA VIE

nu remontait à 1604. En janvier 1987, cependant, les astronomes ont pu enfin vérifier leur théorie : une supernova avait explosé à 170 000 années-lumière "seulement" de nous (flèche sur la photo ci-dessus).

Et pour une fois, les neutrinos donnaient satisfaction aux scientifiques : trois détecteurs souterrains (qui, d'ail-

leurs, n'avaient pas été construits pour cela) ont "vu" simultanément les neutrinos de la supernova, presque en même temps que sa lumière : ce qui constitue une confirmation que la masse éventuelle des neutrinos est très faible, mais n'a malheureusement toujours pas permis de décider si cette masse est nulle ou non.

ci, et de plusieurs façons : quand un neutrino rencontre un deutérium, il peut provoquer trois interactions différentes (*voir dessin p. 17*) qui permettront de déterminer l'énergie, la direction de provenance et le type du neutrino capté.

Le détecteur de Sudbury sera le plus grand du monde ; il enregistrera environ 30 événements-neutrinos par jour, si tout se passe comme prévu. Seul le deutérium donne accès à toutes ces réac-

L'observatoire de neutrinos du Sudbury apportera des informations différentes de celles des expériences Gallex et SAGE. Ces dernières, on l'a vu, sont consacrées au problème des neutrinos solaires et au comptage des neutrinos de basse énergie. Le procédé de détection radiochimique, indirect (on mesure une ou deux fois par mois la désintégration d'un élément radioactif qui s'est accumulé dans la cuve) ne permet pas d'observer les interactions de

## MANQUANTE DE L'UNIVERS ?

Lorsqu'ils veulent calculer la masse de l'Univers, ou sa densité, ce qui revient à peu près au même, les astrophysiciens se heurtent depuis des années à une énigme : c'est le problème de la "masse manquante" ou "matière noire".

Il existe deux méthodes pour effectuer ce calcul : d'une part, on peut dé-

duire la masse de l'Univers de celle des noyaux qui la composent, dont on connaît les mécanismes de synthèse. La deuxième méthode, plus directe et fondée sur l'observation, consiste à estimer l'effet de la gravitation — donc de la masse — à partir du déplacement des galaxies. Or la méthode de la masse "gravitationnelle" donne des

tions et à ces informations, et c'est pourquoi le Canada était le mieux placé pour construire ce détecteur : il possède les principales réserves d'eau lourde du monde (car il en produit — et en exporte — pour sa filière de centrales nucléaires). Enrichie jusqu'à une teneur de 99,85 %, l'eau lourde utilisée dans le SNO (1 000 tonnes) a été prêtée par le gouvernement canadien — le coût de l'expérience, sans cela, aurait été prohibitif.

Autre atout, le SNO va être construit dans une mine de nickel moderne et bien équipée, à 2 000 m sous terre — toujours pour éliminer les rayons cosmiques — et dans une roche dont la radioactivité naturelle est particulièrement faible. Grâce à une profusion de blindages destinés à stopper toute radioactivité ambiante résiduelle, le détecteur de neutrinos de Sudbury sera sans doute l'endroit le moins radioactif de la planète. Le démarrage des expériences est prévu pour 1995 ou fin 1994.

valeurs dix fois plus élevées que celle de la masse "nucléaire". Autrement dit, 90 % de la masse de l'Univers est d'origine inconnue, non nucléaire.

Quel rôle jouent les neutrinos dans cette affaire ? C'est un défi lancé par les cosmologistes à la physique des particules.

neutrinos, ni de savoir quand elles ont eu lieu. Ce que fait, en revanche, l'expérience canadienne : les photomultiplicateurs qui détectent les électrons émis permettent de caractériser "en direct" le neutrino qui a réagi. De ce fait, le SNO est mieux préparé à l'observation d'une éventuelle supernova, puisqu'il permettra d'observer les neutrinos sitôt qu'ils nous en parviennent et donc d'établir des corrélations avec les observations des astronomes (en lumière visible et autres rayonnements).

Mais surtout le détecteur de Sudbury permettra

pour la première fois de savoir quelle est la proportion de neutrinos de type électronique par rapport aux neutrinos de types muonique et tauonique. Ainsi les physiciens pourront vérifier l'hypothèse des "oscillations" de neutrinos dans le Soleil, proposée pour résoudre l'éénigme des neutrinos solaires.

En effet, si les deux expériences Gallex et SAGE confirment le déficit, même pour les neutrinos de basse énergie, les physiciens en tireront la conclusion qui s'impose : le modèle du Soleil n'y est pour rien (puisque il ne joue pas sur les neutrinos de faible énergie) ; il se passe donc quelque chose de nouveau qui empêche une grande partie des neutrinos produits au centre du Soleil — quelle que soit leur énergie — de nous parvenir.

Quelque chose, mais quoi ? Dans les années 1960, le Soviétique B. Pontecorvo avait suggéré que si les neutrinos ont une masse, ils devraient "osciller" dans le vide entre les trois types (électronique, muonique, tauonique). On a pensé pendant quelques années que ces oscillations pouvaient expliquer le déficit en neutrinos solaires : si ces neutrinos, qui sont de type électronique au moment de leur émission dans les réactions nucléaires, oscillent périodiquement entre les trois types sur le trajet Soleil-Terre, il serait logique que les détecteurs, qui ne sont sensibles qu'aux neutrinos électroniques, en observent environ trois fois moins que prévu. Mais cette idée a été abandonnée, car ces oscillations produiraient des effets trop faibles pour expliquer le déficit observé.

Une nouvelle explication, plus satisfaisante, a été proposée en 1984 par les Russes Mikheyev et Smirnov, s'inspirant des travaux de l'Américain Wolfenstein. Selon eux, les neutrinos pourraient subir une sorte d'effet de résonance dans les régions les plus denses du soleil, qui aurait pour conséquence qu'en sortant une partie des neutrinos électroniques serait convertis en un autre type. Cet effet MSW (d'après les initiales des inventeurs) pourrait se produire même avec des masses très faibles pour les neutrinos. Les "oscillations dans la matière", comme on appelle aussi cette hypothèse — par op-

## PETITE "CALE" POUR FAIRE TENIR LA PHYSIQUE DÉBOUT

Voici bientôt 60 ans que le neutrino a fait son apparition, mais ce n'était alors qu'une particule "théorique" imaginée pour résoudre le mystère de la radioactivité bêta (1).

Dans les années 1920, les physiciens se trouvaient devant une énigme : lorsqu'un élément radioactif bêta éjecte un électron, celui-ci, au

sorte le "mode d'emploi" de la particule théorique. Cette nouvelle force était devenue nécessaire ; on connaissait de longue date la force de gravitation et la force électromagnétique. Depuis quelques années — depuis la découverte du noyau des atomes — on avait mis en évidence une troisième force à l'échelle atomique qui maintient ensemble les particules constituant le noyau (proton et neutron). Mais cette "force nucléaire forte", attractive, ne pouvait pas être responsable de la radioactivité bêta, c'est-à-dire de la transformation des noyaux. C'est là une manifestation d'une quatrième force, dite "force nucléaire faible" : force de transformation, qui change la nature même des particules, alors que les autres forces exercent une attraction entre particules et assurent la cohésion de la matière.

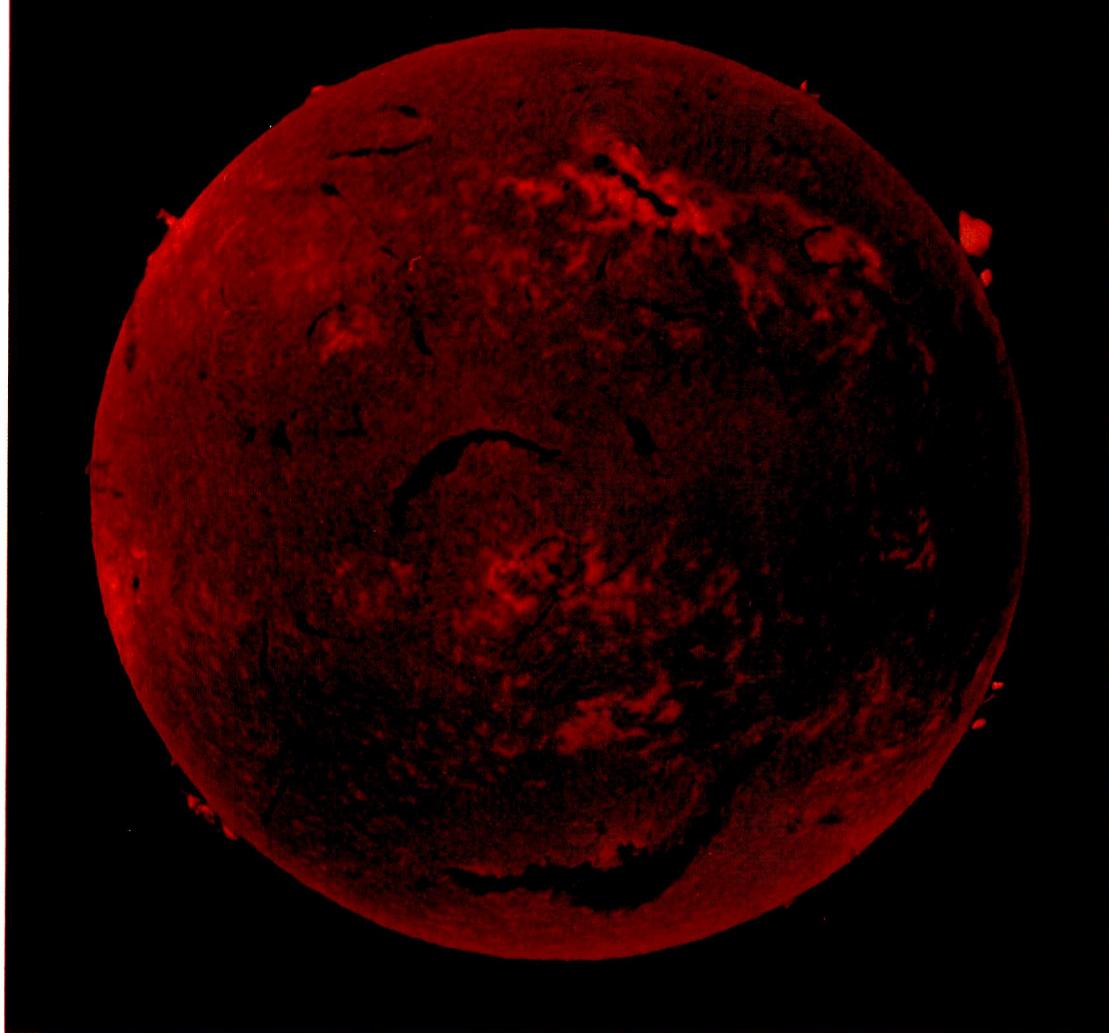
Hypothèse accueillie avec quelques réticences en 1930, le neutrino devint indispensable et son existence admise par tous dès la fin de 1933 — quand Fermi eut publié sa théorie de la force faible qui l'intégrait tout naturellement. Certes, on ne l'avait jamais détecté mais on savait pourquoi : le neutrino n'est sensible qu'à la force faible. C'est donc à cause de la... faiblesse de cette force que le neutrino interagissait si peu avec la matière, et qu'il était si difficile à piéger. Pauli lui-même, l'"inventeur" du neutrino, avait déclaré avoir commis « la faute la plus grave pour un théoricien : prédire l'existence d'une particule impossible à détecter ».

lieu d'avoir toujours la même énergie, est émis avec toute une gamme d'énergies inférieures à celle qu'on attendait. Où passe l'énergie qui manque à l'électron ? En 1931, le théoricien allemand Wolfgang Pauli (photo de g.) proposa une réponse : une nouvelle particule émise en même temps que l'électron, mais indétectable, se partagerait avec lui l'énergie de la radioactivité. Cette particule devait être remarquablement "effacée", puisqu'on n'avait jamais réussi à l'observer : neutre bien sûr (pour respecter l'équilibre des charges électriques), de masse nulle (à l'époque on ne se posait pas encore la question), donc se déplaçant à la vitesse de la lumière et insensible à la force nucléaire. Bref, un parfait fantôme.

Enrico Fermi (photo de dr.), jeune physicien italien, baptisa cette particule "neutrino", ce qui veut dire "petit neutre". C'est aussi Fermi qui, en 1933, formula la théorie de la force nucléaire faible, qui était en quelque



(1) Rappelons qu'il existe trois principaux types de radioactivité : alpha, bêta, gamma. La radioactivité alpha est la désintégration d'un noyau atomique qui éjecte une particule alpha, c'est-à-dire un noyau d'hélium. La radioactivité bêta est la désintégration d'un noyau qui se transforme en un autre noyau, avec émission d'un électron et d'un neutrino. Par exemple, le tritium ( $^{3}\text{H}$ ), un isotope de l'hydrogène, est radioactif bêta. Il est constitué d'un proton et de deux neutrons ; spontanément, un des neutrons se transforme en un proton + un électron, et ainsi le noyau de tritium se transmute en un noyau d'hélium 3 (2 protons et 1 neutron) en éjectant un électron. Quant à la radioactivité gamma, c'est l'émission d'un photon par un noyau.



## UN CYCLE DE 11 ANS POUR LES NEUTRINOS SOLAIRES ?

position à la théorie précédente, de Pontecorvo, des "oscillations dans le vide" — est, de plus, en accord avec certaines théories dites de Grande Unification, qui veulent unifier trois des quatre forces de l'Univers (1). Si le détecteur canadien trouvait une certaine proportion de neutrinos solaires de types autres qu'électroniques, l'"effet MSW" serait vérifié, ce qui signifierait que les neutrinos ont une masse !

Les trois grands détecteurs de neutrinos, Gallex et SAGE d'abord, puis le SNO, vont sûrement percer les principaux secrets des neutrinos. La physique, l'astrophysique et la cosmologie pourraient alors connaître quelques bouleversements.

Hélène Guillemot

Une importante nouvelle a fait sensation chez les physiciens réunis à Genève au mois de juin pour un congrès international consacré aux neutrinos. Les mesures du flux de neutrinos solaires, effectuées en continu depuis 1970 par Raymond Davis dans son expérience de Homestake (voir encadré p.17), varient quelque peu au cours du temps — même si elles restent toujours plusieurs fois inférieures au flux prédict par les modèles du Soleil. Or ces variations semblent périodiques et suivent le cycle de 11 ans de l'activité solaire ! On avait déjà fait le rapprochement entre les variations des mesures et les cycles du Soleil, mais les physiciens restaient sceptiques.

Cette fois, les calculs statistiques établissent catégoriquement une corrélation plus que troublante. Comment des neutrinos créés par des réactions nucléaires au centre du Soleil et qui

traversent sans interagir avec sa matière, peuvent-ils être affectés par cette activité magnétique cyclique des couches les plus externes de l'astre ?

Des hypothèses ont déjà été avancées pour répondre à cette question. En particulier, la traversée des champs magnétiques du Soleil pourrait inverser le moment magnétique des neutrinos et les rendre ainsi indétectables par l'expérience de Homestake. Mais pour que cette explication rende bien compte des valeurs de flux mesurées, il faudrait que le neutrino soit doté d'un moment magnétique qui semble beaucoup trop grand... Dans les prochains mois, d'autres théories tenteront, sans nul doute, d'expliquer cette extraordinaire périodicité.

Un nouveau mystère ou, qui sait, l'annonce d'une solution au problème des neutrinos solaires.



# LA CHASSE AUX DÉCIMALES DE $\pi$

*« Que j'aime à faire apprendre un nombre utile aux sages !*

*Immortel Archimède, artiste, ingénieur*

*Qui de ton jugement peut briser la valeur ?*

*Pour moi ton problème eut de pareils avantages... »*

*Jadis, on apprenait des*

*poèmes, même en classe de mathématique. En remplaçant chacun des mots par son nombre de lettres, vous obtenez 3,14159... Apparaissent ainsi les trente premières décimales du plus célèbre des nombres. Les écoliers n'apprennent plus ce poème, mais le calcul des décimales de  $\pi$  garde pourtant son intérêt... et certains de ses mystères.*

**L**e nombre  $\pi$  (<sup>1</sup>) désigne la longueur d'un cercle de diamètre unité. Et on eut très tôt le besoin de mesurer le périmètre d'objets circulaires. La Bible raconte l'histoire d'un ouvrier qui a fondu un énorme récipient (la mer) en fonte : « Il fit la Mer en métal fondu, de dix coudées de bord à bord, à pourtour circulaire, de cinq coudées de hauteur ; un fil de trente coudées en mesurait le tour (<sup>2</sup>) ». Autrement dit, pour le fondeur, le rapport du périmètre du cercle au diamètre vaut 3. Médiocre approximation, comme vous pouvez

le constater avec une ficelle et un objet circulaire, ou à l'aide d'un décimètre et d'un compas.

C'est au III<sup>e</sup> siècle avant J.-C. que commence, à l'initiative d'Euclide et d'Archimède, un véritable travail mathématique sur le cercle. Dans le célèbre traité de géométrie d'Euclide, *les Éléments*, on trouve la définition du cercle et les relations entre périmètre  $P$ , rayon  $R$  et surface  $S$ , qu'on écrit aujourd'hui :

$$S = \pi R^2, \quad P = 2\pi R.$$

Euclide énonce ainsi la première relation : « Les

surfaces des cercles sont comme le carré des diamètres », la surface est proportionnelle au carré du rayon, la constante de proportionnalité ( $\pi$ ) n'étant pas mentionnée.

A la même époque, Archimète propose dans un petit traité, *la Mesure du cercle*, la première valeur approchée significative de  $\pi$  :  $22/7$ , qui restera longtemps en usage. Le résultat, qui est une valeur approchée au  $2500^{\text{e}}$ , est remarquable pour l'époque (Archimète ne connaissait évidemment pas la notation décimale qui facilite grandement les calculs).

Ce résultat, comme les formules d'Euclide, repose sur le principe suivant, qui ne sera justifié en toute rigueur que vingt siècles plus tard : puisque le cercle ne peut se réduire à un polygone (<sup>3</sup>), on le comprime entre deux polygones qui peuvent être rendus arbitrairement proches du cercle en augmentant le nombre de leurs côtés (**figure 1**). Il suffit ensuite de mesurer le périmètre de ces polygones pour avoir une valeur approchée de la longueur du cercle. Archimète utilise deux polygones réguliers de 96 côtés pour obtenir son approximation !

C'est l'approfondissement de la même idée qui fera dire à Kepler et Galilée, au XVII<sup>e</sup> siècle, que « le cercle est un polygone à une infinité de côtés ».

D'autres valeurs approchées ont été obtenues en Inde et en Chine, dès l'Antiquité, de manière empirique, et plus tard, comme en Europe jusqu'au XVI<sup>e</sup> siècle, en utilisant la méthode des polygones — une méthode peu rapide puisqu'il faut des polygones avec de très nombreux côtés pour obtenir un nombre convenable de décimales exactes.

Au XVI<sup>e</sup> siècle, la course aux décimales commence. Le Français Viète en trouve 9, l'Allemand van Ceulen 35.

Mais comment améliorer le calcul de  $\pi$  ? Le problème provoque les mathématiciens, qui voient là l'occasion de vérifier l'efficacité des nouvelles méthodes qu'ils mettent au point.

**La méthode de la feuille quadrillée.** Sur cette feuille, dont le côté du carré sera pris comme unité de longueur, tracez avec un compas un cercle de centre O (un sommet d'un des carrés) et de rayon  $R = 5$ , par exemple. Comptez ensuite le nombre de sommets de carrés se trouvant à l'intérieur du cercle. Soit  $A(R)$  ce nombre.

Recommencez avec plusieurs autres valeurs de  $R$  et formez ensuite le tableau des valeurs de  $A(R)$

en fonction du nombre  $R$ . On obtient ainsi :

R	$A(R)$
10	317
20	1 257
30	2 821
100	31 417

15926535	8979323846	2643383279	5028841971	6939937510
5820974944	5923078164	0628620899	8628034825	3421170679
8214808651	3282306647	0938446095	5058223172	5359408128
4811174502	8410270193	8521105559	6446229489	5493038196
4428810975	6659334461	2847564823	3786783165	2712019091
4564856692	3460348610	4543266482	1339360726	0249141273
7245870066	0631558817	4881520920	9628292540	9171536436
7892590360	0113305305	4882046652	1384146951	9415116094
3305727036	5759591953	0921861173	8193261179	3105118548
0744623799	6274956735	1885752724	8912279381	8301194912
9833673362	4406566430	8602139494	6395224737	1907021798
6094370277	0539217176	2931767523	8467481846	7669405132
0005681271	4526356082	7785771342	7577896091	7363717872
1468440901	2249534301	4654958537	1050792279	6892589235
4201995611	2129021960	8640344181	5981362977	4771309960
5187072113	4999999837	2978049951	0597317328	1609631859
5024459455	3469083026	4252230825	3344685035	2619311881
7101000313	7838752886	5875332083	8142061717	7669147303
5982534904	2875546873	1159562863	8823537875	9375195778
1857780532	1712268066	1300192787	6611195909	2164201989

**Plus de 16 millions de décimales** du nombre  $\pi$  sont aujourd'hui connues, voici les mille premières.

C'est en étudiant ce tableau que le grand savant mathématicien Gauss (<sup>4</sup>) a eu l'idée de calculer le quotient  $A(R)/R^2$  ; il trouva alors :

R	$A(R)/R^2$
10	3,17
20	3,1425
30	3,1344
100	3,1417
200	3,140725
300	3,14107

Et Gauss remarqua que, lorsque  $R$  croît,  $A(R)/R^2$  semble se rapprocher de  $\pi$ . D'où une nouvelle méthode pour obtenir les décimales de  $\pi$  : tracer des cercles de rayon de plus en plus grands... et ensuite avoir le courage de compter les sommets du quadrillage contenus dans ces cercles !

Mais pourquoi le rapport  $A(R)/R^2$  se rapproche-t-il de  $\pi$  ? En associant à chaque carré de côté unité — donc de surface unité — un de ses sommets, par exemple celui qui se trouve en bas et à gauche, on voit que  $A(R)$  représente la surface de tous les

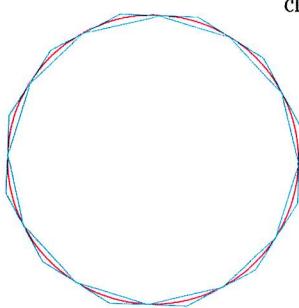


Figure 1

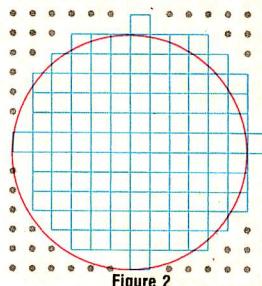


Figure 2

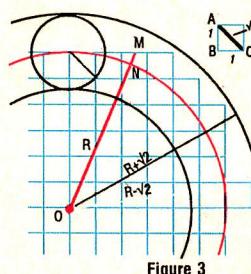


Figure 3

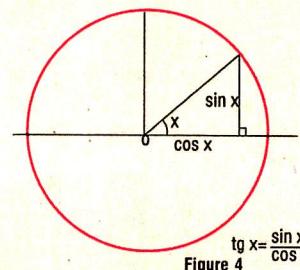


Figure 4

carrés dont le sommet en bas à gauche est sur ou à l'intérieur du cercle (**figure 2**). Donc, la différence entre la surface du cercle  $\pi R^2$  et  $A(R)$  vaut au plus la surface de tous les carrés qui sont coupés par la circonference.

Ces carrés sont tous situés dans l'anneau de centre O limité par les cercles de rayon  $R + \sqrt{2}$  et  $R - \sqrt{2}$  (**figure 3**). En effet, soit  $d$  la distance d'un quelconque point M appartenant à un de ces carrés, on a :  $d = OM \pm NM = R \pm 1$  (suivant que M est intérieur ou extérieur au cercle de rayon R)

avec  $1 \leq \sqrt{2}$

car la distance entre deux points d'un carré est au plus égale à la diagonale de ce carré, c'est-à-dire  $\sqrt{2}$  (puisque le théorème de Pythagore dans un triangle rectangle de côté unité donne  $AC^2 = AB^2 + BC^2 = 1 + 1 = 2$  d'où  $AC = \sqrt{2}$ ).

ce qui entraîne

$$R - \sqrt{2} \leq d \leq R + \sqrt{2}$$

Revenons maintenant à l'anneau de centre O, il a pour surface la différence des surfaces des deux cercles soit :

$$\pi (R + \sqrt{2})^2 - \pi (R - \sqrt{2})^2 = 4 \pi \sqrt{2} R$$

On en déduit que  $A(R)$  diffère de  $\pi R^2$  de moins de  $4 \pi \sqrt{2} R$  et donc que  $A(R)/R^2$  diffère de  $\pi$  d'au plus  $4 \pi \sqrt{2}/R$ .

Quand R devient très grand, cette différence devient très petite. En langage mathématique :  $A(R)/R^2$ , a une limite quand R augmente indéfiniment et cette limite vaut  $\pi$ .

Une méthode très lente — puisqu'il faut prendre

### Kepler

1571 — 1630 ►



▲ Galilée  
1564 — 1642

◀ Euclide  
III<sup>e</sup> siècle  
avant J.-C.

de très grands rayons pour obtenir de bonnes approximations de  $\pi$  — mais instructive — puisqu'elle montre qu'on peut se passer des polygones chers à Archimède.

**Le calcul moderne de  $\pi$ .** A partir du XVIII<sup>e</sup> siècle, les progrès faits en mathématiques conduisirent à de nouvelles méthodes de calcul.

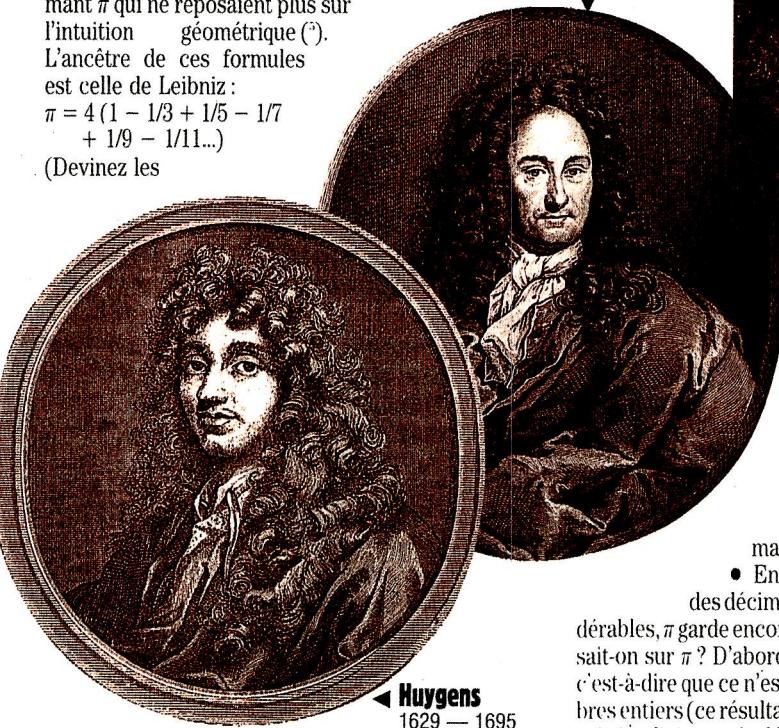
On avait découvert que les lignes trigonométriques, sinus, cosinus, tangente (**figure 4**), qui sont étroitement liées au cercle, ont des représentations sous forme de séries entières, c'est-à-dire de som-

mes infinies de puissances, chaque terme devenant de plus en plus petit. Ainsi :

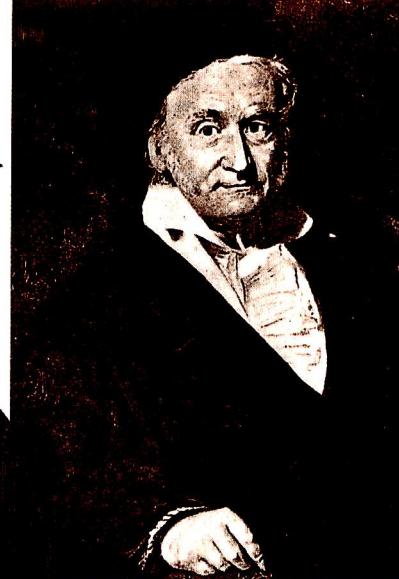
En utilisant des séries de ce type, on mit au point de très nombreuses formules exprimant  $\pi$  qui ne reposaient plus sur l'intuition géométrique (5). L'ancêtre de ces formules est celle de Leibniz :

$$\pi = 4(1 - 1/3 + 1/5 - 1/7 + 1/9 - 1/11 \dots)$$

(Devinez les



**Gauss**  
1777 – 1855



Leibniz  
1646 — 1716



## **Huygens**

deux prochains termes !).

A propos de celle-ci, Newton remarquait toutefois que « si quelqu'un voulait obtenir  $\pi$  avec vingt décimales, il lui faudrait quelque chose comme cinq milliards de termes et le calcul durerait mille ans ». Ces formules ont permis cependant de calculer des centaines de décimales de  $\pi$  puis, après l'apparition de l'ordinateur, des milliers et des millions. Le premier calcul proposé en 1949 au premier ordinateur (l'ENIAC) donna, en un peu plus de 70 heures, 2 000 décimales.

Comment fait-on aujourd’hui ? On admet en général que vingt décimales de  $\pi$  suffisent dans tous les calculs scientifiques et techniques. Pourquoi alors se fatiguer ? Se cacherait-il dans l'esprit des mathématiciens une curiosité maladive ? La réponse tient en trois points. 

- Les méthodes de calcul de  $\pi$  ont souvent eu des applications dans d'autres calculs numériques. C'est le cas d'une amélioration de la méthode d'Archimède due à Huyghens au XVII<sup>e</sup> siècle, ou des méthodes plus modernes que nous venons d'évoquer.
  - La course aux décimales de  $\pi$  est l'occasion d'un

championnat mondial des ordinateurs, qui permet de tester leurs capacités. Une méthode, mise au point en 1975 (4), permet aux plus puissants de calculer des centaines de millions de décimales en quelques heures.

• Enfin, si les méthodes de calcul des décimales ont fait des progrès considérables,  $\pi$  garde encore de nombreux mystères. Que sait-on sur  $\pi$ ? D'abord c'est un nombre irrationnel, c'est-à-dire que ce n'est pas le quotient de deux nombres entiers (ce résultat date de 1716). En particulier, cela implique que le développement décimal de  $\pi$  est illimité (il ne s'arrête jamais). On sait aussi depuis le XIX<sup>e</sup> siècle que  $\pi$  est un nombre transcendant, c'est-à-dire qu'on ne peut pas avoir de relations entre  $\pi$  et ses puissances,  $\pi^2$ ,  $\pi^4$ ,  $\pi^6$ ... par exemple, du type  $3\pi^5 + 27\pi^4 - 150\pi^6 = 0$ . Résultat qui entraîne l'impossibilité de la quadrature du cercle.

C'est presque tout. Rien, par exemple, sur la manière dont apparaissent les chiffres de 0 à 9 dans le déve-

(suite du texte page 160)

(1) La lettre grecque, initiale de *perimetros*, a été introduite par Leibniz au XVII<sup>e</sup> siècle.

(2) Livre des Rois, 1, 7, 23, traduction. Bible de Jérusalem.

### (3) Figure composée de segments.

(4) 1777-1855.

(5) Plus précisément, on utilise la tangente et sa fonction réciproque arc tangente, ainsi :  $y = \operatorname{tg} x$     $x = \operatorname{arc} \operatorname{tg} y$   
et on a, par exemple pour un angle de  $30^\circ$  ( $\pi/6$ ) :

$$1/\sqrt{3} = \operatorname{tg} \pi/6 \quad \pi/6 = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 1/\sqrt{3}$$

(6) Dans son principe, la méthode repose sur l'étude de la suite définissant la moyenne arithmético-géométrique (encore une découverte de Gauss) : étant donnés deux nombres  $a$  et  $b$  on peut former leur moyenne arithmétique  $a_1 = (a+b)/2$  et leur moyenne géométrique  $b_1 = ab$ . En reconduisant les mêmes opérations à partir des deux nouveaux nombres obtenus, ici  $a_1$  et  $b_1$ , on obtient des nombres qui ont pour limite un même nombre appelé moyenne arithmético-géométrique de  $a$  et  $b$ .

# POURQUOI (POUR QUI) L'INED A-T-IL MENTI ?

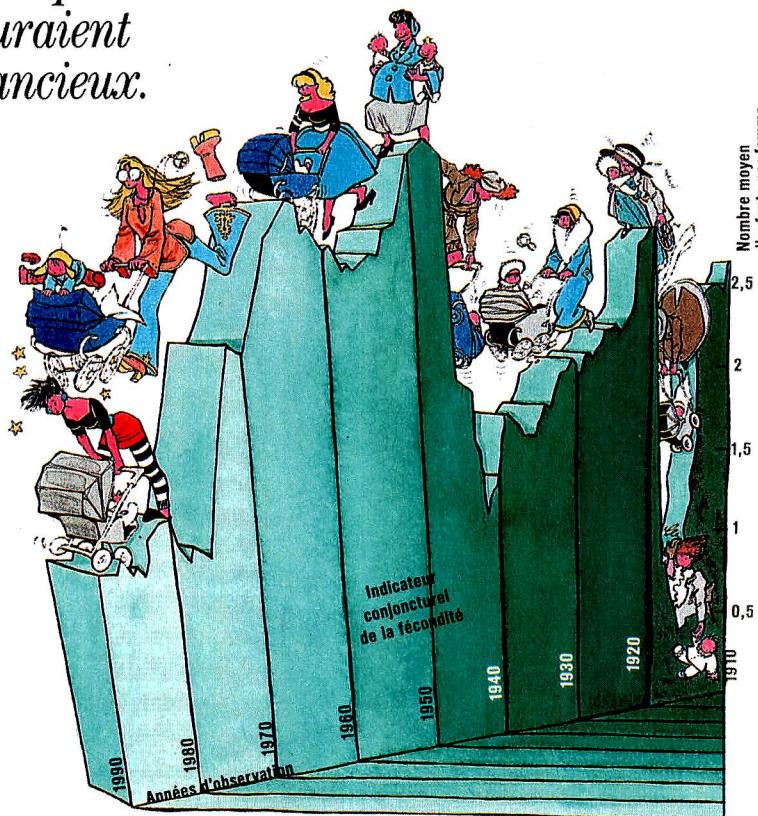
*On affirmait et répétait en haut lieu que la France était menacée de dénatalité. Elle ne l'est pas.*

*Et les calculs qui permettaient de l'affirmer auraient même été tendancieux.*

*Scandale et question : la démographie est-elle une science ou un outil politique ?*

**E**st-ce 1,8 ou 2,1 ? Tout le monde aura reconnu là les chiffres de la controverse qui agite l'INED (Institut national d'études démographiques), les ministères et l'opinion. Le premier était celui de la natalité moyenne par femme tel que le donnait l'INED ; il est insuffisant pour assurer le remplacement des générations. Le second est celui cité par Hervé Le Bras, polytechnicien et directeur de recherche au même INED ; et il est suffisant.

L'INED aurait pu se tromper. Mais non : selon Le Bras, cet organisme a focalisé l'attention publi-



## NATALITÉ QUI RIT,

L'indicateur conjoncturel de la fécondité (**courbe de gauche**) correspond, pour une année donnée, à peu près, au nombre de naissances divisé par le nombre de femmes de tous âges qui ont mis au monde ces enfants. (Grosso modo, car les chiffres sont corrigés par rapport à une situation théorique idéale, où il y aurait autant de femmes dans chaque tranche d'âge.) Ainsi, en 1970, l'indicateur est à 2,5 enfants par femme ; mais surtout, ce qui frappe, c'est qu'il est

en chute libre. Il se stabilise à 1,8 à partir de 1976.

L'indice de descendance finale (**courbe de droite**) correspond, lui, au nombre total moyen d'enfants qu'ont tout au long de leur vie féconde les femmes nées en une année donnée. En 1970, il s'agit de la descendance totale des femmes nées en 1920.

Mais pour rendre les deux courbes comparables année par année, celle de l'indice de descendance finale a été décalée de 28 ans, âge moyen des

que sur une mesure alarmiste, laissant penser que la France est menacée par la dénatalité, c'est-à-dire le déclin démographique. « En privilégiant pendant des années cet indicateur conjoncturel de fécondité, on a trompé les gens, dit-il. Les indicateurs plus optimistes ont été négligés. » Et là commence le scandale.

Selon Le Bras, l'INED mêle des fonctions de recherche à des responsabilités administratives, ce qui limite son objectivité scientifique. Créé en 1945 et doté, parmi d'autres objectifs explicites, de celui de promouvoir la natalité, il est resté si nataliste qu'il entretient la crainte de la dénatalité. Pour l'avoir dit, Hervé Le Bras a été démis par le directeur de l'INED, Gérard Calot, de ses fonctions de délégué scientifique et de membre du comité de rédaction de la revue *Population*. Et les deux démographes ont

échangé dans la presse des propos sans aménité.

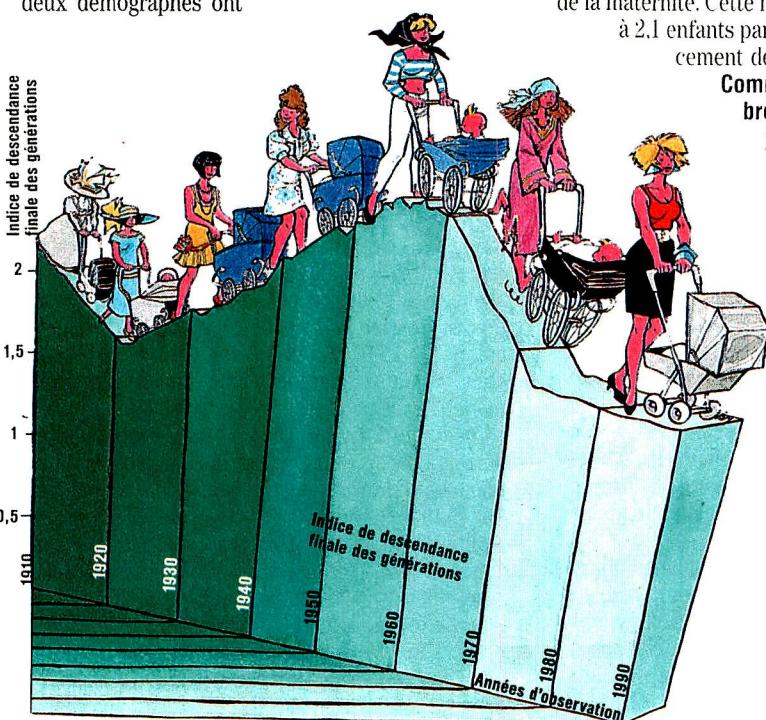
Reste le conflit scientifique qui, lui, n'est pas réglé. Peut-il l'être ? C'est délicat : la démographie déborde du cadre de la comptabilité des humains, qui est déjà complexe.

Les données : le seuil de remplacement des générations est de 2,1 enfants par femme et non de 2, comme on pourrait le croire de prime abord (deux enfants pour remplacer les deux parents). Et cela pour deux raisons. La première est qu'il naît en moyenne 100 filles pour 105 garçons (et donc ces 205 humains ne seraient remplacés que par 200). Il faudrait donc, pour assurer le renouvellement des générations, que 100 femmes donnent naissance à 100 filles + 105 garçons, soit 2,05 enfants par femme. Mais il faut aussi tenir compte de la mortalité des filles : 98 sur 100 sont vivantes à l'âge moyen de la maternité. Cette mortalité de 2 % fait remonter à 2,1 enfants par femme le "seuil" du remplacement des générations.

#### Comment évalue-t-on le nombre d'enfants par femme ?

Il y a plusieurs façons de le faire. La plus précise et la plus sûre, c'est d'attendre que les femmes aient dépassé l'âge de la procréation (généralement fixé à 50 ans) et de leur demander combien d'enfants elles ont eu. On obtient ainsi l'indice dit de la "descendance finale", qui présente un gros avantage : il permet de connaître, sans équivoque ni incertitude le nombre exact d'enfants qu'ont engendrés toutes les femmes, et d'en déduire, par un simple calcul, le nombre moyen d'enfants par femme. L'inconvénient, c'est qu'il faut attendre la fin de l'âge reproductif d'une génération entière de femmes pour chiffrer leur descendance finale. Ainsi, ce n'est qu'en 1970 que l'on a pu connaître la descendance finale des femmes nées en 1920.

mères à la naissance des enfants. Ainsi, en 1970, la courbe montre la descendance finale des femmes nées en 1942 (et qui ont donc eu 28 ans en 1970), qui est de 2,2 enfants par femme. Par exemple, on constate depuis une quinzaine d'années que, d'une année sur l'autre, les gens se marient en moyenne un mois plus tard, ce qui décale d'autant les naissances à venir. Résultat : 8 % de naissances en moins par an, alors que, en définitive, la famille aura le même nombre d'enfants. Pourquoi, alors que la descendance finale reste stable, avec une oscillation modérée, choisit-on d'agiter la courbe déprimée de l'indicateur conjoncturel ?



## NATALITÉ QUI PLEURE

On voit que l'indicateur conjoncturel donne une courbe extrêmement accidentée, car elle est immédiatement sensible aux à-coups attribuables à des conditions temporelles, mais qui n'ont pas pour autant d'influence sur le nombre final d'enfants qu'aura une

Un autre indice fréquemment utilisé par les démographes est l'"indicateur conjoncturel de fécondité". Il est obtenu à partir du nombre

d'enfants nés de femmes de tous âges pendant une année donnée. Cet indice, lui aussi, présente un avantage et un inconvénient. Avantage : on peut le déterminer très rapidement, d'après les statistiques de natalité de l'année écoulée ; ainsi, l'indicateur conjoncturel de fécondité de 1989 a pu être déterminé au début de 1990 : il est de 1,81 enfants par femme.

Inconvénient, d'ailleurs révélé par le qualificatif "conjoncturel" : cet indice reflète la situation d'un moment, qui ne correspond pas nécessairement à l'évolution de la descendance finale. Si une génération de femmes, toutes nées la même année, ont, durant leur vie, le même nombre d'enfants, l'indice de descendance finale sera, pour elles, le même que l'indicateur conjoncturel de fécondité. Mais si un de ces groupes tarde l'âge de la maternité, l'indice conjoncturel accusera une baisse dont la durée correspond à ce retard.

L'indice conjoncturel est particulièrement sensible aux changements de l'âge moyen des femmes au moment de la naissance de leur enfant. Si pendant toute une année toutes les femmes différaient la naissance de leur enfant d'un an, l'indice conjoncturel pour cette année serait de 0 enfant par femme. Cela, bien sûr, ne se produit jamais, mais

l'exemple permet de comprendre que si 10 % des femmes diffèrent d'un an la venue de leur enfant, ce qui est fort plausible, les naissances cette année-là diminuent de 10 % et l'indice conjoncturel baisse d'autant. Dans ces conditions, comment faire à partir de l'indice conjoncturel des déductions sur le renouvellement de la population, et *a fortiori* des extrapolations susceptibles d'inspirer, par exemple, une politique démographique ?

Or, on sait que depuis 1970, les femmes ont eu leurs enfants de plus en plus tardivement. L'âge des mères à la naissance de leur premier enfant est passé de 23,8 ans en moyenne en 1970 à 26,6 ans en 1988. « Trois années de retard en près de vingt ans, cela fait 15 % par an, dit Hervé Le Bras. L'indice conjoncturel se situe donc environ 15 % au-dessous de la valeur qu'il aurait sans ce vieillissement des mères. 15 % de 1,8, c'est 0,3. Ouf ! voici retrouvé le 0,3 enfant manquant entre 1,8 et 2,1. »

Hervé Le Bras observe que, depuis quinze ans, l'indice conjoncturel oscille autour de 1,8, alors que la dernière descendance finale connue reste aux alentours de 2,1. Or, dit-il, l'INED a ignoré l'indice de descendance finale, véritable indicateur du renouvellement des générations, pour mettre l'accent sur l'indicateur conjoncturel. Ainsi, souligne-t-il, dans le dernier rapport annuel de l'INED au parlement, la descendance finale n'est pas mentionnée, alors que l'indice conjoncturel est évoqué à maintes

reprises dans le texte et les graphiques, entretenant la confusion entre indice conjoncturel, nombre d'enfants par femme et renouvellement des générations.

On abrège parfois la description de cet indice en l'appelant tout simplement "indice de fécondité" ; c'est ainsi qu'il est nommé, par exemple, dans le tableau publié dans le numéro de mars dernier de *Population & Sociétés*, bulletin mensuel de l'INED, qui fait un bilan de la population de la France avant le recensement de 1990. Peu de lecteurs non spécialistes se rendent compte que cette moyenne est le taux conjoncturel de fécondité, et encore moins savent que la descendance finale nette (compte tenu de la mortalité), après être passée par un creux de moins de 2 enfants par femme pour la génération de femmes nées en 1895, est remontée à plus de 2,3 pour la génération de femmes nées en 1930, et enfin s'est stabilisée depuis quelques années à... 2,1 enfants par femme.

Certains soutiennent même que la population française est aujourd'hui en décroissance, en dépit d'un autre indicateur, pourtant sans ambiguïté, qui est resté positif depuis la dernière guerre mondiale : c'est celui de l'excédent des naissances sur les décès, qui montre que la croissance démographique ne s'est pas interrompue depuis plus d'un demi-siècle. Ce "pessimisme démographique" est-il transmis par les démographes, qui savent pourtant qu'il est impossible de prévoir avec précision le comportement futur de millions de couples quant à la procréation, et donc le futur démographique de l'Hexagone ? Certaines prévisions faites dans le passé permettent de le penser.

Ainsi, en 1932, Alfred Sauvy, grand économiste et démographe français, faisait une projection de la population française pour l'année 1975, et obtenait une "fourchette" de 31 à 39 millions d'habitants ; en réalité, la population française atteignit, en cette année 1975, 52,6 millions ! En 1950, le démographe Jean Bourgeois-Pichat prévoyait, pour 1976, une fourchette de 34,5 à 46 millions d'habitants ; la France, en 1976, approchait des 53 millions d'habitants. L'abaissement du taux conjoncturel de la fécondité dans les années 1970 incitait certains démographes, historiens ou hommes politiques à évoquer une « plongée mortelle » dans la « spirale de la dénatalité », parfois associée à une « montée menaçante » de l'immigration et des vieux. Le point culminant fut sans doute atteint en 1986, avec la publication dans *le Figaro Magazine* d'un dossier intitulé "Serons-nous français en 2030 ?", fondé sur des extrapolations que la plupart des démographes, même natalistes, ont jugé pour le moins hardies.

Dans le numéro d'avril de *Population & Sociétés*, Gérard Calot lui-même a signé un article dans lequel il comparait la fécondité des générations en France et en Suède. Il y écrivait : « (...) l'indicateur conjoncturel peut, tant en niveau qu'en tendance,

## LA FRANCE, AU 1<sup>er</sup> JANVIER 1990

être trompeur si on lui prête une signification "longitudinale" de descendance finale : l'indicateur de l'année n'est la descendance finale d'aucune génération. En effet, il ne dépend pas seulement de la descendance finale des générations qui sont alors en âge de fécondité, il dépend aussi — et parfois fortement — de la variation, au fil de ces générations, de la répartition par âge des mères à la naissance de leurs enfants, c'est-à-dire encore de ce que l'on appelle les variations du calendrier de la fécondité.»

C'est après cette publication, qui réhabilitait l'indice de la descendance finale, qu'Hervé Le Bras, chercheur réputé, directeur du laboratoire de démographie historique à l'Ecole des hautes études en sciences sociales, s'est élevé contre ce qu'il appelle la «logique redoutable et simple» des démographes de l'INED qui auraient promu cet indice «éventuellement trompeur» au grade d'épouvantail de la dénatalité : «Chaque fois qu'un indice démographique n'incite pas au pessimisme, on le remplace par un autre, et quand un indice vraiment inquiétant est enfin déniché, on lui attribue les avantages de ceux qui ont été disqualifiés.»

Et il ajoute, iconoclaste : «Nous ne vivons pas un "hiver démographique" sans précédent. C'est l'inverse qui saute aux yeux : depuis 1945, la croissance a été vigoureuse, soutenue et régulière, puisqu'en quarante-cinq années la France est passée de 39 à 56 millions d'habitants, soit une augmentation de 43 %. Dans cet accroissement, l'excédent des naissances sur les décès compte pour plus de 11 millions. (NDLR : c'est-à-dire que l'augmentation de la population est due pour 11 millions à l'excédent des naissances, et pour 6 million à la migration nette, c'est-à-dire l'excédent de l'immigration sur l'émigration.)

La population de la France ne cesse donc d'augmenter depuis 1945. Pourtant, l'opinion publique s'inquiète de dénatalité, voire de dépopulation, deux mots parfois incompris : la dénatalité, mot créé en 1939, signifie "diminution des naissances", et ne signifie rien sans point de référence : d'une année à l'autre, la population est forcément soit en dénatalité, soit en surnatalité, par rapport à l'année

Selon l'estimation de l'INSEE, la population de la France atteignait 56,3 millions d'habitants au 1<sup>er</sup> janvier 1990. En 1989, il y avait eu 765 000 naissances et 528 000 décès, soit un accroissement naturel de 237 000 habitants. Le solde migratoire a été fixé provisoirement à 50 000 personnes, ce qui porte l'accroissement total de la population à 287 000.

L'espérance de vie à la naissance est parvenue à 80,7 ans pour les femmes et 72,5 ans pour les hommes. La proportion de personnes âgées de 65 ans ou plus est de 14 %, et celle des plus de 60 ans, de 19,1 %. Les jeunes de moins de 20 ans représentent 27,7 % de la population, et ceux de moins de 15 ans 20,1 %.

La mortalité infantile en France est une des plus faibles au monde : 75 morts d'enfants de moins de un an pour 10 000 naissances vivantes.

Le nombre des naissances hors mariage a dépassé 200 000 en 1988, soit plus du quart du total.

La mortalité par cancers continue d'augmenter, celle par maladies cardiovasculaires à régresser.

précédente (1). La dépopulation, elle, définit une diminution de population d'un territoire donné. La France n'a pas connu de dépopulation depuis la dernière guerre mondiale. (La diminution de la population imputable à cette dernière est évaluée à 495 000 personnes entre le 1 septembre 1939 et le 7 mai 1945.)

Ce sont là des statistiques. Mais la démographie va au-delà du constat chiffré. C'est une science sociale et politique, un ingrédient indispensable à la politique sociale et économique, à l'étude du régime des retraites, de la Sécurité sociale, des réformes de l'éducation, de lois sur l'immigration et bien d'autres aspects de la société moderne. Les interprétations des données multiples, parfois très techniques et com-

plexes, de la démographie donnent et donneront encore lieu à de belles envolées et à des empoignades féroces. Mais il faut espérer que la science démographique, qui a accompli de grands progrès depuis quelques décennies — grâce, entre autres, à de nombreux chercheurs français —, continue à se développer sans que les chercheurs soient soumis à des pressions politiques trop contraignantes.

A propos des mesures prises contre Hervé Le Bras, André Lichnerowicz, professeur au Collège de France, déclare : «La science ne peut se développer en l'absence de liberté d'expression et de critique. Préoccupés par le renom de la recherche démographique en particulier, et, plus généralement, par celui de la recherche en France, nous (...) demandons (...) de faire rapporter ces mesures qui créeraient un dangereux précédent.»

Soulignons, pour terminer, que les passions soulevées par cette controverse dans la presse est caractéristique de l'usage de la démographie en politique. Chez nos voisins européens, on assiste avec amusement à cette querelle. Partout en Europe de l'Ouest, une telle affaire est en effet impensable. La décision d'avoir ou non des enfants y relève strictement de la vie privée, et l'Etat ne se pose pas en promoteur de la natalité. **Alexandre Dorozynski**

(1) Curieusement, le mot "dénatalité" ne figure pas dans le *Dictionnaire de démographie* de Roland Pressat, directeur de recherche à l'INED, pas plus que ne s'y trouve la notion de "déficit des naissances", pourtant fréquemment utilisée par les démographes.

# LES MOTS CONFIRMENT LES GÈNES

*Par trois fois, *Homo sapiens sapiens*, notre ancêtre, est sorti du Proche-Orient.*

*La première fois, il y a 100 000 ans, pour se diriger vers l'Afrique et l'Asie, puis de là vers l'Amérique.*

*La deuxième fois, il y a 40 000 ans, pour aller vers l'Europe. La troisième fois, en 7 500 av. J.-C., pour s'établir en Europe, en Afrique du Nord, en Arabie et en Inde. Ces trois grandes migrations ont laissé des traces indélébiles et parfaitement concordantes sur les gènes des populations rencontrées, et sur leurs langues, comme l'ont montré les études du Pr Luca Cavalli-Sforza.*

**D**epuis l'aube de l'humanité, on estime que toutes les migrations humaines ont donné naissance à 5 000 langues ou dialectes, dont certains ont disparu. Soit autant de peuples qui ont vu le jour. Il est maintenant admis par les paléontologues que c'est dans les parties orientale et austral de l'Afrique, il y a 4 millions d'années, que notre ancêtre, l'australopithèque (*Australopithecus*), fausse définitivement compagnie aux singes qui étaient ses compagnons de route. L'australopithèque possède encore d'incontestables caractères simiens (front fuyant, pommettes saillantes, préférence pour la vie arboricole), mais s'oriente lentement vers un comportement humain. Il lui arrive de descendre des arbres pour marcher sur la terre ferme, et il sait déjà projeter des cailloux sur son adversaire, pour se défendre.

Fils de l'australopithèque, l'*Homo habilis* entre en scène il y a quelque 2,5 millions d'années, toujours en Afrique. Comme son nom l'indique, c'est essentiellement un manuel. Il sait tailler des armes et des outils dans la pierre et dans l'os et il commence à acquérir les premiers rudiments de pensée conceptuelle. C'est normal, puisque son volume

crânien est passé de 450 à 650 cm<sup>3</sup>.

Il faut cependant attendre son descendant, l'*Homo erectus* apparu il y a 1,5 million d'années environ, pour apercevoir l'ébauche du premier prototype humain. Malgré son air peu avenant, ce n'était pas une brute comme on l'a cru longtemps. Il se tenait droit sur ses jambes, d'où son nom, mais sa démarche n'avait rien d'aristocratique. Quant à sa matière grise, elle avait encore pris de l'ampleur (1 000 cm<sup>3</sup>), ce qui lui a permis d'inventer le feu et le biface (silex taillé sur deux faces) et de se livrer aux premières manifestations rituelles.

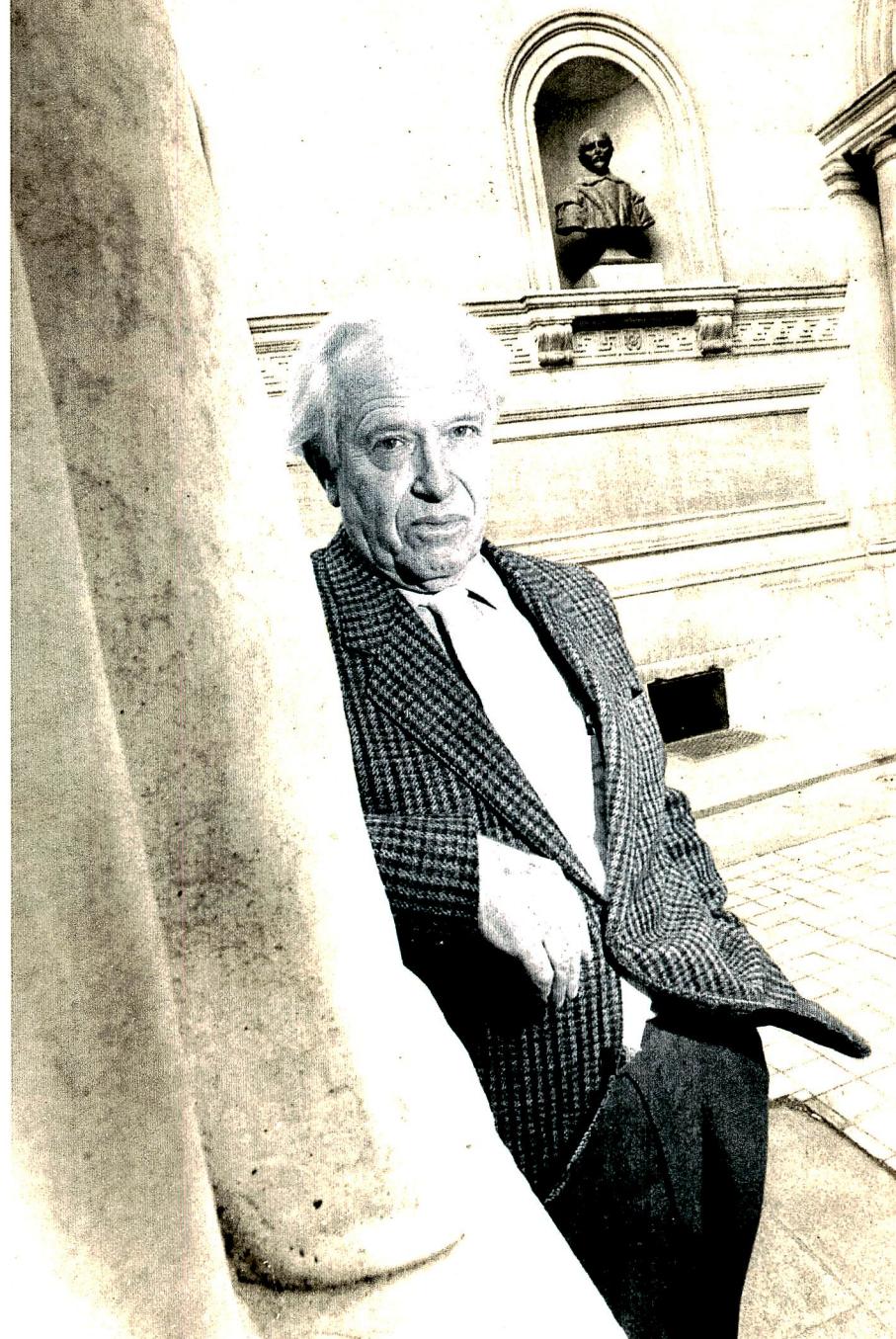
On assiste ensuite, il y a 200 000 ans, à une transformation de l'*Homo erectus* en *Homo sapiens* primitif qui évolue dans deux directions : l'*Homo sapiens neanderthalensis* et l'*Homo sapiens sapiens*. C'est en Europe de l'Ouest, alors occupée par les glaces, qu'apparaît l'homme de Néanderthal. On a retrouvé sa trace fossile dans le centre et le sud de la France, mais également au Proche-Orient (Israël et Irak), où il était venu chercher de meilleures conditions de vie.

Au Proche-Orient, les hommes de Néanderthal ont rencontré une autre population, au type physique très proche de l'homme moderne et issue, elle

aussi, il y a 100 000 ans, de l'*Homo sapiens* primitif : les premiers spécimens de l'*Homo sapiens sapiens*. On ne sait pas encore exactement où ce dernier est apparu. Sa trace fossile a été retrouvée en Afrique de l'Est et du Sud ainsi qu'au Proche-Orient, notamment en basse Galilée, dans la grotte de Qafzeh, à 2,5 km de Nazareth. Au Proche-Orient, les *sapiens sapiens* et les *sapiens neanderthalensis* ont pu vivre côte à côte pendant environ 60 000 ans, jusqu'à la disparition des néandertaliens, il y a 40 000 ans.

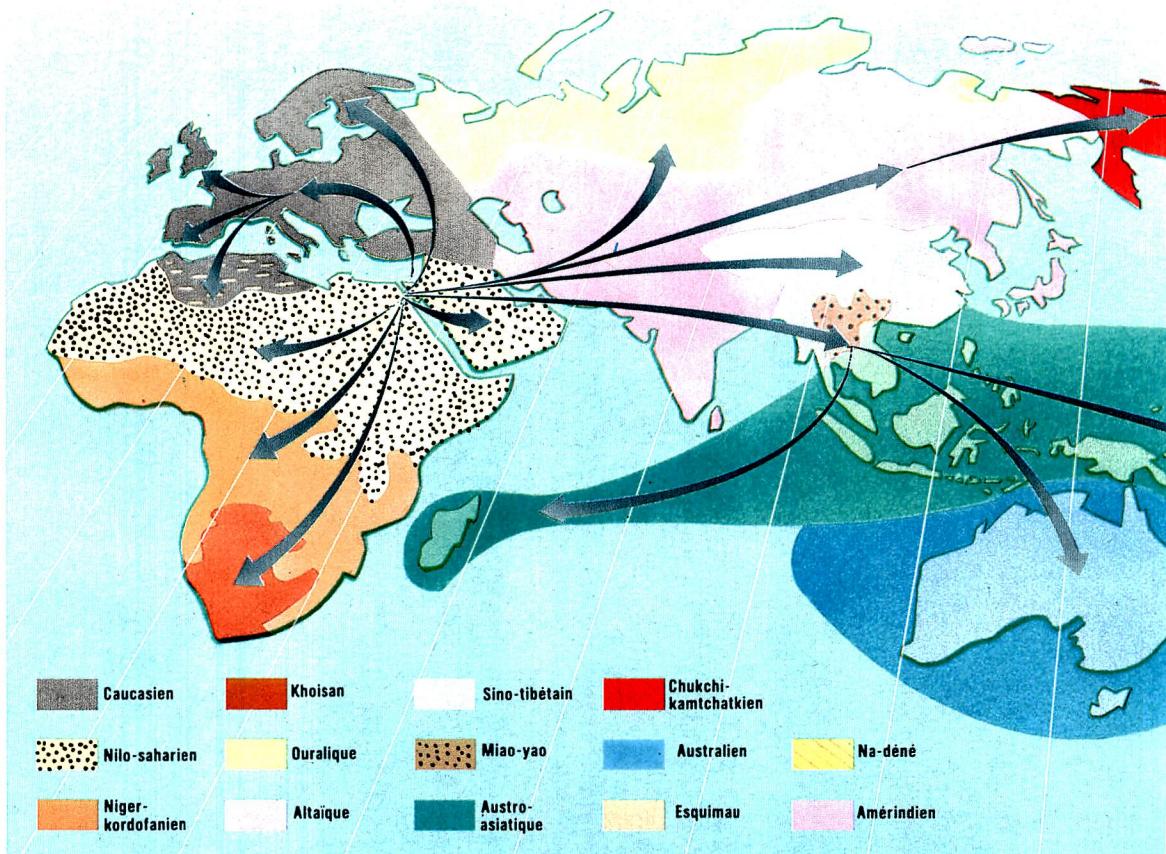
Alors ont commencé les grandes migrations des *Homo sapiens sapiens*. A partir du Proche-Orient, leur base de départ, ils se sont séparés de la population mère (estimée à quelques milliers d'individus) pour aller constituer les différents peuples de la Terre. Ces premiers hommes modernes avaient déjà acquis des rudiments de langage. Pour Jean Deloly, auteur du livre *l'Eau et les Secrets du langage*, le degré zéro des langues est à chercher dans le grand livre de la nature, essentiellement dans l'eau avec son mouvement, ses aspects et ses bruits, ses signes et ses sons. Dans l'eau, indispensable à la vie et qui est la vie même. Selon Jean Deloly, le son *ar*,

le plus vieil hydronyme connu (terme relatif à l'eau), aurait été forgé à l'écoute de l'eau, dans la nuit des temps, bien avant la tour de Babel. On le retrouve dans *ari*, *arroyo*, *bahr*, *daria*, *jar*, *harana*, *mare*, *para*, qui en sonrhai, en espagnol, en arabe, dans les langues du Turkestan, de la Palestine, du Pays basque, de la France,



**A autre temps, autre thèse.** Le Pr Luca Cavalli-Sforza, chercheur italien installé aux Etats-Unis, dirige le laboratoire de génétique de l'université de Stanford, et soutient que les Indo-Européens ont vu le jour au Proche-Orient et non au bord de la mer Noire.

de l'Amérique du Sud signifient *eau*, *étendue d'eau*, *cours d'eau* comme l'*Aar* (rivière de Suisse), le *Gard*, le *Var*, l'*Ardèche*, l'*Arly* (affluent de l'*Isère*), le *Maroni* qui sillonne la jungle guyanaise. Après avoir traversé les siècles, tous ces mots flottent aujourd'hui comme des gouttes d'huile dans l'océan des langues et font partie du vocabu-



laire de base de l'humanité.

La génétique (voir encadré p. 40) vient confirmer la théorie d'une origine géographique bien localisée de l'humanité. Sur un espace géographique réduit, couvrant le Proche-Orient, l'Afrique de l'Est et l'Afrique du Sud, les premiers *Homo sapiens sapiens* avaient des caractéristiques génétiques qui

représentaient un condensé de tous les gènes que l'on rencontre aujourd'hui sur la Terre. Les gènes étaient uniformément distribués. En revanche, ils ne l'étaient pas forcément dans les tribus qui se séparaient de cette population mère. Par exemple, une tribu pou-

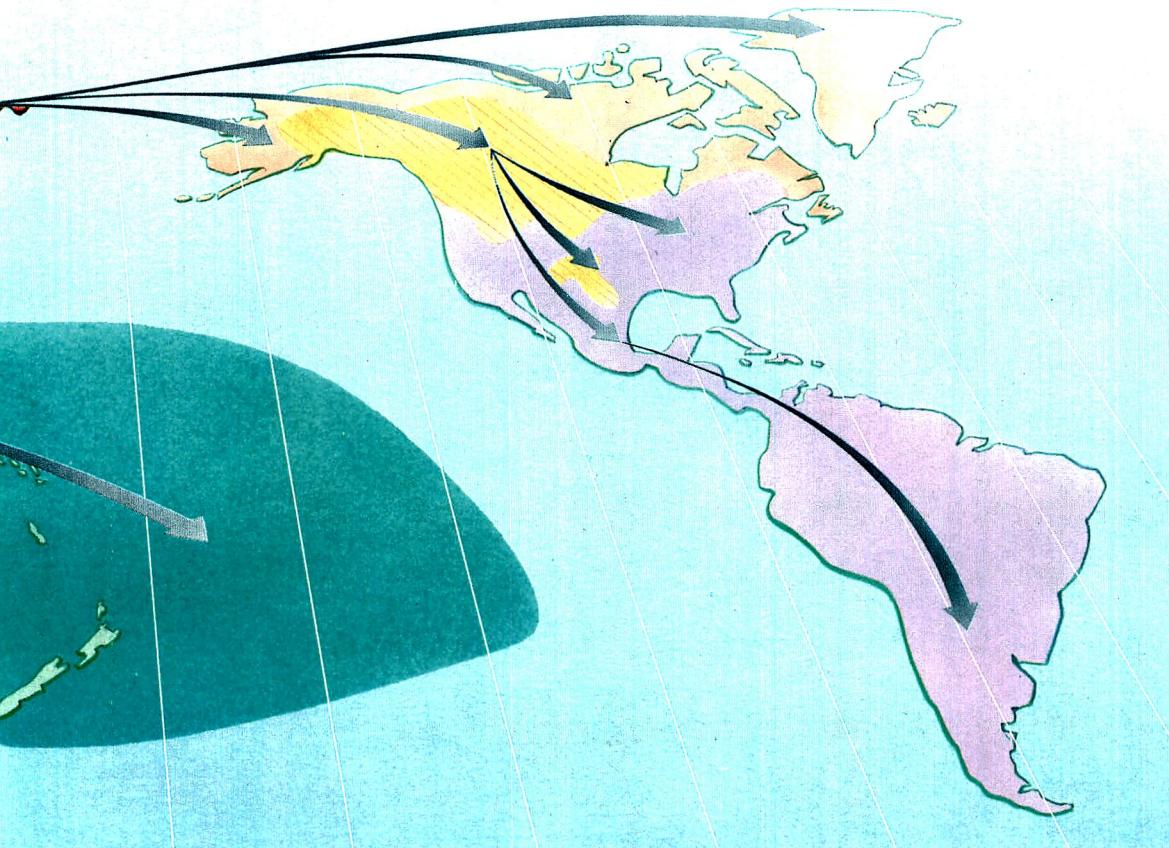
vait être constituée d'individus ayant à 30 % le gène du groupe sanguin A, à 50 % le gène du groupe B et à 20 % le groupe O. Une autre pouvait, au contraire, comprendre des individus exprimant à 20 % le groupe B, à 70 % le groupe A et à 10 % le groupe O. Les populations issues de ces tribus ont alors accentué leurs divergences avec le temps. Les généticiens en effet sont formels : quand des groupes humains s'éloignent de la population mère, les gènes les moins fréquents diminuent à chaque génération et finissent par disparaître, alors que les plus

fréquents se renforcent. C'est ce que l'on appelle la dérive génétique. Elle a pour conséquence de créer, à partir d'une même population d'origine, des populations filles très différentes. Les Basques, par exemple, se caractérisent aujourd'hui par une fréquence très élevée du groupe O, faible de A, nulle ou presque nulle de B, avec une originalité encore plus grande en ce qui concerne le système rhésus, puisqu'il présente la fréquence la plus élevée de rhésus négatif connue dans le monde.

En définitive, les gènes (et leurs allèles) qui, à l'aube de l'humanité, étaient uniformément rassemblés au sein de la population unique des premiers *Homo sapiens sapiens*, sont maintenant distribués dans toutes les populations du monde, selon des fréquences discontinues, qui marquent les limites de chacune de ces populations. Ces limites sont d'autant plus tranchées que les variations de fréquences sont plus importantes<sup>(1)</sup>. Ces variations peuvent être également liées à des facteurs géographiques (dans les populations montagnardes, la consanguinité était fréquente autrefois) et surtout à

## 5 000 langues depuis l'aube de l'humanité !

(1) Nous parlons ici de fréquences des gènes. Cela n'empêche pas que l'on puisse être plus proche génétiquement d'un Pygmée de la forêt équatoriale que de son voisin de palier. A preuve : les greffes d'organes entre les races.



**Au commencement était le verbe.** A partir du Proche-Orient, il y a 100 000 ans, l'*Homo sapiens sapiens* commence par envahir l'Arabie et l'Afrique, où trois grands groupes linguistiques se différencient : le nilo-saharien, le niger-kordofanien, le khoisan. En même temps, il envahit l'Asie par le nord, où il dépose au passage l'ouralique, l'altaïque, le chukchi-kamtchatkien ; puis de l'Asie il passe en Amérique, où il laisse l'esquimaux, le na-déné, l'amérindien. Il envahit aussi l'Asie par le sud, où il met en place le sino-tibétain, le miao-yao, les langues austro-asiatiques et l'australien. Il y a 40 000 ans, toujours à partir du Proche-Orient, l'*Homo sapiens sapiens* se dirige vers l'Europe, alors libérée des glaces, et de là vers l'Afrique du Nord, où il va propager le caucasien.

vrais Cro-Magnon, identiques à ceux des hommes d'aujourd'hui.

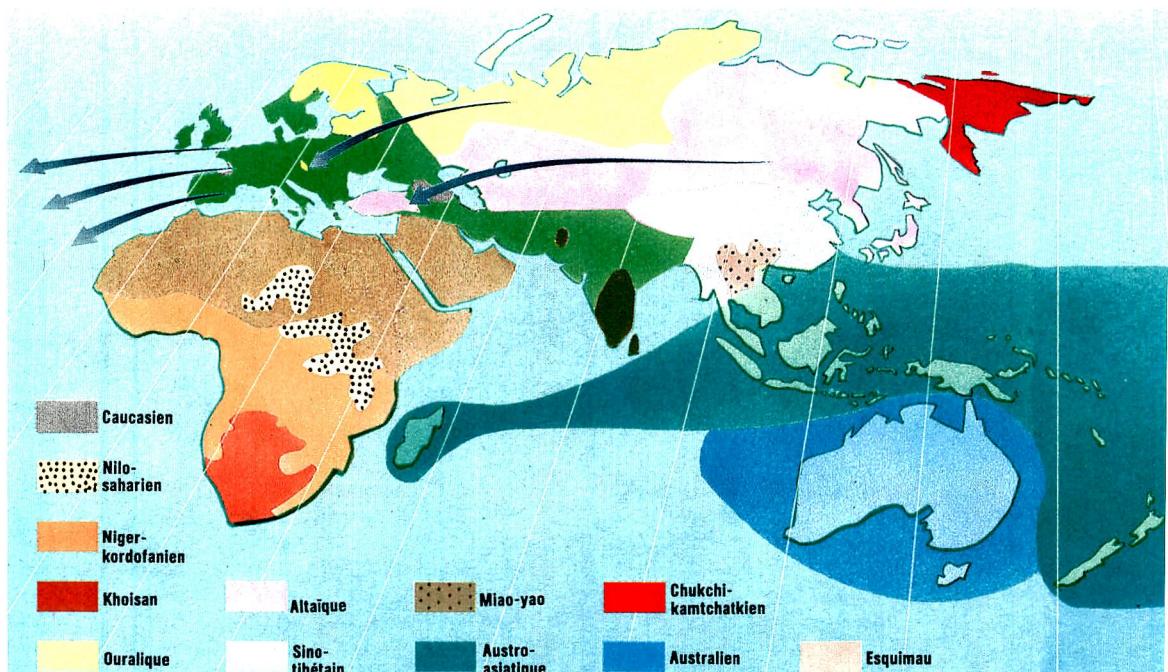
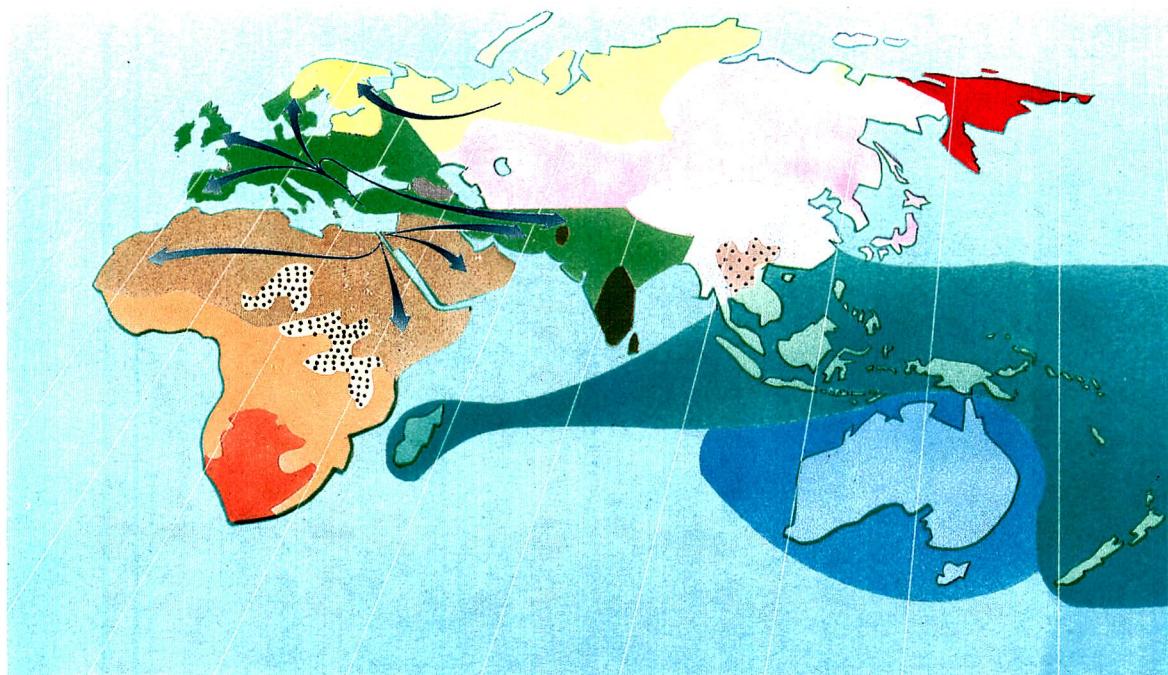
Les hommes de Cro-Magnon étaient de véritables artistes, doués pour le dessin, la gravure et la peinture. Rien qu'en France, on a retrouvé la trace de leur art dans les grottes de Lascaux, du Placard et de la Tête du Lion (Ardèche). Cette dernière, découverte en 1963, abrite les plus vieilles fresques rupestres du monde : un ensemble de figures animales peintes il y a 26 600 ans.

Il faut attendre le début du néolithique (7 500 ans av. J.-C.) pour que se produisent les grandes migrations liées à l'apparition de l'agriculture au Proche-Orient (Anatolie et région du Croissant fertile : Jordanie, Liban, Syrie, Israël). Fondée sur la culture du blé, de l'orge et sur l'élevage des moutons, des

des facteurs linguistiques et culturels, comme c'est le cas notamment des Basques et des Celtes de Bretagne et de Grande-Bretagne.

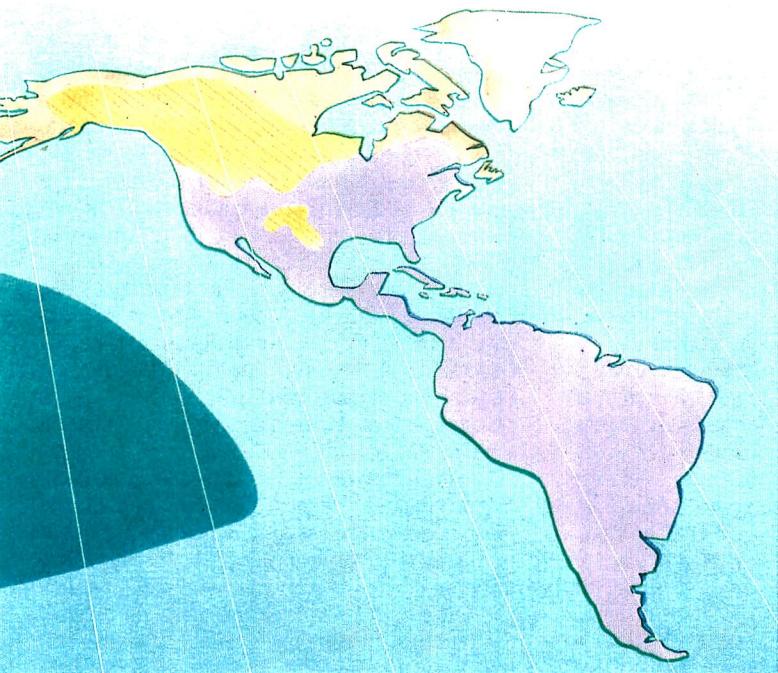
On a enfin pu établir que la distance génétique entre les peuples est proportionnelle à leur éloignement géographique. Pour cela, on a calculé la fréquence des gènes du système HLA (et de leurs allèles), parmi des échantillons d'individus choisis dans toutes les populations du monde. Les données, après analyse par ordinateur, ont fourni une représentation graphique qui se calque pratiquement sur la carte du monde : les Orientaux sont génétiquement très proches les uns des autres et de parenté évidente avec les Amérindiens, mais très éloignés des Africains. Les Européens, Nord-Africains, Moyen-Orientaux et Indiens (de l'Inde) sont plus proches entre eux que des Orientaux ou des Océaniens. Les Africains (Zoulous, Nigériens, Pygmées, Bantous, Africains de l'Est) ont plus de similitudes entre eux qu'avec les Nord-Africains.

Quand les premiers *Homo sapiens sapiens* du Proche-Orient mirent le cap vers l'Europe (et ensuite de là vers l'Afrique du Nord), il y a 40 000 ans, ils n'étaient encore que des pré-Cro-Magnon. Ce n'est qu'en cours de route, au paléolithique supérieur, il y a environ 35 000 ans, qu'ils acquériront les traits des



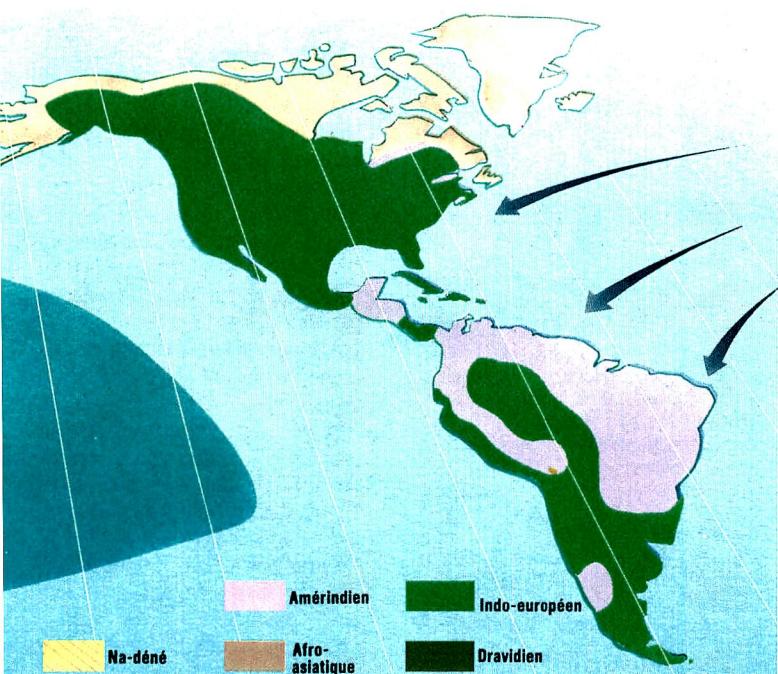
chèvres, des vaches et des porcs, elle fut à l'origine des trois grandes migrations qui, à partir du Proche-Orient, rayonnèrent soit vers l'Europe, soit vers l'Arabie et l'Afrique du Nord, soit enfin vers l'Inde. Il s'agissait de migrations pacifiques de paysans qui, au fur et à mesure qu'ils avançaient, s'installaient sur de nouvelles terres pour les cultiver (notam-

ment parce qu'ils se multipliaient et qu'il leur fallait de nouveaux espaces). Les fouilles archéologiques ont permis d'estimer leur vitesse moyenne de progression à 1 km par an. Ces trois migrations auraient permis la diffusion de trois grandes familles de langues : les langues indo-européennes, les langues afro-asiatiques, les langues dravidiennes.



## LES CULTIVATEURS DE L'HUMANITÉ

L'apparition de l'agriculture, en 7500 av. J.-C. au Proche-Orient, est à l'origine de trois grandes migrations. La première, vers l'Inde, véhicule le dravidien, qui, au passage, recouvre le substrat altaïque. La deuxième, vers l'Europe, véhicule les langues indo-européennes, qui y oblitèrent le caucasien, sauf dans le Caucase et au Pays basque. Vers 4 000 ans av. J.-C., cette vague indo-européenne va refluer jusqu'au nord de l'Inde, où elle dépose le sanskrit, et y oblitère le dravidien, sauf dans le sud de l'Inde et dans une partie du Pakistan actuel. La troisième, vers l'Arabie et l'Afrique du Nord où elle propage les langues afro-asiatiques, par-dessus le substrat nilo-saharien.



## LES CONQUÉRANTS DE NOUVEAUX MONDES

Il faut ensuite attendre le IX<sup>e</sup> siècle pour que la Hongrie et la Turquie soient respectivement envahies par des hordes venant de Sibérie et de Mongolie, qui imposent l'ouralique et l'altaïque.

Au XV<sup>e</sup> siècle, à la suite de la conquête de l'Amérique par les Européens, les langues indo-européennes gagnent l'ensemble de ce continent, sauf certaines parties d'Amérique latine, où, parallèlement, l'on continue à parler des langues amérindiennes.

Depuis, avec le développement des voies de communication, les flux migratoires se poursuivent dans la plus grande confusion et sans véritable incidence sur les langues déjà en place.

**Les langues indo-européennes.** On a cru longtemps qu'elles étaient issues d'une langue proto-indo-européenne, parlée par des cavaliers nomades, les Kourganes, établis au nord de la mer Noire, au début de l'Age du bronze. De proche en proche, cette langue aurait été imposée par ces cavaliers aux populations conquises et aurait évolué en don-

nant les langues indo-européennes que nous connaissons aujourd'hui : les langues slaves (russe, tchèque, polonais, serbo-croate, slovaque, bulgare), les langues romanes, toutes à base du latin (français, italien, espagnol, portugais, roumain), les langues germaniques (anglais, allemand, danois, norvégien, suédois), la langue celtique et enfin le sanskrit,

utilisé dans les premiers textes littéraires de l'Inde.

Aujourd'hui cette théorie est totalement remise en question. Ce n'est pas aux abords de la mer Noire, mais au bord de la Méditerranée, en Anatolie, que les langues indo-européennes ont vu le jour. Et ce ne sont pas des guerriers à cheval qui les ont propagées, mais de paisibles agriculteurs. Au fur et à mesure que ces paysans progressaient vers l'Europe, leur effectif augmentait par croissance naturelle. Ils finirent par former des groupes indépendants et sédentaires, avec leur propre langue.

La vague indo-européenne ne se serait pas arrêtée à l'Atlantique, mais aurait rebroussé chemin et reflué vers l'Inde pour y déposer le sanskrit après avoir traversé l'Ukraine, le Caucase et l'Iran.

**Et en France ?** Regardons de plus près ce qui s'est passé dans ce qui n'était pas encore la Gaule. Au contact des agriculteurs venus du Proche-Orient, les populations locales, issues du mésolithique et ancêtres lointains des Cro-Magnon, apprirent les techniques agricoles et la langue indo-européenne que ces agriculteurs véhiculaient, c'est-à-dire le celte. Seul le Pays basque aurait fait exception, ce qui explique la persistance d'une langue et la permanence de caractéristiques génétiques propres au peuple de ce pays. Pour le Pr Cavalli-Sforza, les Basques sont les descendants de populations locales issues du mésolithique, mais cette origine reste

toujours très discutée. D'abord par les linguistes, qui ont remarqué depuis longtemps des analogies frappantes entre le basque et une langue du Caucase, le géorgien, mais aussi entre les langues du Caucase et les langues sumérienne et étrusque. Ensuite, par les archéologues, qui ont remarqué des correspondances entre les cultures du Caucase et celles des Pyrénées. Enfin, par les hématologues, qui ont mis en évidence d'étroites similitudes entre les systèmes ABO et HLA des Basques et des Caucasiens. Faut-il en conclure que les Basques et les Caucasiens sont deux reliquats d'un vaste ensemble mésolithique aujourd'hui disparu, ou bien que les Basques sont les descendants de migrants venus du Caucase ? Le mystère reste entier.

La persistance historique d'autres langues, maintenant éteintes, comme l'ibère (qui présente de grandes ressemblances avec le basque et était autrefois parlé en Espagne) et le picte (une langue pré-celtique de l'Écosse), s'expliquerait aussi par une résistance de ces peuples à la pénétration celtique.

La suite est mieux connue, car elle se trouve dans tous les livres d'Histoire. Au cours de la conquête de Jules César, les territoires des Celtes furent envahis par les Romains, qui imposèrent le latin. En Gaule cela donna le roman, une sorte de latin dégénéré, ancêtre du français. Les seules poches de résistance à la latinisation furent le Morbihan, le pays de Galles, l'Irlande et l'Écosse. A ce propos, il faut rappeler qu'une partie des Bretons sont des "boat people", originaires de Cornouailles, venus se réfugier en Gaule au V<sup>e</sup> siècle, à la suite de l'invasion de la Grande-Bretagne par les Angles et les Saxons.

**Les langues afro-asiatiques.** Les archéologues ont acquis la conviction qu'elles sont originaires du Croissant fertile et qu'elles se sont propagées en Arabie et aux confins de l'Afrique du Nord peu après l'implantation, en Europe, des langues indo-européennes.

Parmi ces langues, citons le berbère, l'ancien égyptien et les langues sémitiques.

**Les langues dravidiennes.** Elles ont pour berceau les monts Zagros, une chaîne de montagnes du Proche-Orient qui domine le golfe Persique. De là, elles se seraient propagées vers l'est, jusqu'à l'Inde, en passant par le sud de l'Iran et le Pakistan, toujours par l'intermédiaire d'agriculteurs. Une fois installées, ces langues auraient été effacées par le reflux de la vague

(suite du texte page 157)

## NOTRE CARTE D'IDENTITÉ DANS NOS GÈNES

Le patrimoine génétique humain est exprimé à partir de 100 000 gènes, alignés à la queue leu leu dans les 46 paires de chromosomes.

Voyons comment : les gènes portent un message codé, écrit avec un alphabet de quatre lettres A, C, G, T, chacune de ces lettres correspondant à l'initiale d'une base chimique : A pour l'adénine, C pour la cytosine, G pour la guanine, T pour la thymine.

Comme dans un cadenas à chiffres, le nombre, l'ordre et la répétition de ces bases constituent des messages. Lorsque la machinerie cellulaire est en activité, les messages sont décodés et traduits en protéines spécifiques, lesquelles concrétisent notre patrimoine génétique. Par exemple, les protéines des systèmes ABO et rhésus caractérisent le groupe sanguin, les protéines du système HLA (*Human Leucocyte Antigen*) permettent de dresser notre carte d'identité immunologique, indispensable pour les greffes d'organes.

Ce sont également des protéines, codées par des gènes spécifiques, qui déterminent la couleur des yeux, la texture des cheveux, etc.

Autrement dit, un même gène peut exister sous des formes différentes, que l'on appelle des allèles. Par exemple, le gène qui détermine la couleur des yeux a au moins quatre allèles, qui donnent respectivement les yeux bleus, marron, noirs, verts. Les six gènes du système HLA (HLA-A, B, C, DR, DQ, DP) ont chacun plusieurs dizaines d'allèles.

La couleur de la peau, en revanche, est la conséquence, à long terme, d'une adaptation au milieu. Les Négritos des îles Andaman (golfe du Bengale), les aborigènes d'Australie, les Noirs d'Afrique, les Tamouls du sud de l'Inde ont tous une peau foncée, alors qu'ils sont très dissemblables génétiquement. Même chose pour les Indiens du continent américain — bien qu'issus des mêmes peuples asiatiques ayant jadis franchi le détroit de Behring —, qui ont des peaux plus brunes en Amérique centrale, proche de l'équateur, qu'en Amérique du Nord et du Sud. Tout comme les Européens et les Indiens de l'Inde, bien que très proches génétiquement, n'ont pas la même couleur de peau.

# Apprenez efficacement, à votre rythme, par correspondance

ETUDES  
METIERS  
AVENIR

## LISTE DES ENSEIGNEMENTS DE L'ECOLE UNIVERSELLE

### ENSEIGNEMENT GENERAL

#### Etudes secondaires

- Classe de 6<sup>e</sup>
- Classe de 5<sup>e</sup>
- Classe de 4<sup>e</sup>
- Classe de 3<sup>e</sup>
- Brevet des collèges
- Seconde
- Premières A.B.S.
- Première G
- Premières F1.F3.F8
- Terminales A.B.C.D.
- Terminales G1.G2.G3
- Terminales F1.F3.F8
- Baccalauréat
- Programme annuel.
- Cours de vacances de la 6<sup>e</sup> aux terminales A.B.C.D.

#### Baccalauréat

- Baccalauréat : A. Philosophie lettres
- B. Economique et social
- C. Mathématiques et sciences physiques
- D. Mathématiques et sciences de la nature
- G1. Secrétariat
- G2. Comptabilité
- G3. Commerce
- F1. Construction mécanique
- F3. Electrotechnique
- F8. Sciences médico-sociales.

#### Langues étrangères

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

### ETUDES SUPERIEURES

#### Etudes de droit

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

#### Instituteur - Institutrice

- Concours d'entrée dans les écoles normales.

#### Ecoles vétérinaires

- Préparation au concours d'entrée.

#### Etudes supérieures de sciences

- Admission non-bacheliers
- D.E.U.G. sections A et B
- Etudes médicales : P.C.E.M.
- Mathématiques supérieures.

#### Grandes écoles

- Classe de mathématiques supérieures M.M' P.P'
- Entrée écoles supérieures de commerce
- Entrée écoles vétérinaires
- Entrée institut d'études politiques
- Concours d'entrée dans les écoles normales.

#### B.T.S. - D.P.E.C.F. - D.E.C.F.

- B.T.S. action commerciale
- B.T.S. commerce international
- B.T.S. comptabilité et gestion
- B.T.S. bureautique et secrétariat
- B.T.S. communication et action publicitaires
- B.T.S. tourisme option accueil
- B.T.S. tourisme option conception
- B.T.S. assurance
- D.P.E.C.F. (diplôme préparatoire aux études complémentaires et financières)
- D.E.C.F.

### 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)
- Infirmier(e) en psychiatrie
- Sage-femme (carrière médicale)
- Masseur
- Ergothérapeute
- Laborantin
- Pédicure
- Educateur de jeunes enfants
- Assistante sociale
- Orthophoniste
- Educateur spécialisé
- Ecoles de cadres infirmier(e)s.

#### Fonctionnaire

- Secrétaire comptable à la banque de France
- Agent de constatation des impôts
- Contrôleur des impôts
- Rédacteur de mairie
- Secrétaire administratif
- Surveillant des éts pénitentiaires
- Agent recouvrement trésor
- Secrétaire de préfecture
- Contrôleur de la main-d'œuvre
- Commiss des services pénitentiaires
- Contrôleur des P.T.T.
- Inspecteur des P.T.T.
- Secrétaire administrative
- Inspecteur de police
- Préposé, agent d'exploitation PTT.

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

- C.A.P. ESAC (comptabilité, siénodactyle, bureau)
- C.A.P. banque
- C.A.P. employé de pharmacie
- C.A.P. esthéticienne (stage pratique gratuit)
- C.A.P. coiffure dames
- C.A.P. coiffure mixte
- C.A.P. couture
- B.E.P. administration commerciale et comptable
- B.E.P. communication adm. et secrétariat
- B.P. banque
- B.P. comptabilité
- B.P. secrétariat

#### 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 œuvres littéraires
- Mise à niveau mathématiques, physique, chimie.

#### Dessin - Peinture - Décoration

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

#### 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 avec cassettes
- Ecriture musicale
- D.E.U.G. musique.

Possibilité de bénéficier des dispositions sur la formation continue

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

#### Bon pour une documentation gratuite :

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

  
**ECOLE  
UNIVERSELLE**

Institut d'Enseignement Privé par Correspondance  
sous le contrôle du Ministère de l'Education Nationale  
28, rue Pasteur - 92551 SAINT-CLOUD Cedex

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

INSCRIPTION  
A TOUT MOMENT  
DE L'ANNEE

USVO18

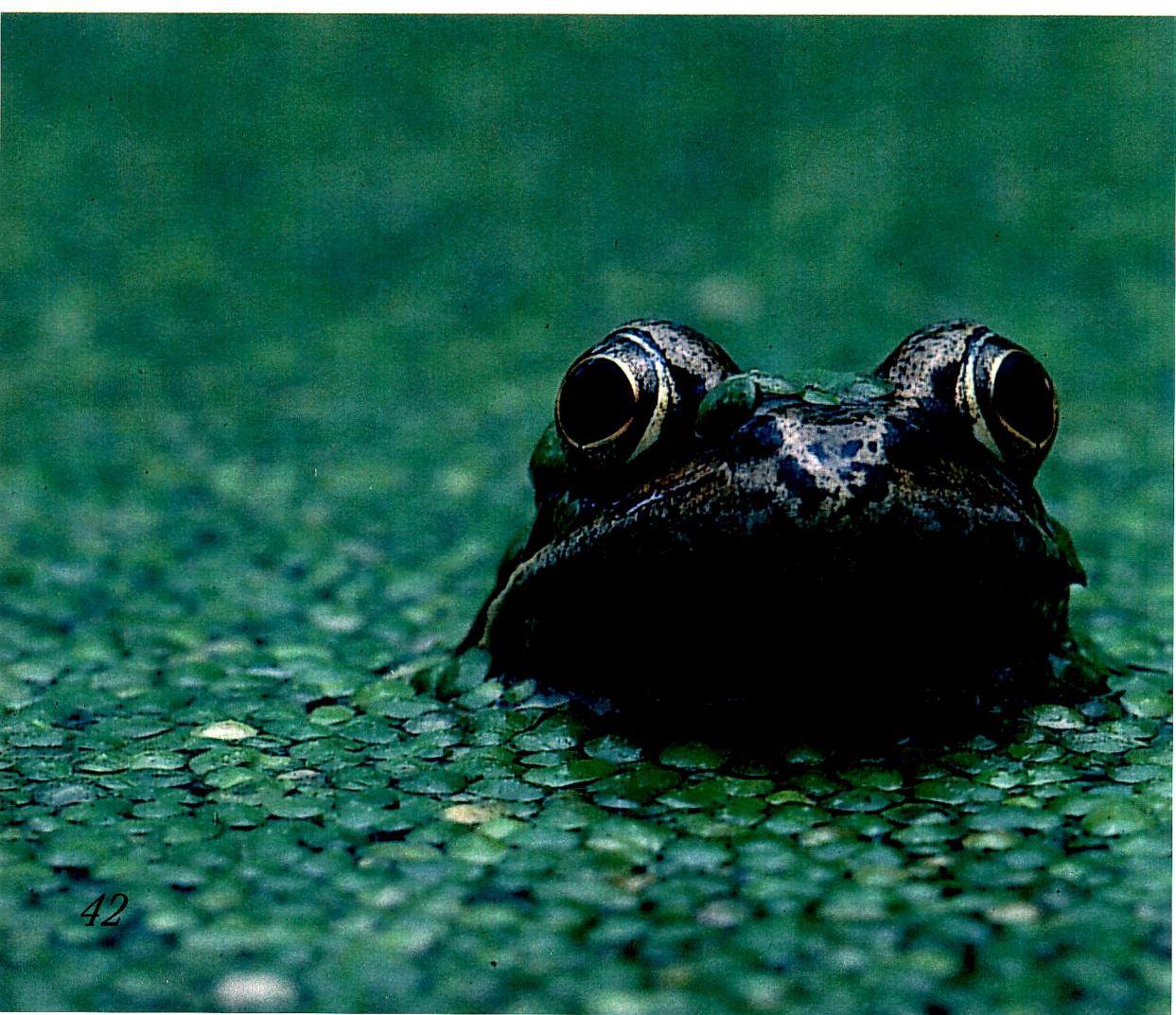


# LES GRENOUILLES NOUS QUITTENT

*Elles sont sur la Terre depuis 180 millions d'années.*

*Elles ont vu les dinosaures. Aujourd'hui, elles commencent à disparaître sans raison visible.*

*Leur peau nue, perméable aux gaz et aux radiations, les rend-elle plus vulnérables à une pollution globale que nous n'avons pas mesurée ?*





**L**es batraciens, grenouilles, crapauds, salamandres, sont apparus il y a 180 millions d'années. C'est dire s'ils ont bien résisté jusqu'ici aux épreuves du temps et aux diverses catastrophes climatiques qu'a pu connaître la Terre. Or, depuis plusieurs dizaines d'années, ils sont en pleine régression ! Il s'agit, certes, quelquefois de problèmes locaux, forêts humides détruites, marais asséchés, étangs pollués, etc. Mais, ce qui est beaucoup plus inquiétant, c'est que certaines espèces, en de nombreux points du globe, disparaissent sans raison locale particulière ! C'est pourquoi on commence à se demander sérieusement si les batraciens sont les premières victimes

**Elles disparaissent**, les grenouilles vertes communes dans toute l'Europe, et cela depuis des décennies pour cause de développement industriel, d'urbanisation et... de consommation. Les pluies acides, l'effet de serre, les rayonnements ultraviolets y seraient-ils pour quelque chose ?



d'un insidieux changement planétaire. Et comme les hommes, furent-ils écologistes, sont surtout égoïstes, leur premier réflexe n'est pas de plaindre ces nouvelles victimes d'un phénomène inconnu, mais de les utiliser comme indicateurs. Si les grenouilles disparaissent, nous aussi sommes menacés par une altération du milieu dont nous ne nous étions pas bien rendu compte.

Leur péril invite à porter un regard sur leur histoire. 150 millions d'années d'évolution séparent le poisson du reptile. Pourtant, du têtard, qui ressemble tant au poisson, à la grenouille, qui a tout d'un vertébré terrestre, il n'y a qu'une seule et même vie. Le développement d'un batracien (qu'on appelle aussi amphibiens) est de ce fait exceptionnel : il résume tout un chapitre de l'histoire du vivant. Les batraciens de l'ère primaire, ou stégocéphales, furent les pionniers de la vie dans le milieu aérien, *a priori* hostile. Des écailles, toutefois, les protégeaient du dessèchement. Les amphibiens modernes à peau nue sont, eux, apparus au milieu de l'ère secondaire, c'est-à-dire il y a 180 millions d'années et n'ont pratiquement pas évolué depuis.

On dénombre actuellement quelque 4 500 espèces de batraciens. Et chaque année, on en découvre des dizaines d'autres. La majorité vit dans les forêts tropicales, la variété des espèces diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur. En France, on n'en dénombre qu'une trentaine.

Les batraciens sont donc de véritables fossiles vivants ; ils ont vu passer les dinosaures, comme ils ont vu les reptiles coloniser la terre ferme, les oiseaux commencer à voler et les mammifères envahir la planète. Allons-nous les voir disparaître ?

La modification de leur environnement est certaine. La destruction rapide des forêts tropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique est la principale cause de l'appauvrissement de la faune batrachologique : quand le déboisement a été progressif, comme dans les régions tempérées, où il s'est étendu

sur plusieurs milliers d'années, il n'a pas déclimaté les batraciens, qui avaient pu trouver refuge dans des zones paraforestières, comme le bocage. Mais depuis une cinquantaine d'années, l'élimination des mares, des étangs et autres barbotières fait que crapauds et grenouilles ont de plus en plus de difficulté à se reproduire, faute de nids d'amour. Quand ces points d'eau ne sont pas transformés en dépôts d'ordures, ils sont comblés ou asséchés. C'est ainsi que les mares qui servent d'abreuvoirs au bétail sont bouchées pour cause de douve du foie (ver parasite qui infecte le foie du bétail) et remplacées par des abreuvoirs métalliques, certes hygiéniques mais inhospitaliers pour les batraciens. Les zones marécageuses sont asséchées pour créer des lotissements, de nouvelles routes et des lignes de chemin de fer. De moins en moins de points d'eau sont formés par les crues des fleuves et des rivières, car les cours d'eau sont aujourd'hui maîtrisés ; leur tracé est modifié par des barrages et des digues.

Or, les points d'eau sont des berceaux pour têtards. Sans eux, pas de reproduction. Car les batraciens, qui sont des amphibiens, n'ont pas entièrement réussi le pari de la vie sur terre ferme : leur développement passe obligatoirement par l'eau. Leurs œufs ne peuvent se développer que dans cet élément, sans quoi ils se dessèchent.

Certes, il reste des lieux adéquats pour la reproduction. Dans le meilleur des cas, 20 % des milliers d'œufs d'une ponte donneront naissance à des têtards, dont la moitié seulement se métamorphosent en adultes avec pattes et poumons. Mais là intervient un facteur nouveau de l'environnement : les œufs, puis les têtards subissent des agressions telles que la pollution des rivières, ou encore l'introduction de poissons pour la pêche. L'introduction de truites dans des lacs de montagnes, où il n'y avait pas de poissons, est responsable de la régression, voire de la disparition, de certaines espèces d'amphibiens. Des truites ont même été acclimatées dans des lacs de parcs nationaux (pourtant entièrement protégés) en Yougoslavie. Un autre batracien, le triton alpestre, a payé un lourd tribu à cette mesure. Quant aux adultes plus ou moins terrestres, ils doivent affronter d'autres dangers, comme la traversée des routes très fréquentées.

Non seulement l'homme a réduit leurs territoires, les a pollués et y a introduit des prédateurs nouveaux, mais, en plus, il les a privés de nourriture correcte. Les batraciens se nourrissent d'insectes, notamment de moustiques. Or, les pesticides et la lutte contre les moustiques ont rendu leur alimentation difficile.

Autre danger mais pour les seules grenouilles, elles sont péchées pour la table. En France, la gastronomie est responsable d'une bonne partie de la diminution des populations de grenouilles vertes et rousses ! Entre les années 1950, où leur commercia-

**Plus un seul crapaud sonneur** dans les coins les plus reculés du Massif central, pourtant vierge de toute activité humaine. Mais on en ignore la raison. On ne sait pas plus pourquoi, dans les forêts protégées du Costa Rica, on a observé en 1988 et en 1989 une seule salamandre dorée mâle, là où on en trouvait plus de mille il y a trois ans.



## HISTOIRES DE PEAU

A la différence des reptiles, des oiseaux et des mammifères, la peau, chez les amphibiens, joue un rôle très important tant pour leur équilibre hydrique intérieur que pour leur respiration et leur système de défense. Molle, moite et perméable, elle leur offre peu de protection contre le dessèchement et les oblige à vivre dans un milieu aquatique ou simplement humide.

Chez ces animaux incapables de boire — à part quelques tritons et salamandres —, la peau est donc responsable de la balance hydrique (qui maintient, à l'intérieur du corps, la quantité d'eau nécessaire). L'absorption et l'excrétion de l'eau se font ainsi à travers la peau selon le principe de l'osmose (les molécules d'eau passent de la solution la plus concentrée en une substance X vers la moins concentrée, pour aboutir à un équilibre). Elle peut également absorber diverses substances dissoutes et même des émulsions de matière grasse.

Aussi bien à l'état larvaire qu'à l'état adulte, il existe une respiration cutanée développée. Les échanges gazeux,  $O_2$  contre  $CO_2$ , se font à travers l'épithélium fin et très vascularisé. Ce type de respiration est possible, car la peau est humide. Les glandes à mucus réparties uniformément dans le derme sécrètent en continu un liquide incolore et visqueux qui l'humecte et la protège. Ce dispositif constitue un piège pour l'oxygène, mais joue également un rôle dans la régulation de la température interne de l'animal et dans la limitation soit de l'absorption, soit de l'évaporation de l'eau.

On assimile improprement ces sécrétions muqueuses à la bave de crapaud ; en réalité, les batraciens n'ont



pas de glandes salivaires. La peau est également pourvue de glandes granuleuses généralement groupées derrière les yeux, en pustules ou en verrues, ou bien en lignes dorsales. Lors d'un stress, ils exsudent un liquide crémeux plus ou moins毒ique, destiné à dissuader l'attaquant.

Ces sécrétions sont sans doute à l'origine des légendes qui font des crapauds les ingrédients indispensables aux potions des sorcières. Cependant, dans ces croyances réside une part de vérité : les Indiens d'Amérique du Sud, par exemple, utilisent depuis longtemps le venin de certaines grenouilles pour empoisonner leurs flèches. Évoluant entre le sud de l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud, les grenouilles de la famille des dendrobatidés, comme la grenouille des fraises (*Dendrobates pumilio*) ci-dessus, sont connues pour être vivement colorées et pour sécréter un poison dont l'action se rapproche de celle du curare.

De nombreuses toxines ont été extraites de la peau des batraciens, notamment de type alcaloïde (famille de composés organiques azotés et basiques, souvent tirés des plantes, comme la quinine, la caféine, la nicotine

ou encore la morphine, la cocaïne, la strychnine et le curare), qui ont contribué à la compréhension du mécanisme de transmission de l'influx nerveux aux muscles, mais aussi à développer la pharmacopée.

Les venins diffèrent selon les espèces, mais sont chimiquement voisins, avec des pouvoirs neurotoxiques puissants qui peuvent, à dose suffisante, entraîner la mort de n'importe quel vertébré. Mais, en règle générale, la manipulation de batraciens n'est pas dangereuse pour l'homme. Tout au plus, le venin irrite les plaies et les muqueuses et provoque des larmoiements.

“A petites doses, l'ingestion de venin de crapaud exerce un effet narcotique”, écrit Jean Rostand, dans *la Vie des crapauds*. Et, en effet, certains drogués semblent raffoler de la bufoténine, substance hallucinogène contenue dans les pustules des crapauds communs *Bufo bufo*. Au point que, très récemment, et d'après les conclusions d'un rapport du service de lutte antidrogue américain (DEA), une loi interdisant de lécher la peau des crapauds a été votée dans les Etats de Géorgie et de Caroline du Sud.

lisation a connu un grand essor, et 1979, date à laquelle une loi interdit la pêche de ces grenouilles à des fins commerciales, elles ont été pêchées par dizaines de milliers dans le lac de Grand-Lieu, près de Nantes, ou dans la Brenne, entre la Creuse et l'Indre, et cela même en période de fraie, quand les femelles portent 4 000 œufs. En dépit de cette loi, les dérogations existent ; le braconnage aussi. Enfin, ce qui n'est pas prélevé dans nos régions l'est ailleurs. La consommation des cuisses, en France, se situe entre 4 000 et 5 000 t par an, autrement dit de 8 000 à 10 000 t de grenouilles entières. Une bonne partie de celles qu'on trouve dans nos supermarchés, congelées, viennent d'Europe centrale et d'Asie.

Ce déclin de toute une classe de vertébrés, en

lui-même extrêmement inquiétant dans la mesure où c'est la perte d'une partie du patrimoine de la vie sur Terre, se double de conséquences écologiques qui retentissent directement sur la santé des humains. En Inde et au Bangladesh, on a capturé tant de grenouilles que les moustiques anophèles, libérés de leurs prédateurs naturels, prolifèrent, d'où une recrudescence de la malaria. La diminution des populations de batraciens a les mêmes effets dans la vallée du Nil, dans certaines régions de la Méditerranée, et même au sud de la mer Noire. Les batraciens se nourrissent aussi d'autres insectes, nuisibles pour les rizières, lesquelles commencent à en pâtir.

Comment enrayer ce déclin ? Diverses mesures sont prises par les sociétés de protection de ces

# L'ALLUMEUR DES FEUX FOLLETS

*Ce sont bien  
des fantômes  
qui provoquent les feux follets,  
puisque ce sont des survivants des premiers âges  
de la Terre : les archaebactéries,  
très différentes des microbes connus.*

**E**lles adorent l'acide, le sel, les fournaises, les odeurs pestilentielles. Elles se nourrissent de soufre. Leur habitat préféré ? Les volcans, la mer Morte, le lac Salé. Elles produisent les feux follets qui terrorisaient nos ancêtres. Dans l'ancien temps, elles souillaient de vilaines taches rouges les vêtements de peau traités à la saumure dans laquelle elles évoluent avec volupté. Il ne s'agit pas de créatures pour films d'épouvante, mais d'inoffensifs microorganismes aux étonnantes propriétés. On les nomme les archaebactéries.

Si nombreux des représentants de cette classe de microorganismes sont connus depuis longtemps, parfois même depuis l'Antiquité, les microbiologistes les considéraient comme des originaux dans le groupe des bactéries, des organismes sans lien les uns avec les autres, sans grand intérêt non plus, nichant presque par erreur dans des demeures écologiques très particulières.

Depuis 1978, on sait que ces êtres unicellulaires présentent entre eux tant de similitude physiologique et structurale qu'il faut les ranger ensemble et à part dans la classification. Les archaebactéries sont aussi éloignées des bactéries, au plan moléculaire, qu'un lapin d'un bacille de Koch. Bien sûr, ce sont des êtres unicellulaires sans noyau, tout comme les bactéries, mais la structure intime de leurs molécules biologiques (protéines, lipides et acides nucléiques) est totalement différente, comme l'ont révélé les analyses effectuées dès les années quatre-vingts.

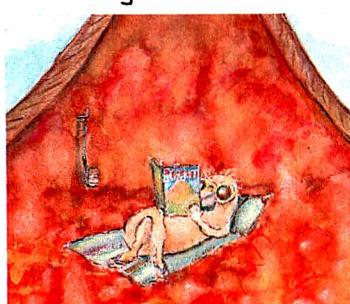
Ces analyses ont eu des répercussions bien au-delà du petit monde des taxonomistes (les savants qui s'occupent de classification). Elles ont bouleversé les théories en vigueur sur les premiers

balbutiements de la vie, dans cette période obscure qui débute voici 3,5 milliards d'années avec les microorganismes.

Des querelles de classification peuvent donc avoir d'importantes conséquences. En comparant, chez différentes espèces, l'organisation et la séquence des molécules qui remplissent les mêmes fonctions, il est en effet possible d'établir des liens historiques entre elles. On pensait qu'il existait un ancêtre procaryote (¹) (cellule sans noyau individualisé) d'où seraient issus les eucaryotes (cellules à noyau individualisé contenant les chromosomes). On estime maintenant que l'ancêtre était un progénote (né en premier) qui aurait donné naissance à trois règnes primitifs : les eucaryotes, les bactéries et les archaebactéries (qui sont tous deux procaryotes, quoique différents). Si les trois règnes semblent avoir divergé plus ou moins simultanément et très précocement à partir de l'ancêtre universel, les archaebactéries auraient conservé au cours de l'évolution un nombre important de caractères très primitifs. Ces microorganismes seraient en fait très proches de ce qu'a dû être la première cellule vivante. Tout, dans leurs caractéristiques, semble le démontrer. Nombre d'entre eux sont capables de se développer à haute température, sous pression, sans oxygène et dans un milieu volcanique riche en soufre. N'y a-t-il pas là une forte ressemblance avec l'environnement qui, on le suppose, vit naître les premiers êtres vivants de notre planète ? Par-delà ces hypothèses encore incertaines, leur existence démontre l'immense adaptabilité de la vie sur Terre.

Leur étonnant pouvoir colonisateur est apparu de façon éclatante, à mesure que se perfectionnaient les moyens d'investigation des

## Le microorganisme de l'extrême





milieux les plus hostiles. Les premiers sous-marins explorant l'univers des profondeurs décelèrent des traces de ces archaebactéries jusqu'à 3 km sous la mer. Et c'est grâce aux progrès saisissants de la vulcanologie que furent découverts des microorganismes dans les cratères bouillonnants des volcans.

Par quel prodige la vie a-t-elle pu se répandre jusqu'à ces extrémités ? L'unité élémentaire de vie est la cellule. Toute cellule est délimitée par une membrane, constituée de lipides et de protéines, qui joue le rôle de barrière ou de filtre protecteur et sélectif. Au sein de ce microcosme, on observe une activité fébrile : dégradation et transformation des nutriments, production d'énergie nécessaire à ces mouvements, renouvellement des constituants fondamentaux... Les acteurs principaux en sont les enzymes des protéines tandis que le metteur en scène en est le chromosome, support de l'hérédité, composé d'acides nucléiques. Cette minuscule, d'une complexité extrême, est opérationnelle grâce à la cohésion et au fonctionnement parfaitement synchronisé et régulé de ces différents éléments : protéines, lipides, acides nucléiques. Que la membrane vienne à se déliter et c'est le drame, comme pourrait l'être l'explosion de la porte d'un sous-marin. Que les enzymes cessent de travailler, et aucune fonction, aucun ordre ne sera plus exécuté. Quant au chromosome, s'il se disloque, c'est l'instance suprême, décideuse, qui est mise à mort.

(1) La présence d'un noyau individualisé contenant les chromosomes et entouré d'une membrane s'observe chez tous les animaux, les végétaux et les levures, organismes nommés pour cela eucaryotes. Cette particularité représente un critère majeur de classification.

Or, voilà bien ce qui menace une cellule lorsque la température ou la pression s'élève anormalement ou lorsque l'environnement s'acidifie. Au-dessus de 60-70°C, par exemple, l'édifice protéique se défait, se déroule comme un serpentin et n'assure plus ses fonctions. Les acides nucléiques, normalement constitués de deux chaînes accolées, s'ouvrent en deux comme le feraien les bords d'une fermeture à glissière. Quant aux lipides, les interactions qu'ils établissent entre eux se modifient profondément dès 50°C, transformant la membrane en passoire.

Les milieux acides ou basiques provoquent des perturbations analogues : les protéines et les acides nucléiques précipitent, coagulent et deviennent inactifs. Si la concentration saline du milieu dépasse 3 ou 4 %, les organismes se dessèchent, car l'eau qu'ils contiennent s'échappe, aspirée vers l'extérieur. La membrane se fige, la cellule se transforme en une peau inerte et ratatinée. Enfin, à des pressions trop élevées, le microorganisme est littéralement broyé. Pression, température, acidité, salinité, les molécules constitutives de la vie ne semblent pouvoir fonctionner que dans des conditions très précises. Comment font donc les archaebactéries pour se développer à 110°C, sous 1 500 atmosphères, dans un milieu dix fois plus salé que la mer Morte ou dans des solutions dont l'acidité équivaut à celle d'une batterie de voiture ?

Pour comprendre, les scientifiques ont tout d'abord effectué des mesures à l'intérieur même de ces microorganismes de l'extrême. Or, à leur grande surprise, le milieu intérieur des archaebactéries, circonscrit par la membrane, s'est révélé aussi neutre et tempéré que celui d'une quelconque bactérie.

Aux acidités excessives, les archaebactéries acido-philes (celles qui aiment l'acide) répondent tranquillement en maintenant leurs constituants dans un environnement aussi neutre que l'eau. Sous des concentrations salines atteignant 36 %, le milieu intérieur des halobactéries (c'est ainsi qu'on les nomme) se rééquilibre tout naturellement autour des valeurs indispensables au fonctionnement des composants cellulaires. La défense consiste donc à refouler le milieu hostile aux portes de la cellule pour maintenir intérieurement les douillettes conditions propices à la vie. Mais la question n'en est que déplacée. Sur le mode opératoire de cette protection, le mystère reste épais. Il existe probablement des systèmes de pompage membranaire très performants, capables d'expulser continuellement l'excédent de molécules indésirables (acide, base ou sel) qui a pénétré dans la cellule. Nous n'en savons pas plus pour l'instant.

Les thermophiles (les archaebactéries qui se complaisent dans les fournaises) posent un problème tout différent. En effet, l'excès de chaleur est difficilement contournable, puisqu'il se propage inmanquablement à l'intérieur du microorganisme. C'est en modifiant leurs constituants cellulaires que les thermophiles résistent à ces températures. En comparant les protéines de deux organismes, l'un thermophile, l'autre non, on relève des différences minimes, de l'ordre d'un acide aminé ou deux (élément unitaire des protéines) sur les dizaines que contient la molécule. Ces variations imperceptibles de la structure provoquent des différences de comportement considérables face à la chaleur. Le changement d'un acide aminé autorise en effet la formation de nouvelles liaisons intermoléculaires normalement inexistantes. Or, ces "ponts" internes, loin d'être anodins, confèrent aux protéines une grande stabilité. Ainsi, les scientifiques ont montré que la création d'une seule de ces liaisons supplémentaires accroît, dans certains cas, de 40 % l'activité de l'enzyme aux fortes températures.

C'est aussi en formant des liaisons stabilisatrices additionnelles que les acides nucléiques résistent aux chaleurs excessives. Ces molécules sont constituées de l'enchaînement de 4 éléments unitaires — les bases adénine, guanine, cytosine et thymine — qui s'accroient entre eux grâce à la formation de liaisons de faible énergie. Les bases G et C forment des liens plus stables que les bases A, T et C. C'est en fait en accroissant la proportion de G, C, capables d'établir des ponts plus solides, que l'acide nucléique des organismes thermophiles résiste aux effets destructeurs de la chaleur.

Dernier obstacle à surmonter : la membrane. Une simple brèche dans cet édifice fragile entraîne la fuite des constituants cellulaires et la mort instantanée. Comment empêcher la membrane de se désagréger aux températures excessives ? En scellant

hermétiquement les deux couches de lipides constitutives de cette enveloppe et normalement liées l'une à l'autre par des ponts instables. En transformant la "bicoche" lipidique fluide en une structure d'une grande rigidité, donc extrêmement stable.

Si les scientifiques s'intéressent de près à ces dispositifs d'adaptation aux conditions extrêmes, c'est aussi en vue d'applications potentielles. Les archaebactéries méthanogènes (celles qui produisent le méthane) sont déjà largement utilisées pour la dépollution des effluents industriels, des déchets agricoles ou des ordures ménagères. Elles n'y dégradent pas elles-mêmes la matière organique : ce qu'elles recherchent est plus subtil, c'est l'hydrogène ( $H_2$ ) que rejettent justement d'autres bactéries fermentaires qui se délectent, elles, de la matière organique en putréfaction. Et c'est à partir d'un repas frugal, gaz carbonique ( $CO_2$ ) et hydrogène, que les méthanogènes produisent ce que l'on appelait autrefois le gaz des marais, connu maintenant sous le nom de biogaz, c'est-à-dire méthane.

Le bénéfice de cette ingénieuse association est double. D'une part, l'hydrogène, véritable poison de la fermentation, est éliminé du milieu (les bactéries fermentaires peuvent ainsi poursuivre sans relâche leur repas de déchets), d'autre part, la production de méthane constitue une source d'énergie importante pour rentabiliser le procédé. Là encore, les archaebactéries se distinguent par leur comportement marginal : alors que tous les autres organismes exigent un minimum de matière organique pour élaborer leurs constituants cellulaires, ces spécialistes de l'extrême parviennent, au terme d'acrobaties métaboliques étonnantes, à se nourrir d'un soupçon de  $H_2$  et d'une pincée de  $CO_2$ .

Mais, non contents d'utiliser les microorganismes eux-mêmes, ce sont aussi leurs constituants les plus intimes et plus particulièrement leurs enzymes que pistent les industriels. Les amylases (enzymes qui dégradent l'amidon) sont ainsi utilisées pour convertir l'amidon en sucre dans les distilleries, tandis que la glucose-isomérase (autre enzyme) sert à transformer le glucose en fructose dans l'industrie des boissons non alcoolisées.

Les chimistes sont à l'affût de tout ce qui pourrait accroître les rendements et diminuer le coût des procédés industriels. En élevant la température des réactions, on pourrait espérer atteindre cet objectif, mais il n'en est rien en pratique, car les enzymes sont dénaturées par de trop fortes chaleurs. D'où l'intérêt théorique des protéines thermostables. Malheureusement, l'utilisation directe des archaebactéries sera sans doute limitée. D'une part, marginalité oblige, elles ne fabriquent aucune des substances bactériennes couramment recherchées par les industriels (amylases, protéases, etc.). D'autre part, il est actuellement impossible de les manipuler par génie génétique, car elles n'ont dévoilé

(suite du texte page 159)

# Economie : La difficulté c'est de changer d'avis à temps.



Pour ne pas être un Panurge dans le monde des affaires, il faut savoir anticiper. Et pour qu'une entreprise – même bien portante – sache se mettre en cause, puis réagisse à temps, une seule solution : l'information.

S & V Economie Magazine apporte cette information de fond sans laquelle on reste coincé dans le troupeau...

S & V Economie Magazine c'est une information tournée vers l'action.



SCIENCE & VIE

**ECONOMIE**  
MAGAZINE

# ADAM ÉTAIT-IL SÉROPOSITIF ?

*La découverte toute récente de deux chimpanzés séropositifs infectés par un virus proche du HIV-1 dont sont atteints les malades européens, ainsi que de singes mangabeys infectés par un parent du HIV-2, qui sévit chez les Africains de l'Ouest, a fait croire que le sida nous venait des singes. Une étude plus approfondie démontre que cette maladie invisible et lente, identifiable depuis très peu de temps, a très bien pu couver chez l'homme depuis la nuit des temps, pour exploser seulement aujourd'hui.*

**D**eux jeunes chimpanzés, amenés récemment par des Africains au Centre international de recherche médicale de Franceville (le CIRMF), au Gabon, se sont révélés séropositifs lorsqu'ils furent testés à l'aide des réactifs qui permettent habituellement la détection d'une séropositivité pour les virus HIV humains (1). La découverte était surprenante : ces deux singes étaient non seulement les deux seuls séropositifs sur les 83 testés au Gabon, mais les seuls aussi sur plus de 250 chimpanzés capturés au cours des quinze ou vingt dernières années en Afrique. Pour les pasteuriens, étant donné le mode de vie tribal et la peur de l'eau qui cantonnent les chimpanzés dans de petits territoires, il est fort possible que l'infection en question soit très restreinte sur le plan géographique. Cela pourrait, selon eux, expliquer l'absence de chimpanzé infecté dans les colonies qui vivent en captivité aux Etats-Unis, en dehors bien sûr de ceux qui ont reçu le virus HIV-1 humain pour les recherches d'un vaccin contre le sida. Cette rareté de l'infection chez le chimpanzé contraste terriblement avec ce qui est observé pour d'autres espèces de singes, notamment les grivets ou singes verts d'Afrique : près d'un singe vert sur deux est séropositif.

L'analyse génétique du virus isolé de l'un de ces deux chimpanzés séropositifs a pu être réalisée. Le virus du chimpanzé possède la même organisation

génétique que les virus du sida isolés chez l'homme ou chez les autres singes (comme eux, il comporte des gènes de cœur, de réplication, d'enveloppe, etc.). Les gènes du virus du chimpanzé ont ensuite pu être comparés un à un aux gènes correspondants des virus humains ou des virus des autres singes. Cette comparaison révèle que le virus du chimpanzé est proche du virus du sida humain HIV-1, celui qui est responsable de l'épidémie actuelle en Afrique centrale, en Europe, aux Etats-Unis et dans le reste du monde. Selon les gènes, il diffère de 15 % à 60 % du HIV-1. Par contre, ce virus du chimpanzé (SIV cpz) est beaucoup plus éloigné du virus humain HIV-2, qui ne touche, lui, que l'Afrique occidentale. Il est également fort différent des autres virus de singes. Dans ces deux cas, la comparaison révèle des taux de différences variant de 40 à 70 %.

L'analyse des parentés génétiques suggère donc la possibilité que le SIVcpz est l'ancêtre du virus humain HIV-1, mais pas du virus HIV-2. Il faut cependant préciser que, même si cette transmission du chimpanzé vers l'homme a existé, elle n'est pas particulièrement récente, car le virus du chimpanzé diffère tout de même des virus humains : il est moins proche des virus humains HIV-1 que deux HIV-1 entre eux, provenant par exemple l'un d'un malade français, et l'autre d'un africain. Donc, proche parenté, mais pas ressemblance parfaite.

Certains chercheurs considèrent cependant ce



virus du chimpanzé comme le chainon manquant qui permettrait de consolider l'hypothèse d'une origine simienne du sida. En effet, les virus simiens connus jusqu'à présent ne pouvaient être les ancêtres que du virus humain HIV-2, qui ne concerne que l'Afrique occidentale. Et il faut rappeler, puisqu'on en est à établir des liens de parenté, que ce virus HIV-2 est un parent très éloigné du virus HIV-1, virus du sida le plus répandu dans le monde. C'est d'ailleurs cette dissemblance qui permet de dire qu'il n'y a pas une mais deux épidémies de sida, liées à deux virus différents qui frappent deux zones géographiques distinctes.

Quatre virus proches du virus humain HIV-2 d'Afrique occidentale ont pour l'instant été isolés chez les singes. Le premier fut trouvé chez des macaques de type rhésus vivant dans un centre de primatologie près de Boston, aux Etats-Unis. La recherche de l'origine de ce virus simien a d'ailleurs constitué un vrai roman policier. L'enquête a d'abord révélé qu'il était absent des macaques sauvages, qui vivent habituellement en Asie; les équipes de virologues japonais ont effectué de multiples recherches sur tout le continent asiatique sans qu'il soit possible de trouver un seul singe séropositif. Puis on s'est avisé que les macaques séropositifs de Boston avaient sans doute été contaminés en captivité par un virus provenant d'une autre espèce de singe, eux-mêmes captifs, probablement des mangabeys. Or, à l'état sauvage, en Afrique, les mangabeys, eux, semblent infectés par un virus très proche du virus retrouvé chez les macaques rhésus de Boston. C'est probablement des transfusions de sang de mangabeys aux macaques, au cours d'expériences de cancérologie, qui ont contaminé ces derniers.

En fait, le virus dont on a le plus parlé pour tenter de trouver une origine simienne au sida est le virus du grivet ou singe vert d'Afrique. En effet, comme nous l'avons dit, près de la moitié des singes verts d'Afrique vivant à l'état sauvage sont séropositifs. Mais l'idée que "le" sida puisse provenir du singe vert d'Afrique est en fait le résultat d'une grossière erreur commise dans le laboratoire de Max Essex, à Boston. Les chercheurs de ce laboratoire avaient découvert une très forte parenté entre le virus qu'ils avaient isolé du sang d'une prostituée sénégalaise et celui qu'ils avaient isolé du sang d'un singe vert d'Afrique. Cette très grande ressemblance pouvait être interprétée à leurs yeux comme la preuve d'une origine simienne du virus humain. Mais une analyse plus poussée a révélé que la ressemblance observée était tout simplement due à une contamination du tube à essai contenant le sang humain par le tube à essai contenant le sang du singe. Le comble est que ces deux tubes à essai avaient eux-

## Du singe à l'homme ou l'inverse ?

mêmes été contaminés par un troisième tube contenant la souche virale isolée chez les macaques captifs de Boston !

Finalement, l'analyse d'un vrai virus du singe vert, effectuée cette fois par une équipe japonaise, révèle que ce dernier ne pouvait être à l'origine du sida humain. Car il ne ressemble pas plus à HIV-1 qu'à HIV-2. Il constitue une troisième famille indépendante.

Pour ceux qui croient à une origine simienne de la maladie, la situation peut donc être résumée de la façon suivante : d'un côté le sida HIV-1, qui prédomine en Afrique centrale et dans le reste du monde, aurait pour origine un virus proche de celui récemment identifié chez le chimpanzé ; de l'autre, le sida HIV-2, qui prédomine en Afrique occidentale et qui aurait pour origine un virus proche de celui du mangabey, espèce de singe dont l'habitat naturel est justement centré sur l'Afrique occidentale. Le sida serait donc lié, selon cette hypothèse, non pas à un mais à deux événements de transmission de deux singes différents vers l'homme.

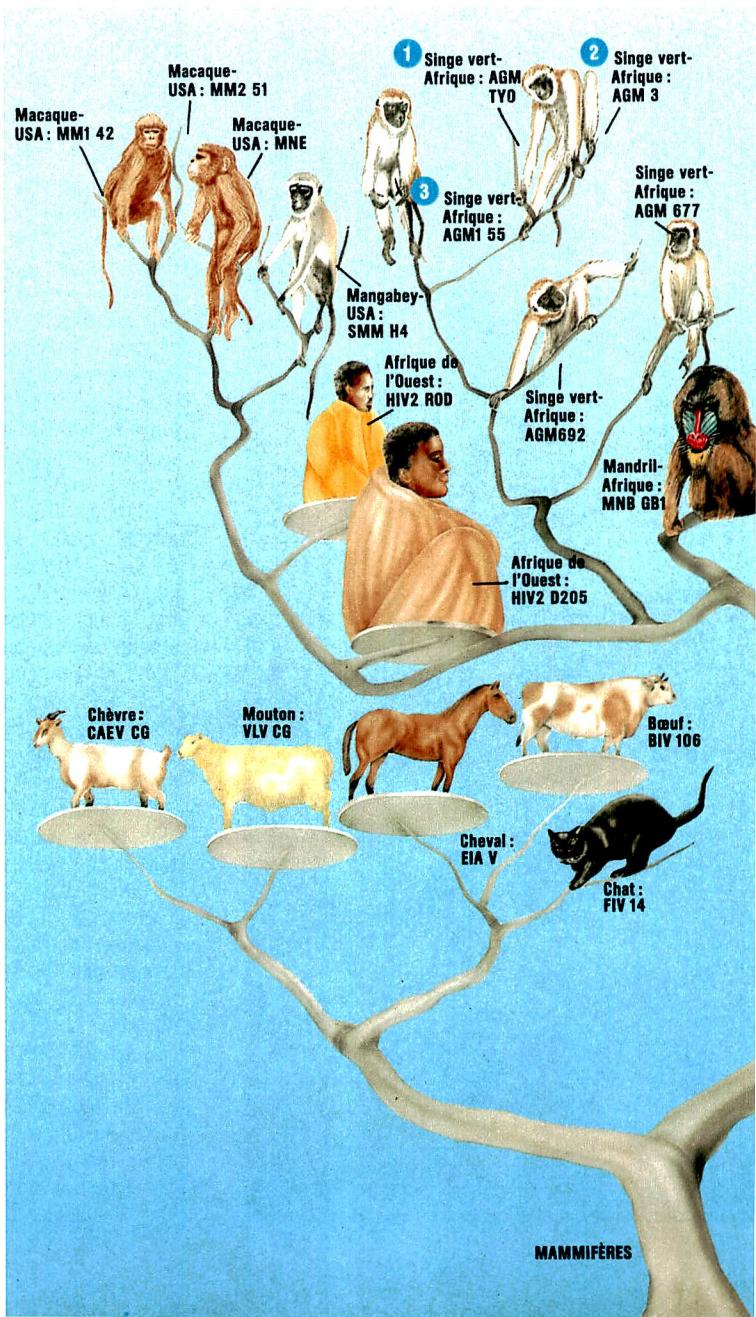
Mais là, les partisans de la transmission par le singe rencontrent une objection de taille : comment se fait-il que la transmission du singe vers l'homme n'ait jamais eu lieu par le passé ? Et comment se fait-il que cette transmission survienne quasiment en même temps en deux régions géographiques bien distinctes ?

Enfin, objection supplémentaire, comment faire cadrer dans l'hypothèse simienne le tout nouveau virus apparenté au HIV-2 connu jusqu'ici, mais malgré tout fort différent, et qu'une équipe allemande vient d'identifier chez l'homme en Afrique occidentale ? Ce nouveau virus est encore plus éloigné que le HIV-2 classique des

virus de singe connus, tel celui du mangabey. Il faudrait donc, pour que l'hypothèse colle, qu'une troisième espèce de singe, encore inconnue, ait transmis à l'homme cet HIV-2 d'un nouveau type !

Pour une partie de la communauté scientifique, cette série d'objections rend improbable une récente origine simienne du sida.

En regardant les choses sous un autre angle, que voit-on ? Que le seul primate chez lequel on observe une variabilité considérable du virus du sida, c'est l'homme lui-même. Aucune espèce de singe, en effet, n'est infectée à la fois, à notre connaissance,



par des virus aussi différents que HIV-1 et HIV-2 (sans parler de HIV-2 bis). Certains chercheurs ont même fait remarquer que c'est uniquement chez des singes vivant en captivité au contact de l'homme qu'on a isolé des virus animaux proches du virus de l'homme. C'est le cas, on l'a vu, des macaques et des mangabeys des centres de primatologie américains ; c'est le cas également des chimpanzés du CIRMF, au Gabon (dont on ne peut pas savoir s'ils étaient déjà infectés avant d'être capturés). Quant aux virus de singes sauvages, ils se situent à bonne distance, du point de vue génétique, des virus hu-

main : c'est le cas du vrai virus du singe vert. Tout cela permet de se demander si ce n'est pas l'homme qui aurait contaminé le singe, et non l'inverse.

Pour tester cette hypothèse, des calculs ont été entrepris pour essayer d'apprécier le temps qu'il aurait fallu à un ancêtre commun théorique pour évoluer et diverger vers les deux formes connues aujourd'hui, HIV-1 et HIV-2. Ces calculs s'opèrent en construisant des arbres généalogiques (ou plus précisément phylogénétiques) tels que ceux présentés au début de cet article. Malheureusement, l'ordinateur ne parvient pas à trancher. Selon

l'Américain Myers, chercheur dans un centre de calcul informatique appliquée à la génétique, à Los Alamos, la divergence entre HIV-1 et HIV-2 n'aurait nécessité qu'une période d'environ 40 ans. Le Japonais Yokohama, de l'université de Tokyo, a calculé, lui, que cela n'aurait pas pris moins de 280 ans.

Les méthodes de calcul utilisées supposent, pour simplifier, un taux constant de variation du virus dans le temps. On s'est donc contenté de diviser le nombre de mutations qui permettrait théoriquement de passer d'un virus à un autre par le taux de mutation annuel pour calculer le temps d'évolution qui sépare deux virus. En adoptant une vitesse d'évolution maximale, l'ordinateur calcule qu'il faut au moins quelques dizaines d'années pour que le virus ancestral théorique se différencie en HIV-1 et HIV-2. Dans la réalité, la vitesse à laquelle le virus évolue est variable. Par exemple, il est fort probable que le virus mute beaucoup plus en périodes épidémiques, alors qu'en dehors de celles-ci il s'arrête pratiquement d'évoluer. En d'autres termes, l'âge du virus du sida est compris entre quelques dizaines d'années et l'éternité.

Si le virus du sida existe depuis la nuit des temps, il infectait peut-être même le primate ancêtre des hommes et des singes, voire même l'animal ancêtre de tous les mammifères. Cela pourrait expliquer que l'on retrouve aujourd'hui des virus apparentés au virus du sida chez le chat, le mouton, la chèvre, le cheval, le bœuf. Ces virus sont d'autant plus proches entre eux, que les animaux qu'ils infectent sont eux-mêmes proches. Ainsi, les deux





**Des origines discutées.** On a trouvé chez le chimpanzé un virus proche du sida à HIV-1, qui prédomine en Afrique centrale et dans le reste du monde, et chez le singe mangabey un autre virus, proche du HIV-2, le sida qui prévaut en Afrique de l'Ouest. D'où l'hypothèse que le sida a été transmis récemment à l'homme par le singe. Mais il est tout aussi possible que ces deux sida descendent d'un ancêtre commun présent déjà chez les premiers hommes, et que leur explosion actuelle soit due à l'évolution des modes de vie.

virus les plus proches sont ceux qui infectent mouton et chèvre, qui sont génétiquement très proches, tout comme le sont l'homme et le chimpanzé.

Il faut ajouter que tous ces virus proches du virus du sida appartiennent à la famille des rétrovirus<sup>(2)</sup> et plus précisément au sous-groupe des lentivirus (ou virus lents). La caractéristique de ces rétrovirus lents est, comme leur nom l'indique, de provoquer des infections chroniques qui évoluent lentement. De plus, les retrovirus sont capables de s'intégrer, c'est-à-dire de placer leurs gènes à l'intérieur des chromosomes des cellules infectées. De tels mécanismes leur permettent de persister au sein d'une espèce animale pendant de très longues périodes, même si le nombre d'animaux infectés est limité. Ces virus sont, de plus, transmis verticalement c'est-à-dire de l'animal à sa descendance et fort probablement des espèces animales ancestrales vers les espèces animales plus récentes issues de l'évolution.

Pour mieux comprendre ce que cela signifie, il faut réaliser qu'une telle persistance serait impossible pour un virus qui provoque une infection aigüe capable de tuer rapidement l'animal infecté. Pour qu'un virus "rapide" persiste dans une population animale pendant de longues années, il est indispensable que le virus touche une part importante de la population et que celle-ci se renouvelle plus rapidement qu'elle n'est détruite par le virus. En revanche, rien n'empêche un virus lent comme celui du sida d'exister dans la population humaine pendant des siècles voire des millénaires, même s'il n'infecte qu'un nombre infime d'individus. Une telle rareté pourrait expliquer pourquoi, si le sida est une maladie ancienne, il n'a pas laissé de traces visibles dans l'histoire et qu'il apparaisse aujourd'hui comme une maladie nouvelle.

Comme le rappelle le Pr Grmek dans son livre *Histoire du sida*<sup>(3)</sup>, la signification du terme

"maladie nouvelle" est plus qu'imprécise. Une maladie peut être nouvelle parce qu'elle n'est pas reconnue par les médecins ou parce qu'elle n'existe pas en réalité. Même la notion de "non-existence" est relative. Une maladie peut être nouvelle dans un endroit donné et non dans le monde entier ; elle peut être nouvelle dans un passé immédiat et non dans toute l'histoire de l'humanité. L'origine de l'apparition de maladies "nouvelles" se pose depuis la nuit des temps et rendait déjà perplexes les médecins romains, qui, pourtant, n'avaient pas la moindre idée ni de ce qu'était un microorganisme ni de ce qu'était l'évolution.

Pline, au premier siècle de notre ère, décrivit un grand nombre de maladies nouvelles. L'une d'entre elles, vraisemblablement importée d'Asie, ne touchait ni les femmes, ni les esclaves, ni le bas peuple, ni la classe moyenne mais seulement les grands, qui se transmirent vite la maladie.

Le sida est donc loin d'être le premier cas de maladie apparemment nouvelle qui se limite dans un premier temps à un groupe social. Les bouleversements qui accompagnèrent la naissance de l'empire romain ont entraîné l'apparition de nombreuses maladies. C'est le cas notamment de la lèpre, qui n'existe pas en Europe avant la formation de cet empire. Sénèque et Platon en accusaient l'intempérance des temps nouveaux. Ils n'allèrent cependant pas jusqu'à l'hypothèse de la punition divine, pourtant avancée par certains de nos contemporains pour expliquer l'épidémie du sida. Un peu plus tard, au deuxième siècle, Plutarque propose deux hypothèses pour expliquer l'apparition des maladies nouvelles. La première : les maladies ont toujours existé mais on ne les reconnaît qu'avec le temps. La deuxième : certaines maladies sont nouvelles parce qu'elles viennent d'ailleurs, c'est-à-dire d'un autre pays, voire même du cosmos. On remarquera, au passage, que l'idée qu'une maladie puisse évoluer à partir d'une autre maladie n'est pas évoquée à l'époque.

Aux hypothèses de Plutarque, nous pouvons aujourd'hui ajouter les possibilités suivantes :

1. La maladie existait mais n'a pu être remarquée qu'à la suite d'un changement touchant le type ou l'intensité de ses symptômes.
2. Elle n'existe pas chez l'homme, mais seulement chez l'animal.
3. Par ailleurs, puisque l'on sait maintenant que la génération spontanée est impossible, l'idée d'un virus totalement nouveau doit prendre une signification différente. On peut placer dans cette catégo-

rie un virus extraterrestre ou encore un virus synthétique produit artificiellement dans un laboratoire de recherche.

Cette dernière hypothèse a d'ailleurs été proposée par divers auteurs, plus proches du monde de l'espionnage-fiction que du monde scientifique. Les premiers accusés ont été les laboratoires militaires américains, qui auraient cherché à mettre au point une arme bactériologique. Puis on a mis en cause les découvreurs du virus, c'est-à-dire Gallo et Montagnier eux-mêmes. Dans un roman policier, le premier suspect est toujours celui qui découvre le cadavre. Or, la présence prouvée du virus dans les années 60, sa complexité, sa grande diversité dans le règne animal, sa répartition géographique et sa structure génétique excluent de façon formelle la possibilité qu'il ait été fabriqué en laboratoire, même à partir de fragments de virus connus. Le virus du sida possède d'ailleurs de nombreux fragments génétiques qui ne peuvent provenir d'un autre virus que de lui-même.

Pour continuer à étudier l'hypothèse de l'ancienneté du sida, il est nécessaire de s'appuyer sur l'analyse historique, c'est-à-dire de plonger dans le passé par l'intermédiaire des dossiers médicaux et des publications scientifiques anciennes. Il faut les revoir d'un œil nouveau afin de déterminer si quelques cas anciens ne pouvaient pas, déjà, être expliqués par une infection par le virus HIV. Ce type d'enquête historique a été particulièrement bien menée dans le livre du Pr Grmek (1). Cependant, elle est particulièrement délicate, du fait que, justement, de multiples éléments sont réunis pour que le sida soit passé inaperçu. Tout d'abord, jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, les publications et la documentation médicales sont largement insuffisantes pour déterminer si des cas anciens peuvent être considérés retrospectivement comme étant des cas de sida. De plus, à cette époque, les médecins décrivaient très rarement les cas auxquels ils ne comprenaient rien.

Enfin, la caractéristique principale du sida est, justement, de ne présenter aucun symptôme spécifique. Il se manifeste uniquement par l'intermédiaire d'infections multiples, conséquences de l'effondrement du système immunitaire. La seule particularité de ces infections multiples est d'être dues à des germes qu'on appelle "opportunistes", qui sont habituellement peu pathogènes et ne peuvent entraîner de maladie qu'à la faveur d'une déficience des défenses immunitaires. Or, il s'avère que la distinction entre une infection à un germe opportuniste, qui signeraient le sida, et une infection due à un

germe normal, au niveau du poumon par exemple, nécessite un laboratoire d'analyse des plus complexes. Or, de telles installations n'existent que depuis un passé récent, et uniquement dans les contrées les plus médicalisées.

En Afrique par exemple, où les médecins sont habitués à voir des infections multiples, avec une mortalité élevée, le diagnostic du sida est quasiment impossible, à moins d'une épidémie suffisamment importante pour attirer l'attention. Jusqu'à ce que le sida soit reconnu à la suite de l'épidémie américaine, en Afrique et même en Europe, les médecins n'avaient pas vu la nécessité de rechercher un nouvel agent pour expliquer des infections dont la seule gravité n'aurait pas attiré leur attention. C'est parce que le Centre for Disease Control américain est doté d'un système de surveillance informatique particulièrement efficace qu'il a pu remarquer l'augmentation du nombre des infections pulmonaires par un agent auparavant rare, le *Pneumocystis carinii*. A la suite de cette observation, les médecins américains ont été amenés à définir une nouvelle entité clinique : le sida. Et c'est également parce que l'attention des médecins avait été éveillée par un élément troublant : l'homosexualité des patients.

La maladie "opportuniste" du genre sida dont on découvre le plus facilement la trace dans l'histoire, est le sarcome de Kaposi. Il s'agit d'une tumeur maligne touchant la peau, qui a été décrite pour la première fois en 1872 par un médecin autrichien du nom de Kaposi. Celui-ci avait observé cinq cas de ce sarcome entre 1868 et 1872. A

l'autopsie d'un de ces cas, il

découvrit dans les poumons des lésions qui, vues aux lumières d'aujourd'hui, peuvent évoquer une infection opportuniste. Une dizaine d'années plus tard, de nombreux cas de sarcome de Kaposi furent décrits en Italie, dans les environs de Na-

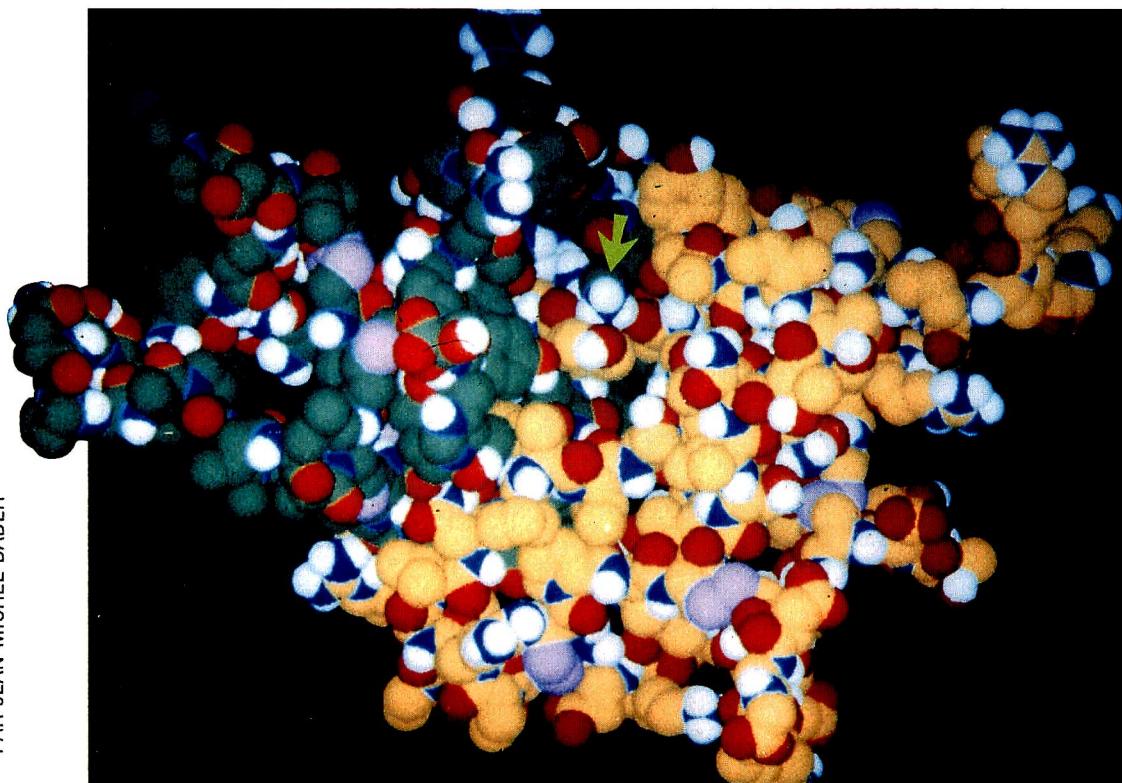
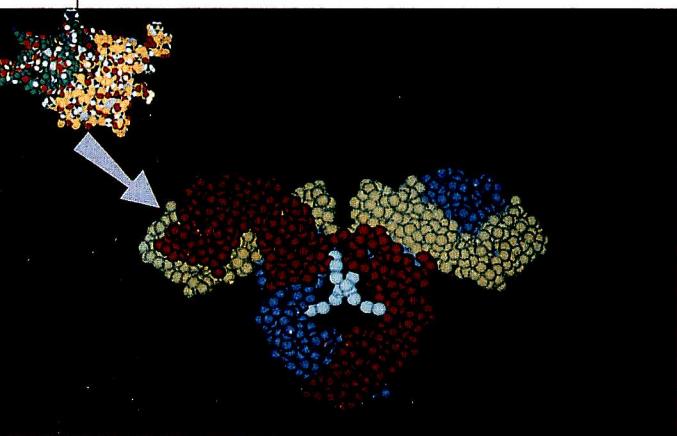
(suite du texte  
page 158)

**Deux chimpanzés seulement** sur les quelque 250 spécimens qui ont été capturés en Afrique ces vingt dernières années se sont révélés porteurs du virus SIV cpz, proche du HIV-1 du sida humain.



# UN VACCIN CONTRACEPTIF DANS 5 ANS

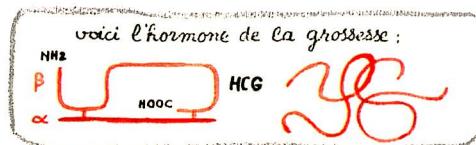
*En trouvant une méthode pour atteindre l'hormone de grossesse, des chercheurs français ont non seulement rendu possible la mise au point d'un vaccin contraceptif, mais aussi donné une nouvelle jeunesse à tous les vaccins de synthèse.*



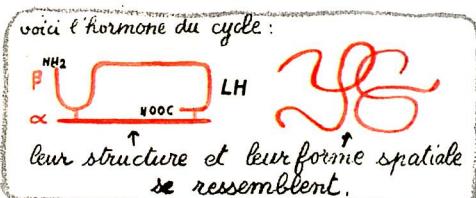
**Le vaccin et sa cible.** Dans l'hormone de grossesse (HCG), seule une région (flèche verte), le peptide, est la vraie cible d'un futur vaccin contraceptif. Comparez la taille de l'hormone HCG avec celle de l'anticorps C8 dirigé contre elle !

**L**a pilule anticonceptionnelle n'a pas tenu toutes ses promesses. Dès 1972, l'Organisation mondiale de la santé appelaient de ses vœux la création d'un vaccin antigrossesse qui pourrait être un moyen simple, facile à utiliser et d'un coût modéré, pour résoudre le problème de la contraception. Il n'aura pas fallu moins de dix-huit ans pour que les recherches entreprises un peu partout dans le monde débouchent enfin sur un résultat prometteur.

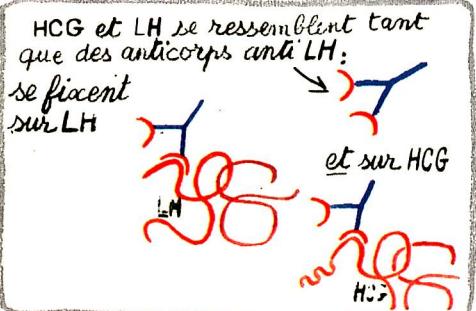
Il s'agissait, il est vrai, d'une entreprise particulièrement complexe. Lorsque l'œuf fécondé s'est implanté dans la muqueuse de l'utérus, les premières cellules du trophoblaste (qui deviendra plus tard le placenta) sécrètent de l'hormone de grossesse (la gonadotrophine chorionique humaine ou HCG).



Celle-ci est indispensable au bon développement du fœtus, puisqu'elle active la "pousse" des tissus embryonnaires. C'est elle également qui semble empêcher que le greffon foetal soit rejeté par la mère. En bloquant son action, on empêche le développement du placenta, et de l'œuf lui-même (¹). C'est donc cette hormone qui, de l'avis de tous, doit être la cible d'un vaccin contraceptif féminin. Pour atteindre cette cible, il importe cependant de bien viser, car elle a malheureusement une sœur jumelle, la LH, une autre hormone protéique dont le rôle est



capital dans le cycle féminin puisqu'elle provoque la croissance et la maturation du gamète sexuel féminin et le déclenchement des règles. Toutes deux sont faites de deux chaînes d'acides aminés, la chaîne alpha et la chaîne bêta. La première est

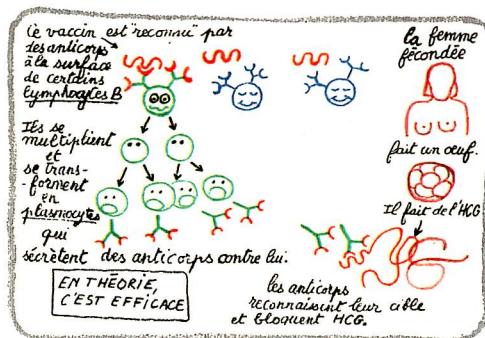


strictement identique dans les deux hormones, mais heureusement elle n'a aucune activité biologique. En revanche, la chaîne bêta est quelque peu différente : alors que celle de LH a 115 acides aminés, celle de HCG en compte 145. Ce sont donc 30 acides aminés au bout de la chaîne bêta qui font toute la différence entre LH et HCG. Etant donné



qu'il s'agit d'atteindre HCG sans toucher LH — car il va de soi qu'un vaccin contraceptif digne de ce nom doit respecter le cycle féminin normal —, c'est à ce court segment de 30 acides aminés situé en bout de chaîne protéique que se réduit la cible.

Vernon Stevens, un chercheur américain (²), et William Jones, un immunologiste australien (³), ont publié en juin 1988, dans la revue médicale britannique *The Lancet*, les résultats de quatorze ans d'efforts selon cet axe de recherche. L'espérance était de déclencher chez la femme vaccinée la fabrication d'anticorps neutralisants dirigés spécifiquement contre ce "motif". Comme celui-ci n'est présent que sur HCG,

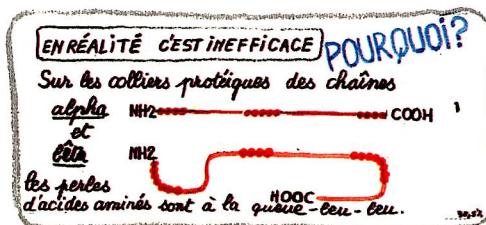


ces anticorps auraient épargné la LH et touché seulement HCG. Les essais cliniques ont été encoura-

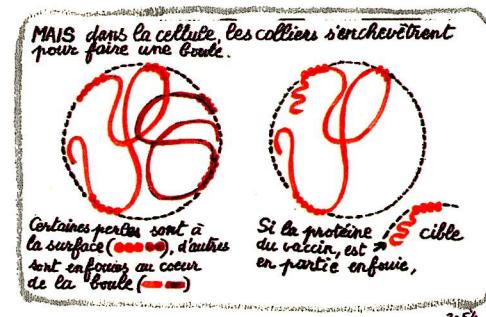


geants : les concentrations d'anticorps neutralisants anti-HCG atteintes dans le sang des trente

femmes volontaires, qui ont reçu ce vaccin, permettent — du moins en théorie — d'empêcher l'implantation de l'embryon pendant neuf semaines. Il convient cependant de noter que ces trente femmes avaient été choisies parce qu'elles étaient stériles, en sorte que la démonstration reste pour l'instant peu convaincante.



De plus, étant donné que la structure en trois dimensions de l'hormone de grossesse est encore inconnue, on ne sait pas du tout si le motif choisi par Stevens (fait des acides aminés 116 à 145) n'est

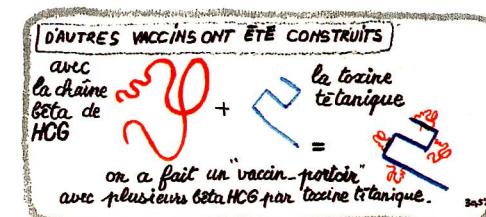


pas en partie caché en profondeur dans la molécule d'HCG. Les anticorps dirigés contre lui pourraient en ce cas avoir des difficultés à se fixer sur ce site !



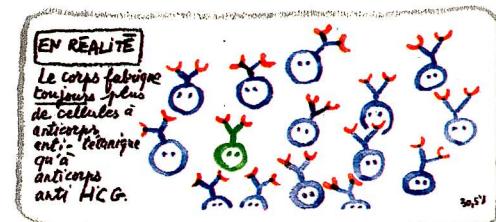
L'objection n'est pas seulement théorique : c'est l'efficacité réelle du vaccin contraceptif qui est en cause.

Avant Stevens, Georges P. Talwar, un biologiste indien, avait eu, quant à lui, l'idée d'utiliser comme vaccin la chaîne bêta tout entière de l'hormone



HCG, en la fixant sur une molécule "porteuse" bien connue des vaccinologues, la toxine tétanique atténuée. Aussi Talwar espérait-il qu'un vaccin couplé à cette toxine serait efficace et rapidement réversible (son effet ne devait durer qu'un an). De simples rappels annuels auraient alors suffi à renouveler l'efficacité de cette contraception d'un nouveau genre. Surtout Talwar pensait que les anticorps produits contre son vaccin seraient assez spécifiques pour ne pas se tromper de cible, et se diriger directement sur la HCG sans viser la LH.

Malheureusement les résultats des premiers essais cliniques effectués en 1976 en Inde, en Finlande, en Suède, au Chili et au Brésil se sont révélés décevants : les femmes ayant reçu l'injection du vaccin fabriquaient bien des anticorps, ceux-ci étaient bien dirigés contre la seule sous-unité bêta de l'HCG, mais un quart d'entre elles environ avaient un titre d'anticorps beaucoup trop faible pour être efficace. Ce premier échec était d'ailleurs prévisible : la toxine tétanique est reconnue par tous les sujets — et ils sont nombreux — qui ont déjà été vaccinés contre le tétonos. Quand elle leur est réinjectée, cette toxine provoque dans l'organisme l'augmentation du nombre des lymphocytes T supresseurs, qui interdisent aux lymphocytes B de produire les anticorps justement dirigés contre l'HCG. Il va sans dire que dans ces conditions le



vaccin n'avait guère de chances d'être efficace !

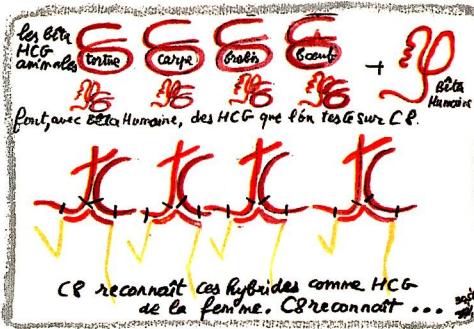
Talwar ne se découragea pas pour autant. En 1986, il proposa en même temps deux versions d'un autre vaccin contraceptif de son invention : l'une d'elles combine la chaîne alpha de la LH de brebis à la chaîne bêta de l'hormone de grossesse humaine et cet ensemble est lui-même couplé aux deux toxines atténuées du tétonos et du choléra.

Les premiers essais cliniques de ces vaccins ont démarré en 1986 sur deux cents femmes stériles, les chercheurs visaient bien entendu à établir la tolérance et non l'efficacité de ces vaccins.

Le Dr Peter Berger (4) a sévèrement critiqué cet essai dans le numéro du 16 avril 1987 de *Nature*. A ses yeux, les auteurs indiens de cette recherche ont tort car les antigènes qu'ils ont utilisés ne sont pas spécifiques (les hormones de mammifères se ressemblent en effet diantralement). D'où le risque grave que courraient les femmes vaccinées avec un tel vaccin : elles fabriqueraient certes des anticorps contre l'HCG, mais aussi contre presque toutes les hormones, perturbant ainsi gravement leur équilibre hormonal, mettant même en péril leur sexualité, leur féminité ou leur métabolisme ! Si l'on ajoute à cela que l'innocuité et l'efficacité de ces vaccins étaient loin d'être établies avec certitude, le moment n'était pas encore venu de décider une campagne vaccinale qui aurait touché des dizaines de millions de femmes en âge de procréer.

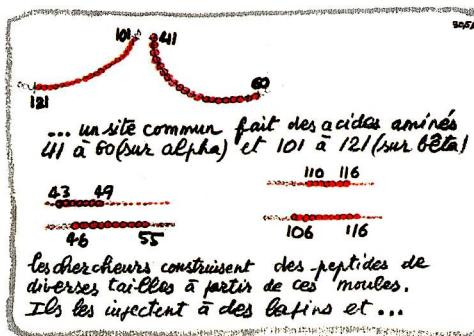
Dans ces conditions, interrogeait Berger, pourquoi ne pas radicalement changer son fusil d'épaule pour tenter de découvrir à la surface de l'HCG des motifs (que l'on peut se représenter comme des sortes de sculptures) qui n'existaient que sur lui, de les isoler afin de mouler sur eux des protéines qui constituaient le vaccin ? Injectés au sujet, ils déclenchaient la fabrication d'anticorps qui reconnaîtraient uniquement ces moules de sculptures et, par extension, les sculptures elles-mêmes.

Ce travail, une équipe de cancérologues de l'institut Gustave-Roussy et de la faculté des sciences pharmaceutiques de Paris est parvenue à le mener à bien (5). Il s'agit d'un travail à proprement parler gigantesque, car pour connaître l'emplacement et la structure de la sculpture originale, c'est-à-dire du motif unique de l'HCG, il faut d'abord avoir un anticorps qui lui soit spécifique. Pour le découvrir, Dominique Bellet et ses collègues ont dû passer au crible quelque 12 000 anticorps avant d'en trouver 2 qui soient totalement spécifiques de l'HCG. L'un d'entre eux, nommé C8, reconnaît à la surface de l'hormone une région particulière située à cheval

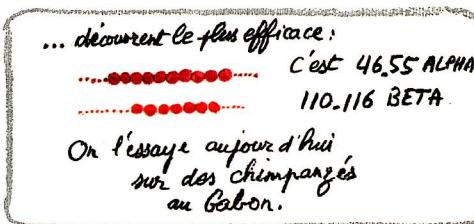


sculpture unique sur laquelle il devenait possible de construire un vaccin.

Dès lors, il ne restait plus qu'à localiser à l'intérieur de la cible ainsi circonscrite la séquence la plus efficace — ce qu'a fait Jean-

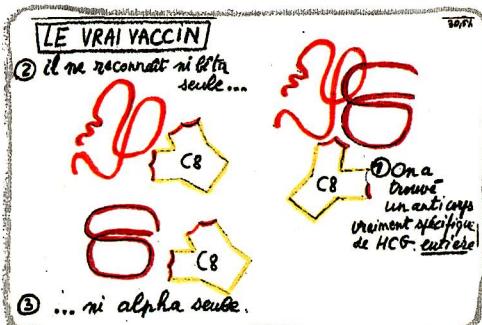


Michel Bidart — avant d'en arriver aux essais humains.



Le Pr Bellet estime que d'ici à cinq ans, on pourra disposer d'un vaccin contraceptif fiable, sûr et réversible en six ou neuf mois, grâce à cette méthode qui représente aussi une ouverture vers de vrais vaccins de synthèse contre des maladies virales, comme l'herpès ou le sida.

Jean-Michel Bader



sur la chaîne alpha et sur la chaîne bêta et seulement cette région, pour laquelle il a une très grande affinité. Vérification faite, on put conclure que c'était là, sans doute possible, la cible cachée, la

(1) Autre avantage annexe : nombre de tumeurs (du testicule en particulier) fabriquent — cette fois anormalement — de cette hormone de grossesse. Il y aurait un intérêt thérapeutique à disposer d'une arme anti-HCG pour tuer ou désarmer ces cellules malignes.

(2) State University of Columbus, dans l'Etat de l'Ohio, aux États-Unis.

(3) Université d'Adelaide, Queensland, Australie.

(4) Ecole de médecine de l'université d'Innsbrück, en Autriche.

(5) Dominique Bellet, Jean-Michel Bidart, Nathalie Rouas, Frédéric Troalen, Pascale Ghillani, Alain Razafindratsita, Claude Bohouon ont rendu compte de ce travail dans *Science* du 10 mai 1990, sous le titre "Peptide Immunogen Mimicry of a Protein-Specific Structural Epitope on Human Chorionic Gonadotrophin".

# TRANQUILLISANTS : 1 AN APRÈS

*La campagne que nous avons menée contre l'usage abusif des tranquillisants a eu quelque effet : le ministère de la Santé s'est ému, une commission de contrôle a été nommée et la consommation semble baisser légèrement, bien qu'elle reste chez nous la plus forte du monde. Nos voisins anglais font plus : ils portent plainte en foule contre les firmes pharmaceutiques qui ne les ont pas avertis du risque de dépendance.*



## Condamnés pour vous avoir informés

Le président de la commission des affaires culturelles, familiales et sociales de l'Assemblée nationale s'est étonné auprès du ministre de la Justice de notre condamnation, contraire, selon lui, à la liberté d'expression. N'ayant pu retenir la violation des droits de propriété littéraire et artistique (on croit rêver !), la cour d'appel nous a condamnés pour nous être procurés des données confidentielles « par des moyens détournés ». Un véritable délit, semble-t-il, le ministre de la Justice lui-même estimant que notre action avait « un caractère fautif ». Ce n'est pourtant pas la première fois que le public, à qui l'on cache parfois des faits gênants, est informé par la presse. Et heureusement !

PAR JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR

60

ASSEMBLÉE NATIONALE

COMMISSION  
DES AFFAIRES CULTURELLES  
FAMILIALES ET SOCIALES

Le Président

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

LIBERTÉ - ÉGALITÉ - FRATERNITÉ

PARIS, le

17 OCT. 1989

Monsieur Pierre ARPAILLANGE  
Garde des Sceaux, Ministre de la Justice  
13, place Vendôme

75042 PARIS

N/Réf. JMB/NF - n° 19 vO /89 -

C'est avec le plus grand étonnement que j'ai pris connaissance de l'arrêt, dont vous trouverez ci-joint copie, au terme duquel la Cour d'Appel de Paris statuant sur la requête de la Société Informations Médicales et Statistiques (I.M.S.) et la Société Institut de Statistiques et d'Etudes Economiques et Financières (I.S.E.F.), dans un litige ayant trait aux indiscrétions commises par la Revue *Science et Vie* au sujet de l'utilisation des benzodiazépines, a condamné cette revue au motif qu'elle aurait utilisé, dans un article paru en janvier 1989, des informations confidentielles issues des études établies par les deux sociétés requérantes.

La protection de la propriété commerciale et intellectuelle ne me paraît que difficilement pouvant comporter des conséquences aussi extrêmes. J'aurais aimé savoir qu'elles ont été les conclusions du ministère public, quelle politique elles traduisent de la part de votre département et jusqu'à quel point, si l'on souhaite favoriser l'information du public, il est possible de s'en tenir à une jurisprudence à tous égards aussi contraire à la liberté d'expression et au développement pourtant, me paraît-il souhaitable, d'un journalisme d'investigation.

Je vous prie de croire, Monsieur le Ministre, à l'assurance de ma haute considération.

Jean-Michel BELORGEY

Paris, le 19 MARS 1990

**U**n peu plus d'un an s'est écoulé depuis la parution de notre article "Les Français "camés" aux benzodiazépines" (1), où nous mettions en cause l'abus de prescriptions de tranquillisants et de somnifères. Cet article nous a valu une lourde condamnation. Pas pour diffamation. Pas pour erreur. Mais parce que nous avions publié des données confidentielles détenues par les seules firmes pharmaceutiques ! Bref, nous avons été condamnés parce que nous avons informé les Français des dangers que leur faisaient courir la consommation de benzodiazépines, substances qui peuvent entraîner des effets amnésiants et surtout une dépendance qui les apparaît à des drogues psychotropes illicites. Il est d'ailleurs bien connu des spécialistes que certains drogués y recourent lorsqu'ils sont en manque.

A la suite de cet article, nous avons reçu un volumineux courrier, notamment de la part des médecins généralistes qui s'étaient, à juste titre, sentis visés, puisqu'ils sont les plus grands prescripteurs. Certains d'entre eux se sont offusqués des termes que nous avons employés. Nous traitions de "dealers" ceux, très nombreux, qui font des ordonnances de complaisance. D'autres ont convenu que nous n'avions pas tout à fait tort, nous avouant parfois que s'ils ne prescrivaient pas ces médicaments à leurs patients ceux-ci iraient immédiatement trouver un confrère plus complaisant !

Aujourd'hui, quel est le bilan ? Les remous causés par notre article ont au moins permis que la vérité soit connue. Les Français ont, à cette occasion, appris qu'ils détenaient le record mondial de consommation de ces produits. Cinq fois plus par habitant qu'aux Etats-Unis ! Des comités de réflexion se sont mis en place, notamment le Haut Comité scientifique d'étude et de lutte contre l'usage dévié et la surconsommation de médicaments psychotropes, créé à l'initiative des Prs Olivenstein et Benhamou du centre Marmottan. Jusqu'au ministère de la Santé qui s'est ému et a demandé, dans le mois qui suivait notre parution, un plan d'action de santé publique visant notamment à limiter la consomma-

V/REF : JMB/NF n° 1900/89  
N/REF : D2/200-89 OD/CH  
PARL N° 3863

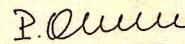
Monsieur le Président,

Vous avez bien voulu, par lettre en date du 17 octobre 1989, appeler mon attention sur l'arrêt rendu le 24 mai 1989 par la cour d'appel de PARIS dans une affaire opposant la société Excelsior Publication, éditrice du magazine "Science et Vie", et Madame DENIS-LEMPEREUR aux sociétés "Informations Médicales et Statistiques (I.M.S.) et Institut d'Economiques et Financières"

Sur ce sujet, je vous ai jugé qu'il ne lui appartenait pas, alors qu'elle statuait en référé, d'apprécier si les informations statistiques en cause constituaient des œuvres originales protégées par la loi du 11 mars 1957 sur la propriété littéraire et artistique. Elle a en revanche fondé sa décision sur le droit commun de la responsabilité civile. En effet, l'arrêt relève que la société Excelsior Publication et Madame DENIS-LEMPEREUR ont reconnu s'être procuré les données statistiques qu'elles savaient confidentielles, "par des moyens détournés". La cour d'appel en a conclu que la diffusion de ces données, jugée "illégale", avait un caractère fautif et a observé que cette diffusion avait causé aux sociétés I.M.S. et I.S.E.F. un préjudice incontestable qu'il convenait de réparer.

Je ne saurais naturellement porter une appréciation sur cette décision rendue souverainement par une juridiction et qu'il appartient le cas échéant aux parties de contester en usant des voies de recours qui leur sont ouvertes. J'observe toutefois qu'il ne résulte pas des motifs de l'arrêt que la cour a entendu porter atteinte, dans son principe, à la liberté d'expression des journalistes. Elle a, en revanche, rappelé que cette liberté devait se concilier avec d'autres intérêts tout aussi légitimes, comme en l'espèce le droit pour une entreprise de tirer profit de ses investissements et de son savoir-faire. Cette conciliation a été trouvée dans l'application des principes de droit commun qui sanctionnent tout acte dommageable ayant un caractère fautif.

Je vous prie de croire, Monsieur le Président, à l'expression de mes sentiments les meilleurs.



Pierre ARPAILLANGE

tion des tranquillisants et des somnifères. Il faut attendre la fin de l'année 1989 pour connaître les conclusions et les recommandations des cinq "sages" à qui avait été confié le rapport (2), politiquement très dérangeant puisqu'une décision ministérielle intervint pour qu'il reste confidentiel.

« Le développement d'une dépendance médicamenteuse dans une partie aussi importante de la population est un problème de santé publique », dit ce rapport, ajoutant que « la prescription massive

(1) *Science & Vie* n° 856, janvier 1989

(2) Ce rapport, qui propose également un plan d'urgence contre l'abus de l'alcool et du tabac, a été rédigé par les Prs Gérard Dubois, Claude Got, François Grémy, Albert Hirsh et Maurice Tubiana.

de tranquillisants est une solution inadaptée au problème de l'anxiété et des difficultés à vivre dans des sociétés aux multiples contraintes».

Le verdict est sévère : si cette situation s'est installée en France, c'est bien sûr parce que ces produits sont efficaces et créent une véritable dépendance, mais c'est aussi en raison des « insuffisances de la formation initiale et continue des médecins » ainsi que des « intérêts économiques des producteurs qui disposent d'une possibilité de promotion mal contrôlée, fondée sur 15 000 visiteurs médicaux, sur la publicité massive s'exerçant dans une presse spécialisée devenue financièrement dépendante de cette publicité.»

Les experts qui ont rédigé le rapport ne mâchent décidément pas leurs mots, évoquant les « subventions directes ou indirectes » allouées généreusement par les laboratoires aux médecins qui prescrivent leurs spécialités !

Nous n'allions pas si loin en les traitant de « dealers » : nous pensions qu'ils ne vivaient que du prix de la consultation, la petite « com » pour l'ordonnance de complaisance. Nous ne savions pas qu'ils étaient, en plus, payés par les marchands de drogue !

Les auteurs de cet édifiant rapport préconisent plusieurs mesures pour freiner la consommation. Tout d'abord, ils pensent qu'il faudrait limiter le remboursement des médicaments incriminés aux seuls malades atteints d'une affection de longue durée. Une boîte de tranquillisants contient fréquemment 40 ou 50 comprimés. Plus, bien souvent, que ce que les médecins honnêtes ont ordonné. On retrouve là la manipulation connue qui consiste à forcer sur la balance pour faire payer 120 grammes de beefsteak au client qui n'en demandait que 100 ! Il faudrait donc également revoir le conditionnement de ces produits, afin de l'adapter à des durées de traitement raisonnables.

Enfin, il conviendrait de limiter la durée de la prescription, ce qui obligerait le patient à passer un nouvel examen médical avant tout renouvellement d'ordonnance. Certes, les prescripteurs complaisants ne seraient pas contre, mais leur responsabilité apparaîtrait peut-être plus clairement avec trois ordonnance qu'avec une.

Sur ce dernier point, les cinq « sages » ont été entendus. Un plan de santé publique a été adopté en conseil des ministres, le 28 mars dernier, dont l'application s'étalera sur trois ans. A côté des dispositions prises contre le tabac et l'alcool, figure également un décret qui a déjà reçu l'aval du Conseil d'Etat et de l'Ordre des médecins et qui limitera la durée de validité d'une ordonnance prescrivant des tranquillisants ou des somnifères. Cela afin de réduire le nombre de « drogués » au long cours, ceux qui ne peuvent plus s'en passer. Une étude, réalisée en 1986 par la caisse régionale d'assurance-maladie

## ENCORE TROP DE « DROGUÉS » LÉGAUX

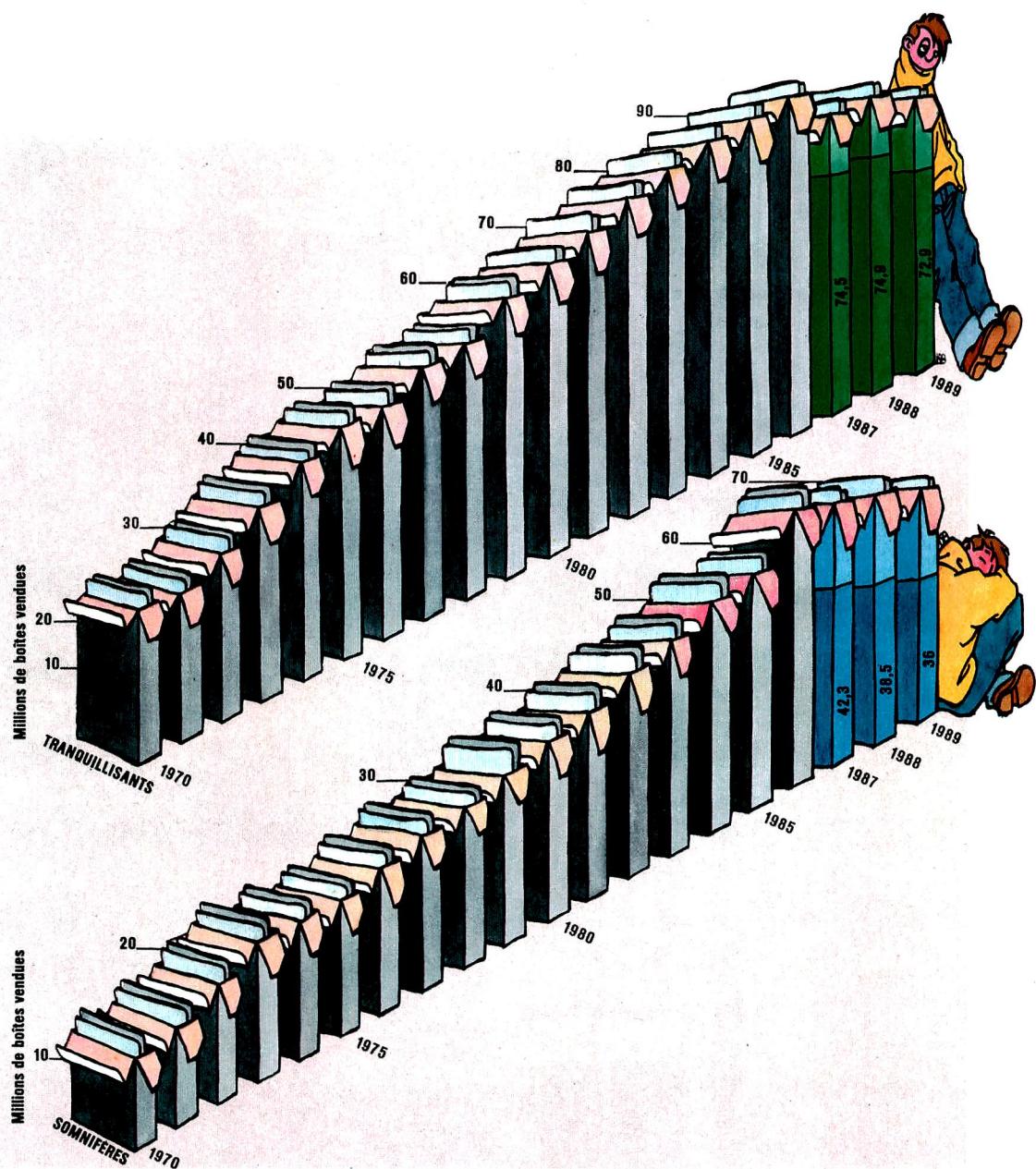
Les Français ont acheté plus de 150 millions de boîtes de tranquillisants et de somnifères en 1989, ce qui leur vaut toujours la première place mondiale. Leur consommation n'a quasiment pas varié depuis plusieurs années. En revanche, la part des benzodiazépines (représentée en couleur foncée sur le dessin pour 1987, 1988, 1989), toujours prépondérante, s'est légèrement infléchie, en particulier pour les somnifères.

Si l'on examine les ventes, médicament par médicament (tableau ci-contre), on a bien la confirmation que la plupart des benzodiazépines sont un petit peu moins prescrites qu'avant ; ce n'est pas le cas pour le Lexomil ainsi que pour sept autres spécialités qui voient leurs ventes augmenter. Seule la percée du Xanax pourrait s'expliquer, ce médicament étant présenté sous de plus faibles dosages que les autres.

MÉDICAMENTS (benzodiazépines)	NOMBRE DE BOÎTES VENDUES		TENDANCE en pourcentage
	en 1988	en 1989	
TRANQUILLISANTS	TEMESTA	23 177 000	-4,9
	TRANXENE	11 219 000	-7,5
	LEXOMIL	9 848 000	+5,9
	SERESTA	8 076 000	-7,9
	URBANYL	6 023 000	-5,8
	LYSANXIA	4 715 000	+7,9
	VALIUM	3 489 000	-7,9
	XANAX	3 002 000	+24,6
	VICTAN	1 939 000	-10,9
	VERATRAN	1 384 000	-14,2
	NORDAZ	723 000	+4,7
	LIBRIUM	629 000	-15,3
	PRAXADIUM	450 000	+3,8
	SERIEL	222 000	-14,4
	NOVAZAM	27 000	+66,7
<b>TOTAL</b>		<b>74 923 000</b>	<b>-2,7</b>
SOMNIFÈRES	HALCION	12 256 000	-9,2
	ROHYPNOL	11 416 000	-1,2
	MOGADON	4 696 000	-10,5
	HAVLANE	2 714 000	+1,2
	NORMISON	1 716 000	-24,9
	NUTCALON	842 000	-7,2
	NORIEL	38 700	+0,8
	NOCTRAN	4 790 000	-5,5
<b>TOTAL</b>		<b>38 468 700</b>	<b>-6,4</b>
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>		<b>113 391 700</b>	<b>-4</b>

de Strasbourg, a montré qu'un consommateur sur quatre de benzodiazépines en prend depuis plus de cinq ans !

En attendant que ces différentes mesures soient appliquées, nous avons eu la curiosité de savoir si la campagne d'information que nous avions menée avait porté ses fruits. Après bien des difficultés, nous avons réussi à obtenir quelques informations sur la consommation de ces médicaments. Certains professionnels de l'industrie pharmaceutique ont consenti à nous aider et à nous communiquer leurs chiffre (voir tableaux ci-dessus). Bilan : bien que les Français conservent leur titre de champions toutes catégories, on peut observer une légère tendance à la baisse. Modeste certes, puisque près de



109 millions de boîtes de benzodiazépines ont été vendues en France en 1989 au lieu de 113 l'année précédente.

C'est encore beaucoup trop! Cela représente plus de 3 milliards de doses et des millions de "drogués" légaux. C'est suffisamment grave pour que les victimes en question n'attendent pas les mesures de protection officielles et prennent elles-mêmes leur propre défense, comme l'ont fait nos voisins britanniques.

Bien que chez eux le problème n'ait pas la même ampleur qu'en France (on n'en a pas moins recensé quelque 2 millions de gens dépendants), ils ont décidé d'intenter une action en justice contre deux firmes pharmaceutiques, Wyeth-Byla et Roche, fabri-

cants d'une dizaine de benzodiazépines dont le Temesta, le Lexotnil, le Rohypnol et le Valium, parmi les plus vendus. Leurs griefs? Ces laboratoires n'auraient pas suffisamment averti les utilisateurs des effets de dépendance qu'implique l'usage de leurs produits. Ils sont déjà 2 000 en Grande-Bretagne à s'être portés partie civile. Pour faire aboutir leur cause, ils seront défendus par 130 avocats qui comptent bien mettre en cause également les médecins prescripteurs et le ministère de la Santé qui n'ont pas non plus jugé bon de les avertir des dangers présentés par ces produits.

Pourquoi les Français n'en font-ils pas autant ?

**Jacqueline Denis-Lempereur**

# L'ACTION AUTOMOBILE

ET TOURISTIQUE

... NOTRE  
SUPPLÉMENT  
GRATUIT ! ...



LA  
CARTE  
BISON  
FUTE  
1990

## SPECIAL HAUTES PERFORMANCES

MATCH 24 SOUPAPES :  
XM CONTRE 605  
ET BMW 525 i  
PAR HENRI PESCAROLO

MATCH GTI : GOLF G 60  
CONTRE 309 16S

BMW 850 i  
JAGUAR XJRS

## MILLESIMES 91

TOUT CE QUI CHANGE

NOUVELLE BMW SERIE 3 :  
PREMIERES PHOTOS

## SPECIAL LOISIRS

3 CABRIOLETS :  
GRAND AIR, PETITS PRIX

20 PAGES DE  
BALADES AUTOMOBILES :  
SAHARA, URSS, ITALIE,  
FRANCE INSOLITE



XM V6 24S



GOLF G 60



BMW 850i



TOYOTA MR



MAZDA MX-5



ALFA ROMEO SPIDER

M 1009 - 346 - 17,00 F



EN VENTE PARTOUT

# ECHOS DE LA RECHERCHE

POLITIQUE

## Science de l'Europe de l'Est : la sortie du tunnel sera laborieuse

*Il y a plus de 250 000 chercheurs en science fondamentale et technologie en Europe de l'Est, observe l'hebdomadaire britannique "Nature" dans un long article-enquête du 12 avril dernier. Les effondrements des régimes dictatoriaux auxquels ils étaient assujettis depuis la fin de la dernière guerre les libèrent enfin.*

Les dirigeants du Parti (communiste) n'auront plus le pouvoir de dicter aux patrons quels savants doivent être promus, quels étudiants et chercheurs peuvent être admis dans les universités ou les laboratoires ni quels sont les mots d'ordre du marxisme scientifique.

On pourrait, si l'on avait encore quelque naïveté, s'étonner que tant de cerveaux, pourtant remarquables, n'aient quasiment rien produit de notable au cours des derniers quarante-cinq ans.

Ce serait ignorer la formidable tyrannie de l'appareil bureaucratique mis en place par la dictature du prolétariat. Il fallait dix-huit mois, rapporte *Nature*, pour obtenir l'autorisation de commander, par exemple, un radio-isotope ou un extrait hormonal, non compris le délai nécessaire pour les obtenir !

L'information n'était pas mieux lotie, car la rareté des devises et la tyrannie communiste faisaient en sorte que les principales publications scientifiques occidentales, celles qui auraient au moins pu tenir les chercheurs au courant des connaissances du monde extérieur, fussent quasiment introuvables.

Quant à espérer se rendre à l'étranger, pour un congrès ou des études, autant valait espérer gagner le gros lot : c'étaient là des

faveurs réservées à ceux qui étaient bien vus du Parti, donc, en génétique par exemple, des ânes bâtés du temps d'un Lyssenko, pour ne citer que celui-là. Puisqu'on savait trop bien qu'une fois au large les chercheurs seraient fortement tentés de ne pas rentrer chez eux.

La science sous le régime communiste était donc à la fois bâillonnée, affamée et tenue dans l'obscurité. On peut donc dire que ce n'est pas par "accident de parcours" que le marxisme, cette « philosophie indépassable de notre temps », comme l'appelait sans rire Sartre, aura été à la fois stérile et stérilisant. Quarante-cinq ans, c'est assez long pour qu'on puisse se faire une opinion : aucune idéologie n'est favorable à la science.

Il est donc vraisemblable que, dans un avenir encore indéterminé, la science des pays de l'Est, celle de l'URSS comprise, peut-être, va retrouver dans ces pays son éclat d'autan et que nous aurons de nouveau des Tesla (Croate, le radar), des Zworykine (Russe, une étape essentielle de la télévision), des von Bekesy (Hongrois, l'implant cochléaire), pour ne citer que ces exemples-là.

Cet avenir est indéterminé pour deux raisons. La première, évidente, est le formidable retard qu'il faudra rattraper. Il faudra former

des chercheurs à partir de presque zéro. L'immense espérance, l'ardeur, le brio intellectuel des chercheurs libérés (*Nature* note que moins de la moitié des diplômés de l'institut de physiologie de Prague publiaient bien plus de papiers que le nombre correspondant de diplômés de l'institut homologue Maria-Negrino de Milan, en dépit de leurs faibles moyens) ne peuvent tenir lieu d'équipements. Or, pour obtenir et ces équipements et les professeurs, il faut de l'argent autant que de liberté, et ces pays-là ne sont pas riches. Si la réunification allemande peut permettre aux 70 instituts de recherche d'Allemagne dite démocratique d'escompter assez rapidement des contrats importants et donc de redémarrer, il n'en va pas de même en Tchécoslovaquie, en Hongrie, en Pologne, en Roumanie, en Bulgarie.

Pis encore, les savants en Europe de l'Est sont fortement enclins à refuser des sources financières importantes, c'est-à-dire les industries, nationales et étrangères, qui pourraient pourtant leur offrir des contrats. Chat échaudé craint l'eau froide, et un Vladislav Hancil, de l'institut de génie chimique de Prague, a déclaré à John Maddox, rédacteur en chef de *Nature* : « Nous voulons arrêter cette terrible liaison entre la science et la production. » Ce n'est pas là-bas, pour le moment du moins, qu'il sera possible de convaincre les savants qu'il peut être possible de transgérer la fameuse barrière entre recherche fondamentale et recherche appliquée, qui ne donne pourtant pas de si mauvais résultats en Occident.

C'est-à-dire que les chercheurs veulent être financés exclusivement, pour le moment du moins, par les directions des universités et des instituts de recherche, en d'autres termes par l'Etat, lequel n'en mène pas large. Ainsi, la science en Europe de l'Est entend lier son sort à celui des économies nationales. Or,

quand on pense au prix d'un FACS (*Fluorescence Activated Cell Sorter*, dont l'Institut Pasteur est l'un des rares établissements en France à posséder un exemplaire), d'une caméra à positons ou d'un spectroscope RMN *in vivo*, on peut douter que les chercheurs de l'Europe de l'Est s'en verront offrir de sitôt.

Certes, un programme d'aide internationale peut alléger leurs difficultés matérielles et organiser, par exemple, des stages de formation à l'étranger. Mais il n'empêche que la sortie du tunnel sera longue et laborieuse.

G.M.

SIDA

## L'agent secret

Il y a plusieurs années que les spécialistes du sida soupçonnent qu'un agent secret faciliterait l'action du virus HIV, celui du sida. Les chercheurs de l'Institut Pasteur ont constaté que certains antibiotiques, comme la tétracycline, peuvent protéger la cellule contre l'action destructrice du HIV, mais qu'elles ne peuvent pas l'empêcher de se multiplier. Dans le numéro de mars dernier du *Journal of Virology*, et selon le Pr Luc Montagnier, de l'Institut Pasteur, il y a bien un agent présent dans les cellules infectées par l'HIV. Selon *Science* du 11 mai, c'est un mycoplasme, c'est-à-dire une sorte de champignon sans enveloppe cellulaire.

Pour une fois, les Américains ont fait un accueil favorable à la thèse de Montagnier. Joseph G. Tully, du National Institute of Allergy and Infectious Diseases, a collaboré avec le Pr Montagnier et une autre équipe française, à Bordeaux, à l'identification de l'agent mystérieux, et le Dr Jay Levy, de l'université de Californie, à San Francisco, admet que le mycoplasme joue un rôle infectieux dans la contamination par l'HIV.

Ce n'est là qu'un premier pas, car il faudra confirmer sans doute possible que le mycoplasme n'est pas l'agent d'une infection secondaire, "opportuniste", et déterminer le rôle qu'il joue dans l'infection cellulaire. C'est alors seulement qu'on pourra en tirer des conclusions pratiques et thérapeutiques.

G.M.

## Ordinateurs : bientôt la fin des dinosaures ?

Le cœur d'un microordinateur est son microprocesseur, ou "puce", unique dans la plupart des machines actuelles. Les plus performantes de ces "puces" ont moins de 2 cm<sup>2</sup>, mais comportent plus d'un million d'éléments électroniques tels que diodes et transistors, et peuvent interpréter de 200 à 300 instructions.

Chef d'orchestre, le microprocesseur est le point de passage obligé de toutes les informations binaires (calcul, manipulation de chaînes de bits, gestion de l'affichage à l'écran, gestion des périphériques, comme les imprimantes, disques durs, etc.) qui circulent dans un ordinateur. Mais il atteint aujourd'hui des limites ; quelle que soit sa capacité, son plan de câblage interne comporte forcément des erreurs qui gênent son fonctionnement et qui n'apparaissent qu'au fur et à mesure de l'utilisation. Il est très difficile de les corriger dès qu'on dépasse le million d'éléments électroniques. De plus, il n'existe pas de microprocesseurs véritablement "multitâches", c'est-à-dire capable d'effectuer plusieurs opérations simultanément, par exemple gérer l'affichage de l'écran pendant l'impression d'un document. Finalement, vu la complexité des microprocesseurs actuels, le coût de ceux-ci devient très important.

Cette architecture classique des ordinateurs est remise en question : aux Etats-Unis, les Lawrence Livermore National Laboratories ont prévu un budget de 10 millions de dollars pour adapter les logiciels de systèmes informatiques actuels à des ordinateurs comportant non plus un, mais plusieurs microprocesseurs. Chacun de ces microprocesseurs est alors spécialisé dans une tâche bien particulière : calcul mathématique (bien qu'il existe déjà des coprocesseurs pour effectuer cette tâche, ils ne peuvent actuellement travailler seul), gestion des périphériques, etc. Ces "puces", conçues pour une seule tâche sont plus faciles à programmer et, de ce fait, coûtent

moins cher.

Mais depuis des années, le concept qui prévaut en informatique est la compatibilité d'une génération à l'autre ; un nouveau microprocesseur doit non seulement être plus performant que l'ancien, mais encore accepter aussi les mêmes logiciels que ce dernier. Ce qui n'est pas le cas avec la structure classique. On comprend donc l'hésitation des constructeurs à proposer de tels microordinateurs, car le succès commercial d'une machine dépend étroitement du nombre et de la qualité des logiciels disponibles.

Cela évoque le concept Risc (pour *Reduced instructions Set Computer*, ou ordinateur à jeu d'instructions réduits), mis au point par un chercheur d'IBM il y a quinze ans. Constantat que la plupart du temps un logiciel donné n'utilise que 20 % des instructions que comprend le microprocesseur, John Cocke a conçu un microprocesseur n'acceptant qu'une cinquantaine d'instructions. Ce microprocesseur travaille pourtant plus vite, requiert moins d'éléments électroniques et revient donc moins cher que les microprocesseurs classiques.

Seulement, toute médaille a son revers, les instructions non traitées par le microprocesseur Risc doivent se reporter dans la programmation des logiciels (non compatibles avec ce qui existe déjà), qui deviennent alors plus complexes à mettre au point.

Il n'en reste pas moins que tous les grands constructeurs (IBM, Hewlett-Packard, Sun, DEC, etc.) proposent timidement des ordinateurs Risc pour des fonctions bien spécifiques, comme le graphisme, ou encore la gestion automatisée de service (par exemple, les serveurs de messagerie Minitel).

Mais une solution hybride se dessine avec l'intégration de microprocesseur Risc spécialisé sous les ordres d'un microprocesseur classique. Dans ce cas, seuls les programmes internes de pilotage sont à modifier.

L.D.

## La puberté d'avant-hier, d'hier et d'aujourd'hui

*L'Ancien Testament et les études historiques indiquent que, jusqu'au I<sup>er</sup> siècle de notre ère tout au moins, on considérait qu'un garçon avait atteint sa majorité à 14 ans, et une fille vers 12 ans et demi – 13 ans.*

Au XVII<sup>e</sup> siècle, en Europe, les garçons muaient, phénomène secondaire tardif indiquant la complétion de la puberté, vers 17 ans et demi. Dans les décennies 1970 et 1980, la maturité sexuelle apparaît vers 12 ans et demi – 13 ans chez les garçons, et, chez les filles, la première ménarche se produit vers 12 ans et demi, l'ovulation, comme autrefois, se produisant quelque

deux ans plus tard, selon une étude du *British Medical Journal* du 21 avril dernier.

L'âge moyen de la puberté a toujours beaucoup varié et varie encore considérablement selon les régions du monde. S'il se situe, comme l'indique l'article cité plus haut, vers 12 ans et demi pour la plupart des grandes villes d'Occident (il serait plus tardif à la campagne), il peut n'apparaître que vers 18 ans, comme dans certaines tribus de Papouasie-Nouvelle-Guinée.

Les facteurs sont physiologiques et sociaux : on considère qu'une nourriture moins abondante, des maladies infantiles répétées, un exercice physique intensif, comme en imposent aux enfants certaines sociétés pauvres, et la haute altitude sont des facteurs qui retardent la puberté chez les garçons et l'apparition de la ménarche chez les filles.

L'amélioration des conditions de vie a donc abaissé progressivement la puberté pour les deux sexes, surtout depuis le début de ce siècle. C'est une règle générale, mais elle comporte des exceptions : en Scandinavie, ce sont les classes défavorisées qui accusent les pubertés les plus précoces. Cela s'expliquerait par le rapport taille/poids, dit également poids relatif. Le poids relatif a crû dans les classes défavorisées, en effet, jusqu'à dépasser celui des classes favorisées. Cela se comprend, les enfants de ces classes ayant une croissance de taille plus lente, du fait d'efforts physiques supérieurs à ceux des enfants de classes favorisées, mais une croissance de poids supérieure du fait d'une alimentation plus abondante.

Il y a également une marge constante d'exceptions dues à d'autres causes et représentant 5 % des cas. La *Grande Encyclopédie Larousse* relève sur ce point que,

dans une population où la moyenne d'âge pour la ménarche est de 13 ans, il y a des filles qui l'atteignent, elles, à 11 ans, et d'autres à 15 ans.

Outre les facteurs déjà cités, interviennent alors des composantes génétiques, par exemple.

Selon une théorie, la ménarche apparaît lorsque la masse de graisse du corps atteint un seuil critique dans le rapport du poids relatif.

Reste à observer que cette évolution pose des problèmes nouveaux socio-médicaux. Le *British Medical Journal* observe ainsi que les deux sexes, tout en atteignant nettement plus tôt qu'autrefois la capacité de reproduction, ne sont pas en mesure d'estimer les conséquences de leurs activités sexuelles éventuelles. On le conceoit, si l'on peut ainsi dire, aisément.

En 1960, en Grande-Bretagne, on enregistrait 6,8 naissances par 1 000 adolescents de 16 ans ; en 1986, on en enregistrait 8,7. Accroissement éloquent s'il en est. En 1985, à titre comparatif, ces taux étaient de 9,6 pour les États-Unis, de 4,3 pour la France, de 3,5 pour la Suède et de 1,4 pour les Pays-Bas. On notera incidemment que les taux les plus bas correspondent aux pays où l'éducation sexuelle est le plus systématiquement pratiquée.

Telle est donc la raison pour laquelle certains pays conseillent un mariage précoce : au Pakistan, 73 % des jeunes gens de 15 à 19 ans sont mariés, en Inde 70 %, en Egypte 31 % et, en Europe, 7 % seulement. Néanmoins, le mariage précoce ne semble pas revêtir en Occident les mêmes avantages ni la même faveur qu'ailleurs. En effet, la confrontation des adolescents avec les exigences quotidiennes de la vie matrimoniale entraînent un nombre de divorces extrêmement élevé, et il s'ensuit que les enfants nés d'une union précoce courrent beaucoup plus de risques de ne pas avoir d'autorité paternelle ou maternelle, selon le cas, qui veille sur sa formation, donc de souffrir d'une croissance psychologique troublée.

Il découle de tout cela qu'une révision fondamentale du statut et de l'éducation de la jeunesse s'impose pour des raisons qui ne doivent rien à aucune idéologie, mais qui sont rendues nécessaires par des faits purement physiologiques.

G.M.



## **Querelle sur les glaces du Groenland**

Les travaux que nous avons rapportés dans notre précédent numéro sur l'épaississement des glaces du Groenland n'ont pas été du goût de tout le monde. Ils ont ainsi suscité une réfutation acerbe de chercheurs de la *National Atmospheric and Oceanic Administration* (NOAA) américaine, dans *Science* du 20 avril dernier. Ces chercheurs objectent que les relevés effectués par satellites sont beaucoup trop peu fiables. De plus, disaient-ils, les altimètres avec lesquels les relevés avaient été faits étaient mal calibrés. La réponse des chercheurs du Goddard Space Flight Center de la NASA, qui avaient constaté l'épaississement en question, ne s'est pas fait attendre. D'abord, les altimètres étaient tout à fait bien calibrés, et, de plus, des relevés au sol confirment largement les tendances indiquées ; lors de l'expédition glaciologique internationale au Groenland de 1959-1968, on avait déjà relevé une augmentation de 1 m des glaces du centre du Groenland.

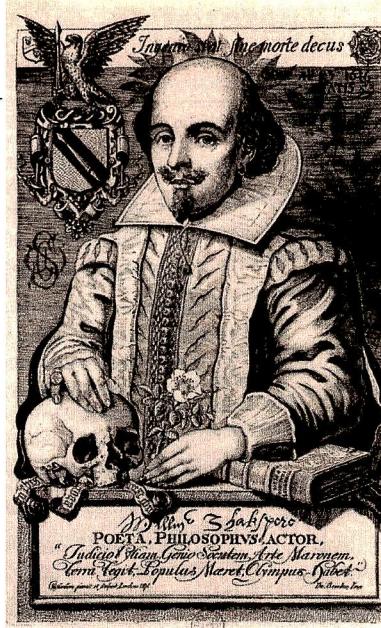
L'affaire va bien plus loin qu'on ne pense. En effet, un alourdissement des masses glaciaires aux pôles pourrait modifier l'axe de rotation terrestre. C'est ainsi que l'alourdissement des glaces dans le cercle polaire arctique pourrait expliquer la fonte relative observée en Antarctique. En effet, l'alourdissement au pôle Nord aurait déjà modifié l'axe de rotation, déplaçant ainsi le pôle Sud et repoussant certaines parties de la banquise dans des régions où elles sont plus exposées à la fonte. Pour le moment, ce n'est là qu'une spéculation, qui demandera bien d'autres vérifications avant d'être prise en considération.

G.M.

# Shakespeare éétait-il donc médecin ?

Notre confrère britannique *New Scientist* a publié une remarquable étude, signée Lance Fogan, sur l'ampleur et la justesse des connaissances médicales dont témoigne l'œuvre de Shakespeare. C'est ainsi que, dans *Peines d'amour perdues*, il dit des souvenirs qu'ils sont « conçus dans le ventricule de la mémoire, nourri dans le sein de la pie-mère ». Or, bien peu de gens savent que le cerveau comporte quatre ventricules. Un expert shakespeareen du XIX<sup>e</sup> siècle, Richardson, supposa que le Barde avait soigneusement étudié un manuel d'anatomie illustré, paru en 1615 à Londres. Fort bien, mais la tendinite ? Car Prospero, dans *la Tempête*, parle des « tendons raccourcis qui causent des crampes chez les vieillards ». Et la connaissance de l'anatomie oculaire ? Dans *Cymbeline*, Imogène se lamente en ces termes : « J'aurais dû briser les fils de mes yeux pour le regarder. » Comment aurait-elle su que les muscles oculaires ressemblent, en effet, à des fils ?

Mieux, Shakespeare sait déjà que, lorsque l'acuité d'un sens diminue, celle d'un autre croît. « Sombre nuit, s'écrie Hermia dans le *Songe d'une nuit d'été*, qui enlève sa fonction aux yeux et rend l'oreille plus vive. » Il sait aussi que la crise d'apoplexie prive soudain sa victime du sens de perceptions



et de mouvement : « Cette apoplexie telle que je la conçois, déclare Falstaff dans la seconde partie du *Roi Henry IV*, est une sorte de léthargie. » Shakespeare avait, en tout cas, bien analysé les effets de l'alcool : « L'alcool, Sire, est un grand déclencheur de trois choses... la rougeur du nez, le sommeil et l'urine. Il déclenche, Sire, la concupiscence et la défait aussi, car il provoque le désir et supprime la performance », s'écrie le portier dans *Macbeth*. Et il avait aussi analysé les effets de la syphilis, car, dans *Timon d'Athènes*, Timon, pour faire taire un avocat fâcheux, recommande à deux prostituées de lui communiquer leur mal et de « casser ses cordes vocales ».

Mais il est vrai que Shakespeare avait un gendre de la partie, John Hall, qui s'installa en 1601 à Stratford-on-Avon et épousa la fille du poète en 1607. Gageons que ce Hall n'était pas ignare. G.M.

G.M.

## **Vitamines, oligo-éléments et intelligence des enfants**

On a postulé que l'alimentation aurait un effet sur les capacités intellectuelles des enfants et qu'une supplémentation en vitamines et en oligo-éléments accroîtrait leurs capacités de raisonnement. Divers travaux ont été publiés. Le plus récent d'entre eux, consistant en 6 épreuves de raisonnement soumises à 86 enfants de 11 à 13 ans, et

publié dans *The Lancet* du 31 mars dernier, en prend le contre-pied. Un apport supplémentaire de fer, de calcium, de zinc, de magnésium, de phosphore, de vitamines A, B1, B2, B3, B6, B12, et C, D et E n'a pas permis aux bénéficiaires d'obtenir de meilleurs résultats que ceux qui n'avaient pas consommé ces suppléments.

**Le diéthylstilboestrol accroît les risques de cancer du sein chez les filles des femmes qui en ont eu.**

## Madagascar : une forêt qui agonise, une population en péril

*Dès les années 1950, les premières photographies aériennes françaises révélaient le début de la déforestation à Madagascar. La principale cause en était la culture traditionnelle sur brûlis, dite "tavy" en malgache. La France s'inquiéta.*

Quarante ans plus tard, deux chercheurs américains, Glen M. Green et Robert W. Sussmann, confirment ces inquiétudes. Des photos par satellite récoltées depuis treize ans par les générations successives de Landsat indiquent que 50 % des forêts tropicales humides, avec des précipitations annuelles de 1 500 à 2 000 mm, qui bordaient la côte est de Madagascar ont disparu, et cela au rythme de 111 000 ha par an.

Certains parcs nationaux et réserves (36 au total) n'échappent pas au désastre : ils ont dû subir la convoitise des charbonniers, qui fabriquent du charbon de bois pour alimenter les villes, et qui, donc, abattent des arbres plus ou moins clandestinement, ni à celle des agriculteurs itinérants, à la recherche de nouvelles terres.

Ces parcs et réserves, 1,100 million d'ha, représentent 10 % des forêts encore intactes. C'est là un patrimoine unique au monde, et pour cause : il y a 200 millions d'années, Madagascar se sépara du continent africain et embarqua, dans sa dérive, un contingent de plantes et d'animaux qui ont poursuivi leur évolution indépendamment de l'Afrique. Bilan : 85 % des espèces végétales et 95 % des oiseaux et des reptiles sont endémiques. Sans oublier les célèbres lémuriens, qui ne vivent nulle part ailleurs dans le monde... sinon dans des zoos comme celui de Vincennes, où ils font triste mine.

En 1985, le gouvernement mal-

gache a bien tenté d'enrayer la déforestation effroyable en créant la Commission nationale de la conservation pour le développement (CNCD), puis en signant un accord avec le World Wildlife Fund (WWF), afin de préserver ce qui reste des écosystèmes malgaches. Autant appliquer un cataplasme sur une jambe de bois, car la déforestation est causée par la crise économique des vingt dernières années.

Avec un revenu annuel de 230 dollars, les Malgaches sont parmi les plus pauvres de la planète. L'explosion démographique actuelle, qui se poursuit au taux de 3,1 %, ne peut qu'aggraver les problèmes de famine et de santé. Qui plus est, les habitants des hauts plateaux, les Mérinas, viennent de connaître la plus grave épidémie de palu de mémoire d'homme : 30 000 morts en 1988 selon l'OMS.

La déforestation ne représente donc qu'un aspect du problème. En fait, c'est l'ensemble des écosystèmes malgaches qui vont au désastre. La disparition des forêts accélère le ruissellement des eaux de pluie, lesquelles entraînent des millions de tonnes de terre vers les fleuves, tel le Betsiboka, qui se jette dans le canal du Mozambique. A son embouchure, donc, le port de Majunga se comble progressivement et, en dix ans, le transport des marchandises est passé de 270 000 à 70 000 t/an. La même érosion encombre les barrages hydroélectriques ; celui de Mandraka, par exemple, a dû être arrêté pendant six mois, afin d'enlever 200 000 m<sup>3</sup> de sédiments.

Selon la Banque mondiale, le coût total de la dégradation de l'environnement s'élève à 290 millions de dollars, soit 15 % du PIB du pays. Pour ne pas savoir freiner la déforestation, Madagascar accroît donc son problème.

Un nouveau plan d'action environnemental (PAE) doit être lancé l'an prochain. Il prévoit, bien sûr, des campagnes de plantation d'arbres et de lutte contre l'érosion. Il essaiera aussi de changer les actuels schémas des techniques agricoles et des circuits commerciaux, dans le dessein unique de nourrir les Malgaches sans qu'il dégradent leur environnement. A suivre. F.R.



**La trirème "Olympias" à 170 rames**, construite en 1987 par la marine hellénique, a beaucoup de succès : elle est prêtée chaque été à des équipes anglaises, américaines, australiennes. On va en construire deux autres.

## Les nouveaux vaccins seront peptidiques

Jusqu'ici, pour fabriquer un vaccin, on suivait la voie classique : on se servait de virus entiers, morts, atténués et, depuis la création de l'ingénierie génétique, de virus recombinés. En présentant au système immunitaire ces copies inoffensives du virus à tuer, on imitait les courses de lévriers, ceux-ci représentant les cellules du système immunitaire, le lapin mécanique représentant le faux virus. Si, par mégarde, un vrai lapin se présente dans l'arène, il est mis en pièces.

Or, tout a changé depuis peu, comme en attestent deux publications dans *Nature*, l'une du Dr Bolognesi, du centre médical de l'université Duke, en Caroline du Nord, l'autre du Dr Hidemi Takahashi, du National Cancer Institute américain, et de son équipe.

La révolution se fonde sur le fait suivant : notre système immunitaire comporte deux parties, l'humoral et le cellulaire. Dans l'humoral, les antigènes, corps étrangers tels que protéines, bactéries, virus sont d'abord pris en charge par des cellules spécialisées, les macrophages, par exemple, qui commencent à les dégrader, puis en jetent les restes en pâture à des globules blancs spécifiques, les lymphocytes T4. Ces derniers déclenchent à leur tour l'activation d'autres lymphocytes, les B, qui secrètent alors dans la lymphe et le sang des anticorps, les immunoglobulines. Tout ce qui reste de l'envahisseur est donc neutralisé. C'est la voie dite des antigènes exogènes, c'est-à-dire extérieurs.

Dans le système cellulaire, ce sont d'autres lymphocytes qui agissent, les T8 ; ceux-ci se repèrent sur les protéines fabriquées par l'agent contaminant installé à l'intérieur de la cellule, et ils les détruisent ; c'est ainsi qu'ils anéantissent la cellule envahie par le virus et qui, passivement, réplique celui-ci. C'est la voie des antigènes endogènes, c'est-à-dire intérieurs.

On admettait jusqu'ici que ces deux systèmes agissaient indépendamment. Un vaccin, selon sa nature, stimulait l'un ou l'autre. Puis on les a étudiés plus en détail et

l'on a découvert plusieurs faits. D'abord, dans le système humoral, on a trouvé qu'après que l'antigène est avalé par le macrophage il est pris en charge par un réseau intracellulaire particulier, les vésicules de l'endosome ou lysosomes, qui, normalement, digèrent toutes les protéines. Là, les protéines de l'envahisseur, mettons un virus, sont découpés en fragments courts, les peptides. Ces peptides sont "présentés" à la surface du macrophage associés à des protéines du système immunitaire lui-même ; celles-ci sont les molécules du complexe majeur d'histocompatibilité de la classe II ou CMH II. C'est alors que les lymphocytes T4 entrent en jeu ; ils repèrent ces peptides étrangers captifs et sécrètent des anticorps neutralisants. En quelque sorte, l'ennemi est coupé en rondelles avant d'être jeté aux chiens de garde.

C'était une belle découverte. Il y en eut une autre ; le système cellulaire, lui aussi, faisait de même, à cette différence près que ce n'étaient pas les lysosomes qui découpaient les protéines étrangères, mais d'autres organes de la cellule (le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi). Là aussi, les "rondelles" de protéines ennemis, ou peptides, étaient présentées à la surface des cellules, pas des macrophages cette fois-ci, mais de toutes les cellules. Les protéines qui les fixaient n'étaient pas celles du CMH II, mais d'un autre système analogue, le CMH I. Toutefois, le principe était le même : fixés à la surface des cellules, les peptides étaient reconnus et détruits par les lymphocytes T8 et non plus T4.

La mise en vedette des peptides signifiait ceci : les deux systèmes immunitaires se contentent, pour agir, d'un court peptide prélevé sur l'ennemi ; c'est ce qu'on appelle un épitope. Et, comme l'a démontré Bolognesi, les deux systèmes travaillent souvent de concert. Prenons le virus de la grippe ; il parvient dans certaines conditions à esquiver le système humoral, mais il est mis en pièces par le système cellulaire et par les CMH I. A

l'inverse, le virus de la rougeole peut esquiver le système cellulaire, mais c'est l'humoral et les CMH II qui lui règlent son compte.

Takahashi, lui, a établi qu'une protéine de l'enveloppe du virus HIV, qui normalement n'a affaire qu'au système humoral, peut aussi, dans certaines conditions, déclencher l'alerte du système cellulaire. Ce que Takahashi a fait, c'est associer cette protéine à un complexe immunostimulant, dit ISCOMS ; alors c'est le système cellulaire qui se met en branle.

On abandonne définitivement de la sorte la voie d'un vaccin antisida à base de virus morts ou atténués, qui semblait risquée.

Puis on a encore affiné ces recherches ; on a voulu savoir exactement les réactions des CMH I et II et des lymphocytes T4 et T8 avec le peptide d'ennemi ou épitope. Et on a trouvé que tout court qu'il soit l'épitope comprend deux régions distinctes ; l'une interagit avec les CMH, c'est l'agrétope, l'autre avec le type de lymphocyte qui lui est spécifique, c'est l'épitope véritable. Autre découverte importante : c'est cette deuxième région qui déclenche véritablement la réaction immunitaire.

Dans le domaine du sida, on savait que celui-ci déjoue le système immunitaire en infectant les lymphocytes et les macrophages eux-mêmes, qu'il bloque ; en effet, il s'attache sur un site récepteur qu'il "dupe" et le système immunitaire ne peut plus fonctionner. On peut donc imaginer que des peptides manipulés, évidemment inoffensifs, qui occuperaient ce site empêcheraient le virus HIV de se fixer ; or, un virus qui ne se fixe pas meurt. Au bout de quelques heures ou de quelques jours, contraint à l'errance, le virus finirait par mourir tout seul.

Mais la révolution peptidique permet aussi d'espérer de nouveaux traitements de maladies auto-immunes, celles où le système immunitaire attaque ses propres cellules. C'est bien ce qu'on a fait, expérimentalement, en construisant un "faux" peptide pour bloquer l'encéphalite auto-immune chez la souris. La révolution peptidique avance donc.

P.V.

# Le syndrome mystérieux de fatigue alerte les virologues

*Les syndromes vagués de fatigue, désignés entre autres sous les noms de maladie du lac Tahoe, puis de syndrome des "yuppies", dont nous avons rapporté en leur temps l'apparition aux Etats-Unis, s'accentuent dans plusieurs pays à tel point que le gouvernement américain a fini par les prendre au sérieux.*

Ce syndrome est, en effet, tellement déroutant que le premier "symposium" qui lui ait été consacré s'est tenu en avril à Cambridge, en Grande-Bretagne. Comme la maladie semble origininaire des Etats-Unis, le Center for Disease Control d'Atlanta, qui est le premier centre d'information et d'épidémiologie américain, vient de lancer un programme d'études auquel est consacrée en préliminaire la somme d'un million de dollars, et auquel travailleront 350 médecins. Ce centre reçoit plus de mille appels tous les mois de victimes de cette maladie ou de leurs médecins, demandant des indications de traitement.

Comme il semble que cette maladie bizarre, qu'on peut désigner sous le sigle SMF, affecte plusieurs dizaines de milliers de gens, comme elle prend un tour spectaculaire dans certains cas aigus (incapacité totale du malade de se mouvoir et de s'alimenter), certains médecins ont cru bon de recourir aux outrances verbales et de déclarer que la maladie ne le céderait en gravité qu'au sida, ce qui est quand même excessif.

**Le côlon est spécialisé par segments :** c'est ainsi qu'un bureaucrate court plus de risques qu'un charpentier de développer un cancer du colon transverse, et qu'un mangeur de charcuterie court plus de risques qu'un végétarien de développer un cancer du colon droit. Ces différences, établies par statistique, sont dues aussi bien au transit impliqué dans le type d'activité qu'à celui qu'entraîne un mode d'alimentation. Une singularité : les gens exposés aux poussières de bois et de métal courent trois fois plus de risques de cancer du rectum et du sigmoïde que la population normale.

Autant qu'en sache, cette forme de fatigue pernicieuse n'a encore tué personne.

Ses symptômes sont ambigus : fièvre modérée, mais persistante, adénopathies, faiblesse musculaire, malaises, maux de têtes, pertes de mémoire, irritabilité et, bien évidemment, lassitude extrême. Ils sont ambigus parce que, à l'exception des adénopathies, qui ne sont pas la règle, ils peuvent tous avoir une origine psychologique. De plus, s'il s'agissait bien d'une forme d'hypocondrie neurasthénique, on ne voit pas très bien pourquoi le cours de la maladie serait en moyenne de quelque six mois. S'il s'agit bien d'une maladie d'origine nerveuse, elle présentera beaucoup d'intérêt pour les psychiatres, parce que ce sera la première qui suive un cours fixe. Ce sont d'ailleurs les deux traits apparemment non névrotiques des adénopathies et du cours fixe qui ont fini par décider le CDC à l'action.

Tous les noms dont on a tenté de désigner ce syndrome, encéphalomyélite myalgique, maladie islandaise, maladie du lac Tahoe, maladie royale, Epstein-Barr chronique, mononucléose chronique, maladie des yuppies et, plus simplement, neurasthénie, n'ont pas apporté grande clarté sur ses causes. L'expression "maladie des yuppies" a été abandonnée, les yuppies (pour *Young Urban Professionals*) étant des gens de classe aisée, alors que la maladie affecte des gens de toutes les classes sociales.

Toujours est-il que le SMF n'est pas aussi nouveau qu'on l'a d'abord cru. On en a retrouvé des descriptions dans la littérature médicale ; c'est ainsi qu'une épidémie semble avoir frappé Los Angeles dans les années 1940 ; une autre

"épidémie" frappa l'Islande en 1948, d'où l'un de ses noms, et l'on dénombra avec précision 1 136 victimes. Ce fut l'épidémie de 1984 qui fut la plus massive, puisqu'elle fit quelque 100 000 victimes aux Etats-Unis, au Canada et en Nouvelle-Zélande.

C'est l'hypothèse virale qui est actuellement la plus favorisée. Si l'on a bien rejeté la responsabilité du virus d'Epstein-Barr, retrouvé chez un grand nombre de malades, mais non chez tous, on suppose qu'il pourrait s'agir d'une infection touchant le système immunitaire. Le SMF serait en quelque sorte un "sous-sida", évidemment beaucoup moins dangereux.

Considéré au début avec une certaine désinvolture, attribué au stress de la vie moderne, puis traité de maladie imaginaire, le SMF pourrait apporter une lumière nouvelle sur les troubles du système immunitaire et, en particulier, sur les origines du sida. Nul n'a encore établi avec certitude, en effet, l'origine du virus HIV ni les raisons pour lesquelles il est devenu virulent dans les années 1960, selon toute évidence.

G.M.

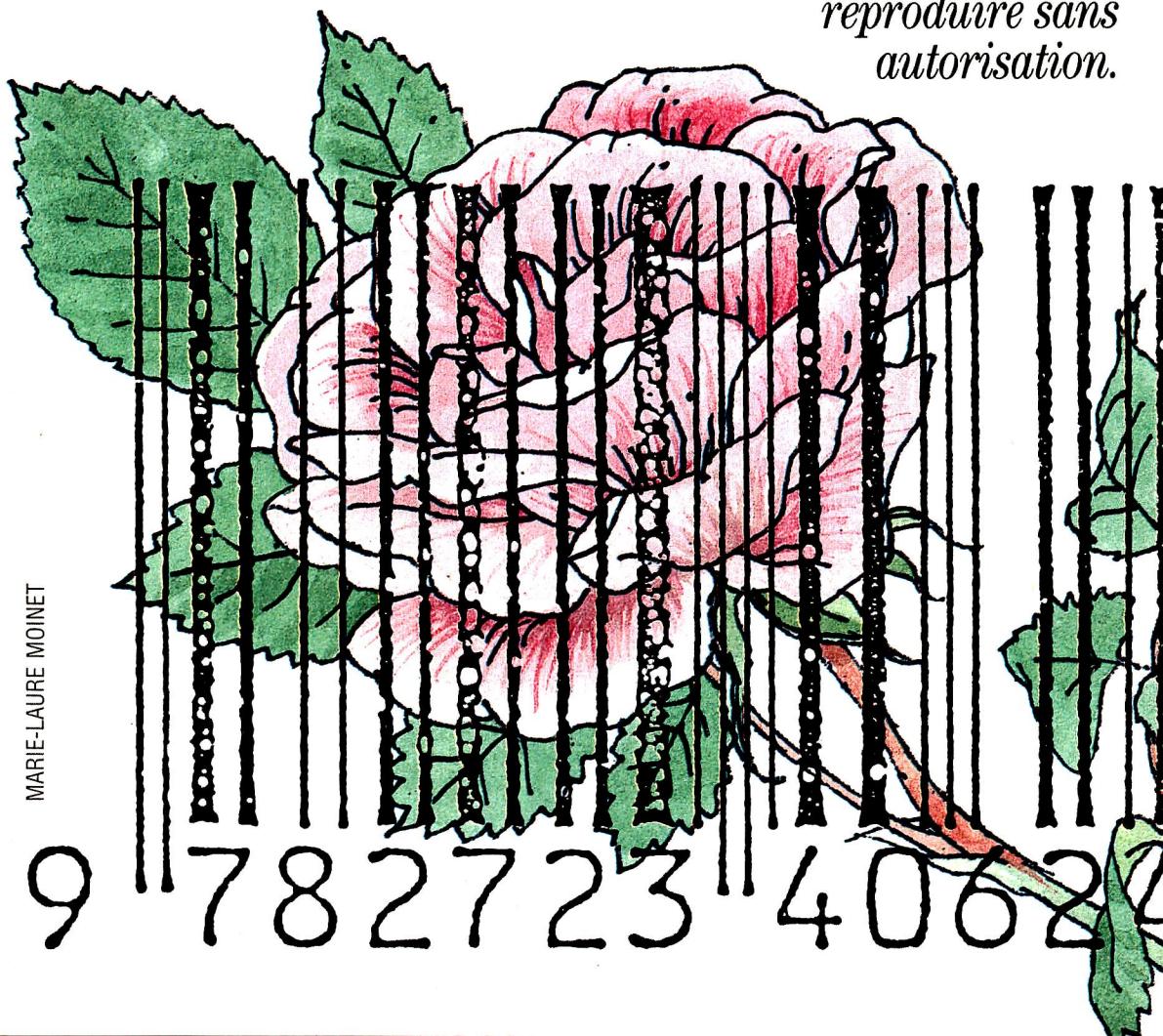
**Un petit Anglais sur trois croit que le Soleil tourne autour de la Terre.** Cette horriblante conclusion découle d'une enquête effectuée sur 3 600 écoliers de 11 à 16 ans de 12 écoles. Une proportion égale croit que le lait radioactif peut être bu sans inconvénient après avoir été bouilli et que le son est plus rapide que la lumière. Nombre de leurs professeurs étaient aussi ignorants. Avant de se gausser, il faudrait faire la même enquête en France.

**Un bol d'air de temps en temps** peut faire plus de mal que de bien, du moins si l'on en juge d'après les rats. Des rats normalement soumis à la pollution aérienne et bénéficiant de pauses d'air frais trois jours par semaine ont accusé des dommages pulmonaires plus importants que ceux qui n'avaient pas de bonus d'air propre. Explication : les interruptions ne permettent pas aux poumons de s'adapter assez vite...

**Les articles de cette rubrique ont été réalisés** par Laurent Douek, Gérald Messadié, Félicien Raudré, Paul Valsador.

# LES PLANTES NE SONT PLUS À NOUS

*Depuis que les biotechniciens savent bricoler des êtres vivants, plantes ou animaux, pour mieux les adapter à nos besoins, et depuis que les grands industriels, habitués à protéger leurs découvertes par des brevets, ont racheté les sélectionneurs traditionnels de semences, certaines plantes sont devenues propriété privée. Nul n'aura bientôt le droit de les reproduire sans autorisation.*



**P**eut-on breveter une plante ? La question se pose sérieusement depuis l'apparition et la multiplication des plantes "transgéniques", c'est-à-dire des végétaux dont le patrimoine génétique a été enrichi par l'introduction d'un gène nouveau, leur conférant, par exemple, une résistance particulière (à un herbicide, à un parasite, à la sécheresse) ou les rendant aptes à produire soit un acide aminé essentiel, soit une molécule pharmaceutique recherchée, etc. (voir encadrés p. 74, 75, 76 et 80). Cet enrichissement, qu'en aucun cas la nature n'aurait pu réaliser, relève uniquement de l'ingéniosité humaine et, comme tel, peut être assimilé à une invention. Or, qui dit invention dit protection de la "chose" inventée, donc brevet.

Mais qui peut revendiquer la paternité de ces plantes "transgéniques", et donc des semences qui en seront issues et que s'arracheront des milliers d'agriculteurs ? Est-ce celui qui a su isoler et transférer le gène intéressant ? Ou celui qui a mis au point la variété où ce gène a été introduit ? Ou encore le pays qui a su préserver sur son territoire le patrimoine (une plante sauvage, par exemple) d'où a été tiré le gène ? Question subsidiaire : l'agriculteur qui a utilisé une première fois ces semences peut-il impunément distraire une partie de sa récolte pour la resemler, voire la céder à des collègues ?

L'affaire, on le voit, est d'importance et préoccupe aussi bien les établissements spécialisés dans la sélection, qui, depuis près de deux siècles pour certains, s'évertuent à améliorer sans cesse les plantes, que les firmes versées dans l'ingénierie génétique, qui, depuis quelques années seulement, appliquent leur savoir à la valorisation des semences. Ces deux secteurs, d'ailleurs, ne sont parfois que les deux branches d'un même arbre, car nombreux sont les sélectionneurs qui, au cours de cette dernière décennie, ont été rachetés par de grands groupes agro-chimiques : Hilleshög par Sandoz ; Rustica par Elf-Aquitaine ; SES par ICI ; Clause par Lafarge-Coppée et Rhône-Poulenc ; KWS par Hoechst ; Funk's par Ciba-Geigy ; etc. Ces groupes, en

raison de leurs multiples activités, sont accoutumés au système des brevets, introduit en France par la loi de 1791 sur la propriété industrielle. Ayant pour but de favoriser la diffusion rapide des connaissances et de l'innovation, le brevet protège l'inventeur en lui accordant un droit exclusif sur sa découverte pour une durée déterminée. Pour qu'une invention soit brevetable, il faut qu'elle satisfasse à des critères bien précis :

1<sup>o</sup> la nouveauté. C'est bien le moins qu'on puisse demander ! En Europe, est nouveau ce qui n'a jamais été porté à la connaissance du public (une communication à l'occasion d'une conférence ou dans une publication scientifique suffit à rendre caduc le caractère de nouveauté). Aux Etats-Unis, on est plus indulgent : peut encore être considéré comme nouveau ce qui a été porté à la connaissance du public (par l'inventeur) depuis moins d'un an.

2<sup>o</sup> L'activité inventive. Le procédé ou le produit proposé ne doit pas bêtement découler de l'état de la technique : il doit comporter une bonne part d'innovation.

3<sup>o</sup> L'applicabilité. Pour répondre à son double objectif (enseigner et apporter un progrès collectif en mettant les connaissances nouvelles à la disposition de tous), un brevet doit être susceptible d'applications (industrielles, médicales, etc.).

4<sup>o</sup> La suffisance de description. En bon français, cela signifie qu'une invention, pour être brevetable, doit se prêter à la description, de sorte qu'elle puisse être reproduite.

Pendant longtemps, la matière vivante, animale ou végétale, a été exclue du domaine du brevetable. Par doctrine, d'abord, mais aussi parce que, dans toute transformation, même initiée par l'homme, la participation du vivant est beaucoup plus importante que l'intervention humaine.

Dans le règne végétal, précisément, cette intervention humaine se bornait, jusqu'à ces dernières années, à faire de la sélection, c'est-à-dire à choisir les graines des plantes les plus belles, les plus robustes, les plus productives, ou bien à provoquer des croisements entre des plantes de même espèce qui habituellement s'autofécondent, ou encore à créer des mutations artificielles par application de rayonnements ou de substances chimiques.

Ainsi, au début du XX<sup>e</sup> siècle, apparaissent les hybrides de maïs, issus du croisement provoqué entre des plantes appartenant à deux lignées spécialement sélectionnées pour leurs qualités (dans la nature, le pied de maïs, qui porte à la fois une fleur mâle et des fleurs femelles, peut s'autoféconder). Avec ces "créations" humaines, pas de problème de protection de droits : la nature s'en charge. Les hybrides, en effet, ne manifestent leurs qualités que le temps d'une génération ; nés de parents différents, ils donnent des enfants différents. L'agriculteur ne peut donc plus resemler une partie de sa



récolte pour reproduire à l'identique les maïs qu'il avait obtenus. Il doit chaque année racheter des semences hybrides au sélectionneur qui, lui, produit (ou fait produire) les lignées parentales.

Cette barrière naturelle contre l'appropriation du bien d'autrui a fait la fortune des sélectionneurs de variétés hybrides. Une société américaine comme Pioneer, qui n'était lors de sa fondation, en 1926, qu'une modeste entreprise, est devenue aujourd'hui, grâce aux hybrides de maïs à haut rendement, le premier groupe semencier mondial, avec un chiffre d'affaires de plus de 735 millions de dollars.

Mais toutes les espèces ne se prêtent pas à la production en masse d'hybrides. L'hybridation n'est alors rien de plus qu'une technique d'amélioration traditionnelle ; en provoquant des croisements naturels, on cherche ceux qui donnent les meilleurs descendants dont on fixe les caractéristiques dans des lignées dites "pures". Travail de patience et de longue haleine, puisqu'il ne faut pas moins d'une dizaine d'années pour créer une nouvelle variété. Travail coûteux aussi, puisqu'il nécessite de nombreuses expériences, mobilise des hectares de terrain et se solde parfois par des échecs. Mais travail qui rapporte beaucoup à la collectivité, puisque, en matière d'agriculture, la semence est l'un des principaux vecteurs du progrès. On lui attribue 50 % des gains de rendement enregistrés dans la culture des céréales (un quintal supplémentaire par hectare et par an depuis quarante ans), ainsi que les bonds spectaculaires de production occasionnés par le passage aux variétés hybrides (pour le maïs, la betterave, le tournesol et bientôt le colza).

Compte tenu de ces données, les sélectionneurs ont éprouvé le besoin de se protéger. Car la contrefaçon est facile : pour les lignées pures comme pour le blé ou le pois, il suffit de se procurer des graines d'une variété donnée et de les cultiver pour les reproduire. De même, pour refaire un hybride, il suffit d'acquérir les lignes parentales.

Voilà pourquoi, le 2 décembre 1961, les sélectionneurs de sept pays se sont réunis à Paris et ont fondé l'Union pour la protection des obtentions végétales (UPOV). Aujourd'hui, dix-sept pays y adhèrent, représentant 95 % du marché des semences dans les pays industrialisés. L'un des premiers actes de l'Union a été de créer le certificat d'obtention végétale (COV), une sorte de titre de propriété garantissant les droits de l'"inventeur" d'une nouvelle variété. Pour bénéficier d'un COV, condition préalable à toute commercialisation, la variété en question doit remplir trois conditions : être distincte, homogène et stable.

La distinction s'apparente à la nouveauté requise pour le brevet :

## LE COLZA QUI AIME UN HERBICIDE PROPRIÉTÉ DE MONSANTO (ÉTATS-UNIS)

La plupart des désherbants chimiques tuent toutes les plantes en agissant sur une enzyme clef de leur métabolisme commun. Ce sont les herbicides totaux. Ils ne peuvent servir qu'à faire le désert. Heureusement, on a trouvé des désherbants sélectifs qui ne tuent que les mauvaises herbes, tout en respectant théoriquement la plante cultivée. Mais ils ont l'inconvénient d'épargner aussi les plantes de la même famille que la plante cultivée, et qui sont, elles aussi, de mauvaises herbes... Les industriels ont donc décidé, avec l'aide des généticiens, de prendre le problème à l'envers : plutôt que de chercher à grands frais "la" molécule sélective, qui protège la carotte et tue le chardon, ils vont introduire dans la plante cultivée la propriété de résister à l'herbicide total.

Monsanto a ainsi obtenu des colzas, des tomates, des sojas, des coton, des betteraves à sucre qui tolèrent son herbicide, à base de glyphosate, grâce à un gène qui fait surproduire l'enzyme cible. Dans un champ où les orges sauvages concurrencent le colza (photo 1), seul le colza transgénique résiste à l'application de glyphosate (photo 2). C'est par un autre bricolage génétique, que Calgene (Etats-Unis) a obtenu la résistance à l'herbicide : en

transférant à la plante un gène de bactérie qui se trouve produire une variante de l'enzyme cible qui, elle, est insensible à l'herbicide. Plant Genetic Systems (Belgique) a obtenu des plantes résistantes à la phosphinotricine, herbicide de Hoechst (RFA), par une troisième voie : le gène — bactérien — de résistance produit une enzyme qui "détoxique" l'herbicide en le transformant en un élément inoffensif. Les premiers tabacs résistants à la phosphinotricine ont été plantés à l'institut du tabac de Bergerac en 1987, les premières pommes de terre à la station agronomique INRA de Versailles, les premiers colzas à celle de Rennes... Le gène a été introduit en 1988 dans la betterave sucrière, la luzerne, le coton, le soja. L'INRA a aussi obtenu des colzas résistants au chlorsulfuron (herbicide Glean de Du Pont De Nemours) et des légumes résistants à l'imidazolinone (American Cyanamid) : le gène transféré code pour une version résistante de l'enzyme cible. Rhône-Poulenc, en collaboration avec Calgene, a créé des tabacs, des tomates, des coton résistants à son herbicide, le bromoxynil, en y introduisant un gène bactérien qui code pour une enzyme capable de "détoxiquer" l'herbicide en un acide inoffensif.





2

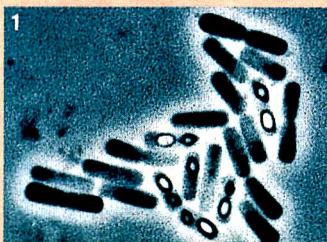
## LA POMME DE TERRE TUEUSE DE PUERONS : FUTURE PROPRIÉTÉ DE CORNELL ?

En 1985, Plant Genetic Systems (PGS, Belgique) introduit chez le tabac la résistance à un insecte grâce à un gène de la bactérie *Bacillus thuringiensis* (photo 1). Ce gène produit un cristal protéique qui provoque des lésions dans l'épithélium intestinal de l'insecte et paralyse ses mandibules et son tube digestif. Depuis cette innovation, des tomates, des choux, des coton, des pommes de terre ayant intégré le gène du *Bt* ont vu le jour. La plupart des souches de *Bt* sont actives contre les Chenilles de lépidoptères (pyrale du maïs, du riz, ver du coton, piéride du chou...) ; mais certaines sont spécifiques des nématodes, d'autres des coléoptères (vers de hannetons), d'autres des diptères (moustiques). En 1987, PGS a transféré un gène de *Bt* dans une algue bleu-vert (cyanobactéries) dont se nourrissent les larves de

moustiques ; reste à trouver le moyen pour que les algues transformées colonisent le milieu aquatique et ce sera la fin des maladies que les moustiques transmettent. Agricultural Genetics (GB) a extrait d'une plante de zone sèche, le niébé, le gène d'un inhibiteur d'une enzyme digestive, la trypsin. Ce gène introduit dans les plantes

pourrait les rendre résistantes à un plus grand nombre d'espèces d'insectes que le gène de *Bt*. Calgene l'a déjà introduit dans le coton. Le gène d'une protéine de haricot sauvage, l'arceline, toxique pour les charançons qui vident les graines stockées, est également convoité par les généticiens.

De nombreuses plantes sauvages contiennent des concoctions anti-parasites à l'intérieur des poils de leurs feuilles, les trichomes. Ceux de certaines pommes de terre sauvages exsudent ainsi une substance claire et liquide ; dès qu'elle sort, elle se transforme en un sirop brun épais qui piège les insectes et leur donne des pattes "en ciment" (photo 2). Les pucerons englués sont autant de vecteurs de maladies à virus éliminés. Le gène responsable de cette colle est activement recherché à l'université américaine de Cornell.



la variété proposée doit avoir au moins un caractère que n'ont pas celles qui sont présentes sur le marché. Quant à l'homogénéité et à la stabilité (au cours des cycles de reproduction), elles permettent de remplacer la description, obligatoire pour le brevet, par le dépôt d'un échantillon.

Cela étant, l'attribution d'un COV donne au sélectionneur, qui a mis au point la variété "certifiée", le droit de percevoir des *royalties* sur toutes les

semences de ladite variété, où qu'elles soient produites.

Ce système de protection a longtemps satisfait toute la profession. Jusqu'à l'irruption des biotechnologies dans l'amélioration des végétaux. Avec ces techniques, qui se pratiquent en laboratoire dans des conditions bien définies, une nouvelle plante peut désormais être obtenue non plus par des procédés "essentiellement biologiques", mais

par une succession d'étapes parfaitement descriptibles et reproductibles, entrecoupées de quelques épisodes naturels. Les principaux avantages de ces techniques sont une extension considérable de la gamme des possibilités et un extraordinaire raccourcissement des délais. Exemples :

- grâce à la multiplication végétative *in vitro*, on peut obtenir, à partir d'un organe prélevé sur une plante, une quantité théoriquement infinie de cette plante, sans passer par les voies classiques de la reproduction.
- Grâce à l'étonnante aptitude qu'a la cellule végétale de régénérer une plante tout entière (totipotence), on peut faire naître des embryons à partir de cellules sexuelles (sans fécondation), créer des se-

mences artificielles (embryons enrobés de substances nutritionnelles), et même fabriquer des hybrides "hors nature" par fusion de protoplastes (cellules végétales débarrassées de leur enveloppe).

- Grâce au génie génétique, on peut isoler un gène dans une espèce et le transférer dans une autre, de manière à apporter à cette dernière une qualité qu'elle n'avait pas, ou à supprimer un défaut qui l'handicapait.

Tout bien considéré, les plantes obtenues par ces procédés répondent d'assez près aux conditions exigées pour l'attribution d'un brevet. Tout juste subsiste-t-il une certaine difficulté à décrire non point les opérations pratiquées, mais les phénomènes naturels induits par ces opérations.

Restait néanmoins un obstacle de taille : la doctrine selon laquelle tout ce qui est vivant n'est pas brevetable. Une première brèche allait être ouverte dans cette philosophie à l'occasion d'un conflit porté devant un tribunal. Un chercheur américain du nom de Chakrabarty avait déposé en 1972 une demande de brevet concernant une bactérie du genre *Pseudomonas* qu'il avait modifiée pour la rendre capable de "digérer" des nappes de pétrole. Sa requête n'ayant toujours pas été satisfaite au bout de huit années, il s'adressa à la justice. Un juge de la Cour suprême des Etats-Unis estimait que « tout ce qui, sous le soleil, a subi l'intervention de l'homme est brevetable ». Chakrabarty obtint donc gain de cause, et ainsi, en 1980, un microorganisme, c'est-à-dire un être vivant, fut pour la première fois couvert par un brevet.

La voie étant ouverte, les plantes tentèrent de s'y engouffrer. Mais c'est seulement en 1985, et toujours aux Etats-Unis, qu'un brevet fut délivré à des maïs à haute teneur en tryptophane créés par la société Molecular Genetics au moyen d'un procédé biotechnologique. L'Europe suivit trois ans plus tard en accordant, en 1988, des brevets à la firme américaine Agrigenetics (aujourd'hui filiale de Lubrizol) pour des plantes fourragères enrichies en protéines de réserve, ainsi que pour la technique de génie génétique qui avait permis de les obtenir. Mais déjà des concurrents protestent, notamment le Max Planck Institut (RFA), qui revendi-

## LE TABAC QUI INTERDIT AU VIRUS DE SE "DÉSHABILLER" : PROPRIÉTÉ DE MONSANTO

Pour les plantes comme pour les humains, on n'a pas encore trouvé les médicaments efficaces contre les virus. Le génie génétique peut apporter dans ce domaine un précieux renfort. La voie la plus travaillée consiste à isoler et à transférer le gène qui code pour le manchon protéique du virus (la capsid). La plante se met à synthétiser elle-même les capsides virales, ce qui la "vaccine" en quelque sorte contre toute contamination ultérieure par des virus de la même famille ; ceux-ci n'arrivent plus à se "décapssider", dés habillement indispensable avant d'entrer dans la cellule végétale. Ce type de protection — le brevet est demandé par Monsanto — a réussi sur les tomates, tabacs, betteraves, melons, pommes de terre devenus ainsi résistants aux virus de la mosaïque du tabac, de la luzerne, de la laitue, du chou-fleur, du concombre, aux virus X et Y de la pomme de terre...

On place notamment de grands espoirs sur la résistance au virus des

nervures jaunes et nécrotiques de la betterave. Ce virus, très répandu en France, transmis par un champignon, est responsable d'une maladie virulente, la rhizomanie, qui transforme la racine en un chevelu inexploitable.

D'autres voies au succès plus aléatoire consistent à introduire un gène d'ARN anti-sens (l'ARN constitue le génome d'une majorité de virus phytopathogènes) qui empêche le virus de se multiplier dans la cellule, ou un gène d'ARN satellite propre à certains virus, comme celui de la mosaïque du concombre (VMC). L'ARN satellite ne se reproduit qu'en présence du virus infectieux et limite en général sa multiplication, atténuant donc les dégâts — ainsi sur la photo : à gauche, tabac témoin sensible au virus de la mosaïque du concombre, à droite, tabac transgénique indemne de virose. Mais prudence, car ces ARN satellites peuvent avoir, sur certaines espèces, l'effet contraire.





## CES PLANTES PEUVENT-ELLES TRANSMETTRE LEUR PRIVILEGE AUX MAUVAISES HERBES ?

Ces betteraves à sucre sont résistantes à un herbicide. Maribofrance, filiale du semencier danois, les a semées ce printemps pour comparer leurs performances agro-économiques (germination, croissance, rendement en sucre) à celles de plantes non transformées.

Tout essai de plantes transgéniques est soumis en France à l'approbation d'une commission de génie biomolé-

culaire. Parmi la vingtaine d'essais qui ont déjà reçu l'aval de la commission en ce qui concerne les plantes transgéniques, certains ont pour but unique le contrôle des risques. L'INRA étudie ainsi à Rennes et à Dijon les risques de transmission aux crucifères sauvages, par le pollen, du gène de résistance à un herbicide, la phosphinotricine, introduit dans des colzas. Si c'était le cas, des mauvaises herbes que l'on

cherche à détruire (chou, moutarde noire, fausse roquette, sanve, ravenelle) deviendraient elles-mêmes invulnérables et la manipulation génétique serait inutile.

Les réponses ne viendront pas avant 1991, car il faut au préalable forcer un peu la nature (par des croisements *in vitro*), les fécondations naturelles entre colzas et autres crucifères n'étant pas fréquentes.

que l'antériorité de la découverte de la technique utilisée. Les brevets vont donc sans doute être réexamинés, et il est possible que certaines de leurs revendications tombent.

Mais au-delà de ces querelles, qui sont monnaie courante dans le monde industriel, c'est tout le système de protection des variétés cultivées qui risque d'être perturbé par l'arrivée des brevets. Faux, prétendent certains, puisque les brevets ne concernent que les créations du génie génétique, tandis que les créations de la sélection traditionnelle restent protégées par les COV. C'est une façon un peu simpliste de voir les choses, car sélection traditionnelle et biotechnologies sont devenues aujourd'hui complémentaires, et nombre de nouvelles variétés sont dues à leurs efforts conjugués. Alors, brevet ou COV, de quelle protection relèvent ces créations mixtes ?

Si la question mérite d'être posée, c'est parce que, entre les deux systèmes, il y a des différences, et même des oppositions, lourdes de conséquences. Qu'en juge.

- Dans le système des COV, l'accès aux variétés

commercialisées est libre et gratuit pour tous ceux qui veulent s'essayer à en créer une nouvelle. Un obtenteur en effet ne peut s'opposer à ce qu'un autre obtenteur se serve de son matériel pour "fabriquer" une nouvelle variété, pas plus qu'il ne peut lui réclamer une redevance, car, « les phénomènes naturels intervenant activement dans la production de la nouveauté, on ne saurait garantir à l'obtenteur le monopole de l'usage ». Autrement dit, les gènes que l'on trouve dans la nature, fussent-ils sélectionnés pendant des années par des hommes de l'art, ne peuvent faire l'objet de droits exclusifs. Et la diversité génétique est restée le bien de tous.

Au contraire, dans le système du brevet, celui qui utilise un produit ou un procédé breveté à des fins de recherche ne peut pas commercialiser les fruits de ses travaux sans le consentement du détenteur du brevet. Et s'il décide de déposer lui-même un brevet, celui-ci ne pourra être qu'un brevet "de dépendance" par rapport au premier brevet, dit "dominant".

- Le bénéficiaire d'un COV a des droits sur toutes les semences de sa variété aussi longtemps que

celle-ci demeure protégée (vingt ans à partir de la date de sa commercialisation pour la majorité des espèces, vingt-cinq ans pour les espèces à cycle de production plus tardif, comme les arbres fruitiers). Ces droits renaissent donc à chaque génération de la plante, si bien que l'agriculteur qui conserve une partie de sa récolte pour la ressémer est théoriquement en infraction avec la loi (*voir encadré ci-dessous*).

Au contraire, le titulaire d'un brevet perd ses droits dès que son invention a été vendue. C'est la règle de l'"épuisement des droits", qui permet à l'acquéreur d'un produit ou d'un procédé breveté d'en user à sa guise. La protection conférée par un brevet (qui dure environ vingt ans à partir du dépôt de la demande) garantit seulement contre le pillage ou le plagiat.

## LE PRIVILEGE DU FERMIER

Beaucoup de variétés cultivées (blé, pois, colza...) sont des plantes qui s'autofécondent et portent par conséquent des graines identiques à la semence initiale. L'agriculteur qui est satisfait de sa récolte peut donc en prélever chaque année une partie pour la ressémer. Il lui faudra seulement trier mécaniquement les graines (pour éliminer les saletés, les grains cassés ou étrangers à l'espèce) et éventuellement leur appliquer un traitement (fongicide, anticorbeaux, etc.).

Cette pratique, qui semble tout à fait naturelle, est pourtant illégale depuis vingt ans. Depuis la loi du 11 juin 1970 sur la protection des obtentions végétales. La plupart des variétés cultivées sont en effet protégées par un certificat d'obtention végétale (COV). Ce certificat confère au sélectionneur (appelé aussi "obtenteur") le droit exclusif de produire et de commercialiser les organes de reproduction des variétés qu'il a mises au point : semences (pour les blés, les pois, le maïs...) ; plants (pour les pommes de terre) ; boutures, greffons, marcottes (pour la vigne, les rosiers, les arbres fruitiers...). Si les variétés en question sont produites par d'autres que lui, il est en droit de réclamer un pourcentage sur leur prix de vente : de 6 à 8 % pour les céréales à paille, de 8 à 14 % pour les potagères hybrides ; jusqu'à 30 % pour les betteraves, dont la sélection est très complexe. Cette protection, qui dure vingt ans, permet à l'"inventeur" de la variété d'amortir les frais de recherche qu'il a engagés. En contrepartie, elle garantit à l'utilisateur un progrès soit quantitatif (augmentation du rendement), soit qualitatif (par exemple, colzas sans acide érucique, rejeté par les consommateurs, ou sans glucosinolates, des substances soufrées nuisibles au bétail).

Ainsi, l'agriculteur qui cultive une variété protégée pour bénéficier de sa plus-value, et se sert de sa récolte pour s'approvisionner en semences, est en infraction avec la loi. En d'autres termes, le "privilège du fermier"

n'existe pas. Officiellement du moins, car, dans les faits, il est tellement ancré dans les habitudes qu'il n'est pas près de disparaître. Qu'en en juge. Pour les céréales (blé tendre, blé dur, orge), le taux d'utilisation des semences certifiées n'est que de 55 % du marché potentiel. Pour les pois, espèce dont la semence est particulièrement chère, le taux est passé de 85 % en 1986 à 60 % en 1990 (le point de départ élevé tient au fait que, lorsqu'une culture démarre ou se développe, les agriculteurs achètent des semences certifiées).

Les sélectionneurs, qui ont la loi de leur côté, n'apprécient guère ce manque à gagner. Aussi ont-ils décidé de s'attaquer à une pratique devenue coutumière : le "triaje à façon". Le triage des graines non par l'agriculteur mais par un organisme prestataire de service (coopérative, entrepreneur agricole, etc.) a été instauré en 1938 par l'ONIC (Office national interprofessionnel des céréales), pour favoriser l'utilisation de semences "améliorées". L'agriculteur remet au faonnier une certaine quantité de céréales ; le faonnier, moyennant finances, les trie et au besoin les badigeonne d'un produit anti-parasitaire, et l'agriculteur remporte grains triés et déchets de triage.

Malgré la loi de 1970, une circulaire codifiant cet usage a continué d'être diffusée chaque année par l'ONIC, jusqu'en 1988. Forts de leur droit, les obtenteurs ont intenté des procès en contrefaçon. Première victoire, le 15 mai 1987, lorsque le tribunal de Nancy a condamné un agriculteur et la coopérative céréalière de la région dijonnaise pour le triage à façon d'une récolte de la variété "Festival", propriété du sélectionneur Camille Benoist. La coopérative a fait appel, mais la cour de Nancy a confirmé le jugement le 13 septembre 1988. D'autres condamna-

tions semblables ont suivi, sans pour autant faire cesser le triage à façon.

Pour lui tordre le cou définitivement, un accord a été signé le 4 juillet 1989 entre le ministre de l'Agriculture, Henri Nallet, le président du Conseil de l'agriculture française, Raymond Lamboeuf (également président de la FNSEA), et le président du Gouvernement national interprofessionnel des semences et des plants (GNIS), Victor Desprez. Cet accord précise de manière non équivoque les seules dérogations tolérées : « Les exploitants agricoles peuvent, individuellement ou dans le cadre de l'entraide, procéder sur leurs exploitations, pour leurs besoins propres, avec leurs propres équipements, à la transformation des produits agricoles issus de leur propre récolte, en vue de leur utilisation comme semences ou plants. » En clair, le droit du fermier est reconnu, à condition que celui-ci l'exerce lui-même !

Si cet accord satisfait les gros céréaliers, il est en revanche contesté par les petits. Ceux-ci, ne pouvant pas s'offrir le matériel nécessaire au triage, et n'ayant pas le droit non plus de l'acquérir en copropriété, vont être obligés d'acheter des semences certifiées (de 500 à 600 F par hectare, contre de 250 à 300 F pour les semences de ferme triées et traitées) ou d'utiliser leur récolte sans la trier.

Quant aux trieurs à façon, ils ne déclarent pas. Avec certains producteurs de céréales, ils ont créé un comité de liaison et réclament que la loi de 1970 soit amendée, afin qu'elle reconnaisse explicitement le droit pour les agriculteurs de trier les semences de leur propre production, y compris après traitement à façon ou en collectivité. Il y a peu de chances toutefois qu'ils soient entendus, car les sélectionneurs ne sont plus disposés à se laisser "doubler" par les trieurs. Le pelliculage sophistiqué des grains de blé (**photo**) censé améliorer leurs qualités devrait aussi relancer la vente des semences certifiées.



Afin d'apprécier la complexité du problème, envisageons un cas concret. Un laboratoire de génie génétique découvre dans une bactérie un gène insecticide, donc particulièrement intéressant, et parvient à l'introduire dans une plante. Rien ne lui interdit aujourd'hui de faire breveter et le gène en question et le procédé qui permet son introduction. Qu'arriverait-il si la plante ainsi transformée et la variété issue de celle-ci étaient également brevetables ? Eh bien ! dans le cadre légal actuel, les firmes de génie génétique se taillereraient la part du lion. Pouvant accéder à n'importe quelle variété sous prétexte de recherches, il leur suffirait d'introduire le gène intéressant dans la variété A, la plus recherchée, pour sortir une variété B, concurrente de la précédente, et faire main basse sur le marché, au grand dam du "propriétaire" de la variété A. De plus, tout obtenteur qui voudrait utiliser la variété B pour de nouvelles recherches devrait leur acquitter un droit. Comme le transfert de gènes peut se pratiquer sur un grand nombre d'espèces (seules les céréales sont encore récalcitrantes), ces firmes, pour peu qu'elles baignent par une de leur filiale dans le milieu de la sélection, parviendraient en quelques années à accaparer l'essentiel du secteur de l'amélioration végétale.

A l'inverse, que se passerait-il si la plante transformée et la variété issue de celle-ci restaient soumises au régime du COV ? Cette fois, les biotechnologies seraient les dinosaures de la farce. Le premier sélectionneur venu pourrait en effet puiser gratuitement (puisque aux fins de recherche) dans leurs variétés transgéniques, les modifier juste ce qu'il faut pour qu'elles soient reconnues comme distinctes, et les faire "certifier" à son profit.

On comprend maintenant pourquoi une sérieuse partie de bras de fer s'est engagée entre les tenants du COV et les partisans du brevet. Les premiers estiment qu'ils ont durement bataillé pour avoir un système de protection qui leur convienne, et que ce n'est pas maintenant que l'on va en changer ; les



## PLANTES HYBRIDES : REPRODUCTION INTERDITE

Dans certaines espèces, les plantes se reproduisent toutes seules, par autofécondation, car chaque fleur porte les deux sexes (étamines et pistil). Ainsi, pour le blé, l'agriculteur peut toujours conserver un peu de sa récolte pour le ressembler l'année suivante. Avec les blés hybrides impossible. Les blés hybrides, qu'on cherche à obtenir seront le produit d'un croisement de deux lignées différentes, porteur en principe des qualités de ces deux génotypes (rendement, richesse en gluten...). C'est d'ailleurs par cette supériorité que les sélectionneurs ont fait la popularité des maïs hybrides. Seulement, à la génération suivante, les hybrides ne sont, par définition, plus homogènes. Chaque grain retrouve, en quelque sorte, une autonomie : plus ou moins gros, plus ou moins riche en gluten, plus ou moins précoce, etc.

L'agriculteur doit donc s'adresser au sélectionneur pour chacun de ses semis. C'est évidemment tout bénéfice pour celui-ci. Mais pour produire sa semence hybride, le sélectionneur est à son tour tributaire d'un moyen de produire un géniteur castré de sa partie mâle ; cela afin d'éviter l'autofécondation et forcer la fécondation par la lignée choisie

pour agir comme "père".

En octobre 1989, PGS (décidément en tête de file des sociétés spécialisées en biotechnologie) a créé les premières plantes au pollen détruit par génie génétique. Le travail a commencé par la découverte d'une protéine, à l'existence éphémère, dans le tissu où se développent les grains de pollen, à l'intérieur des anthères. On en a isolé le gène et, surtout, sa séquence "promoteur" qui commande le lieu, le moment et la force d'expression de ce gène. Les chercheurs de PGS ont alors accolé à ce promoteur le gène d'un ciseau biologique très actif, une ribonucléase — extrait d'un champignon — et le gène d'une résistance à un herbicide. Puis ils ont introduit cette construction génétique dans le tabac et le colza. Comme prévu, la ribonucléase a coupé les ARN, molécules clefs dans la synthèse des protéines, dans le lieu où le promoteur le dictait, c'est-à-dire dans les grains de pollen en formation et eux seuls. Le gène de résistance à l'herbicide a permis de sélectionner les plantes transgéniques aux anthères stériles (colzas sur la photo, plantes transgéniques à droite, témoins à gauche), seules survivantes après une application de l'herbicide.

seconds trouvent que ce système est désuet et n'a plus de sens à une époque où les biotechnologies ont "rationalisé" le vivant.

La Commission de la Communauté européenne a été saisie de l'affaire et a élaboré une proposition de directive sur "la protection juridique des inventions biotechnologiques". Publiée le 21 octobre 1988, cette proposition n'a pas apaisé les esprits,

bien au contraire.

Pour les biotechnologues, elle n'est pas assez audacieuse, car elle ne renie pas explicitement l'article 53 b de la Convention de Munich sur la délivrance des brevets européens (1973) qui exclut de la brevetabilité « les variétés végétales ou les races animales ainsi que les procédés essentiellement biologiques d'obtention de végétaux et d'animaux.... ».

De plus, la proposition européenne stipule que le détenteur d'un brevet, après trois années d'exclusivité, ne pourra pas s'opposer à ce qu'un obtenteur commercialise une variété contenant l'invention brevetée. Le second devra simplement acquitter une redevance au premier. Les entreprises de génie génétique craignent qu'un obtenteur particulièrement averti ne parvienne à "sortir" avant eux une variété commercialisable.

Les sélectionneurs traditionnels, eux, trouvent que la proposition est trop favorable aux adeptes du brevet, car, même si elle n'introduit pas explicitement la "brevetabilité" des variétés, elle l'admet implicitement, dans la mesure où elle reconnaît que sont brevetables les parties d'animaux ou de végétaux (organes, cellules etc.), tous les procédés com-

portant au moins une étape brevetable — tels sont les procédés microbiologiques et biotechnologiques — ainsi que "les produits dérivant de ces procédés" (c'est-à-dire, en fin de compte, les variétés!).

Les choses devraient cependant finir par s'arranger, car les adversaires ont tout intérêt à s'entendre. En dehors des grands groupes déjà cités, qui ont un pied dans la semence et l'autre dans les biotechnologies, un certain nombre de sélectionneurs, comme Limagrain — troisième semencier mondial —, ont créé leurs propres laboratoires de biologie moléculaire. En outre, il existe de multiples accords entre firmes de génie génétique et semenciers. Or, il est bien connu que la collaboration rapproche les points de vue.

Et puis les biotechnologues savent bien que l'on ne s'improvise pas sélectionneur. L'expérience, le flair, les connaissances amassées sur le terrain ne s'acquièrent pas du jour au lendemain. Les biotechnologies ne sont rien de plus que des outils : elles ne dispensent pas des années ultérieures de tests et de sélection en plein champ, qui seules valident la qualité agronomique d'une variété.

De leur côté, les sélectionneurs savent ce qu'ils doivent aux artisans du génie génétique. Les trans-

ferts de gènes permettent des créations que ne donneront jamais les croisements naturels. Les cultures *in vitro* accélèrent les étapes transitoires et réduisent donc considérablement les délais nécessaires pour "fixer" une variété.

Alors, pourquoi deux activités aussi complémentaires ne parviennent-elles pas à s'accorder ? D'autant que la frontière entre l'"essentiellement biologique" (non brevetable) et l'"essentiellement technique" (brevetable) s'amenuise de jour en jour. Ainsi, Ciba-Geigy, après avoir essayé plusieurs refus, a réussi à faire breveter un procédé de protection des semences — et surtout les semences qui en dérivent — contre l'action des herbicides auxquels l'espèce est normalement sensible. Ce procédé, qui consiste à enrober les graines d'une couche protectrice (en anglais : *safener*), s'adresse plus particulièrement à certaines cultures qui, comme le sorgho, sont très difficiles à désherber, parce que les mauvaises herbes qui les infestent sont de la même famille qu'elles.

Reste maintenant à trouver un compromis satisfaisant entre le système des brevets et celui des

## LES PLANTES RÉINVENTÉES

Le génie génétique peut ainsi modifier une plante et "cibler" à volonté cette modification : dans la feuille, la graine ou la fleur. Les généticiens connaissent en effet une batterie de séquences "promoteurs" qui dirigent de manière précise, délimitée dans le temps et dans l'espace, l'expression d'un gène. On aura un jour des graines de colza ou de tournesol enrichies en tel acide gras recherché pour un produit cosmétique, un détergent ou une huile alimentaire, des céréales enrichies en tel acide aminé, des fleurs aux couleurs extraordinaires, des légumes (laitues, épinards) sans nitrates, etc.

Ainsi, le gène d'ARN anti-sens de l'enzyme responsable du ramollissement des fruits mûrs a été introduit chez la tomate par ICI Seeds (Angleterre) et Calgene (Etats-Unis). Sur les plantes transgéniques, les fruits cueillis mûrs et rouges restent intacts après stockage. Le Max Planck Institut (RFA) a introduit en 1987 un gène de maïs dans les pétunias, qui code pour une enzyme entraînant la synthèse d'un nouveau pigment rouge brique. Florigène (Pays-Bas), filiale de DNA Plant Technology Corporation (Etats-Unis) et l'université libre d'Amsterdam y ont, quant à elles, introduit un gène qui empêche la synthèse d'une enzyme clé dans la production des

pigments principaux (flavonoïdes). Résultat : des fleurs aux teintes pastel, voire blanches, et aux nouveaux motifs. Le gène d'une albumine de pois riche en cystéine, acide aminé soufré nécessaire à la production de la fibre de la laine, la kératine, a été introduit dans la luzerne par le centre national de recherche australien, le CSIRO. L'albumine absorbée augmenterait le rendement lainier des moutons de 5 %. La station de recherche agricole de Beltsville (Madison) s'efforce de produire des fraises contenant des concentrations plus élevées en acide ellagique, dérivé de l'hydrolyse des tanins, réputé anticancéreux ou, plus modestement, des fraises plus riches en sucre ou en arôme, etc.

PGS a lancé la première plante pharmaceutique en février 1989, avec des colzas transgéniques qui produisent et accumulent dans leurs graines un petit peptide, l'enképhaline, parmi les protéines de réserve. Une firme hollandaise, Mogen, a fait produire le sérum albumine humaine par des pommes de terre, en substituant le gène de cette protéine à celui de la patatine, qui peut constituer jusqu'à 40 % des protéines du tubercule. Ces deux exemples annoncent l'aube des "moléculteurs", agriculteurs qui cultiveront des plantes transgéniques pour les molécules qu'elles accumuleront.

COV. En France, le consensus semble s'être établi au sein de l'Organisation nationale interprofessionnelle des bio-industries (Organibio). Il repose sur la notion nouvelle de "variété dépendante" : pour commercialiser une nouvelle variété possédant un gène breveté, l'obtenteur devrait acheter une licence au détenteur du brevet. De cette façon, les droits de l'obtenteur de la variété seraient protégés par un COV, et ceux de l'"inventeur" du gène seraient garantis par la licence. Mais les obtenteurs ne risquent-ils pas de revendiquer à leur tour un droit sur leurs variétés ? De telles procédures risquent aussi de multiplier en quelques générations les emprunts et les dépendances, au point que toute recension deviendrait un véritable casse-tête pour les services juridiques des sociétés.

Pour prévenir ce risque, il faudrait d'abord définir la distance minimale qui doit exister entre deux variétés pour qu'elles soient reconnues comme distinctes. Cela afin d'éviter ce que l'on observe trop souvent en pharmacie, où seuls le nom et l'emballage différencient deux médicaments. Aussi certains suggèrent-ils que l'on tienne compte avant tout du progrès économique apporté par la nouvelle variété, et non plus de tel ou tel caractère morphologique, certes facilement identifiable, mais sans grand intérêt pour l'agriculteur.

Proposition contestée par d'aucuns avec cet exemple à l'appui : supposons que le progrès en question soit la résistance à une maladie. Cette résistance sera considérée comme économiquement importante dans les pays où la maladie sévit, mais non dans ceux où elle est absente. Si bien qu'elle donnera lieu à l'octroi d'un titre de protection dans les premiers, mais non dans les seconds. Situation pour le moins absurde et qui deviendrait franchement surréaliste si les pays épargnés veillaient à leur tour à être touchés !

Dans cet embrouillamini, il y a pourtant une certitude : bientôt il ne sera plus possible de tricher, d'utiliser "en douce" la découverte d'un autre pour bonifier sa propre variété. Une des premières applications commerciales des biotechnologies réside dans l'identification des variétés par leurs "empreintes génétiques". Une application qui vient à point — est-ce un hasard ? — pour éviter bien des contestations et faciliter l'élargissement du domaine brevetable.

Une dernière remarque : cette mainmise des industriels sur le vivant ne va-t-elle pas accélérer l'appauvrissement du patrimoine végétal de l'humanité ? Car chaque fois que l'on propose une nouvelle variété sélectionnée, ce sont des plantes locales que l'on condamne au musée, à la banque (de gènes) ou aux jardins secrets des sélectionneurs. Des plantes qui avaient elles aussi leurs qualités.

**Marie-Laure Moinet**

*Nouvelle méthode plus facile, plus efficace*

# **Pour parler couramment l'anglais ou l'allemand**

**la méthode réflexe-orale donne des résultats stupéfiants... et tellement rapides**

**C**onnaître une langue, ce n'est pas déchiffrer lentement quelques lignes d'un texte écrit. Pour nous, connaître une langue, c'est comprendre instantanément ce qui vous est dit et pouvoir répondre immédiatement.

La méthode réflexe-orale a été conçue pour arriver à ce résultat. Non seulement elle vous donne de solides connaissances, mais surtout elle vous amène immédiatement à parler la langue que vous avez choisi d'apprendre. C'est une méthode progressive, qui commence par des leçons très faciles et vous amène peu à peu à un niveau supérieur. Sans avoir jamais quoi que ce soit à apprendre par cœur, vous arriverez à comprendre rapidement la conversation ou la radio, ou encore les journaux, et vous commencerez à penser dans la langue et à parler naturellement. Tous ceux qui l'ont essayée sont du même avis : la méthode réflexe-orale vous amène à parler une langue dans un délai record. Elle convient aussi bien aux débutants qui n'ont jamais étudié une langue qu'à ceux qui, ayant pris un mauvais départ, ressentent la nécessité de rafraîchir leurs connaissances et d'arriver à bien parler. Les résultats sont tels que ceux qui ont suivi cette méthode pendant quelques mois semblent avoir étudié pendant des années ou séjourné longtemps en Angleterre ou en Allemagne.

La méthode réflexe-orale a été conçue spécialement pour être étudiée chez soi. Vous pouvez donc apprendre l'anglais ou l'allemand chez vous à vos heures de liberté, où que vous habitez et 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, lorsque vous aurez terminé trois mois plus tard, vous parviendrez à parler couramment avec un accent impeccable, ce qui d'ailleurs a stupéфи des spécialistes de l'enseignement.

Commencez dès que possible à apprendre la langue que vous avez choisie avec la méthode réflexe-orale. Rien ne peut vous rapporter autant avec un si petit effort. Dans le monde d'aujourd'hui, parler une langue est un atout essentiel à votre réussite.

**GRATUITS 1 cassette + 1 leçon + 1 brochure**



Bon à retourner à Centre d'Etudes, Service A 14 F, 1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75017 Paris. Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre brochure «Comment apprendre l'anglais ou l'allemand et parler couramment» ainsi que :

- la cassette d'essai      ou       le disque d'essai  
 Anglais      ou       Allemand

(Joindre 3 timbres pour frais; pour pays hors Europe joindre 5 coupons-réponse.)

Mon nom : ..... Prénom : .....

(majuscules SVP)

Mon adresse : .....

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

# “VACHES FOLLES” : ET LA FRANCE ?

*Les vaches anglaises sont atteintes d'une terrible maladie du cerveau, parce que — chose incroyable ! — on a ajouté des déchets de moutons malades aux aliments de ces herbivores. Or, en France, on a fait la même chose, avec, semble-t-il, quelques précautions supplémentaires. Le chiffre d'affaires annuel de la viande atteint chez nous 75 milliards de francs ; c'est dire que, s'il y avait danger de contamination du bovin à l'homme, on y regarderait à deux fois avant d'avertir les consommateurs.*



**L**'épidémie d'encéphalopathie spongiforme bovine (EBS), qui terrasse depuis quatre ans les vaches anglaises, atteint son paroxysme : plus de 13 000 vaches ont déjà été abattues dans les 5 600 fermes contaminées. Le sud de l'Angleterre est le plus touché, avec 18 % des troupeaux infectés. Bref, chaque semaine de 250 à 300 vaches sont sacrifiées. Il est vrai que le gouvernement anglais favorise la vigilance des éleveurs en remboursant intégralement les vaches abattues pour cause d'EBS (l'année dernière on n'en remboursait que la moitié).

Pour le Pr Lacey, microbiologiste à l'université de Leeds, ces mesures préventives sont nettement insuffisantes. Il ne propose pas moins que l'élimination pure et simple de l'ensemble des animaux suspects, soit 6 millions de bovins représentant la moitié du cheptel britannique.

Les Français sont-ils menacés, et la viande de

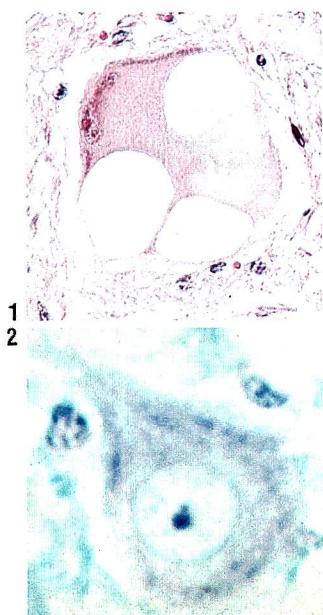
bœuf peut-elle contaminer les gens qui la mangent ? Telles sont les deux questions que tout le monde se pose et auxquelles personne n'a, jusqu'ici, répondu clairement, faute d'études scientifiques approfondies. Et faute, surtout, de vouloir clarifier un problème où trop d'intérêts sont en jeu. A titre d'exemple, le chiffre d'affaires annuel de la viande en France est d'environ 75 milliards de francs.

Pour l'instant les services sanitaires anglais parent au plus urgent. Dès le mois de décembre 1988, ils interdisaient déjà, à tout hasard, la consommation de lait provenant d'animaux suspects. Aussi bien pour l'alimentation humaine qu'animale. En novembre 1989, ils franchissaient un nouveau pas en interdisant la consommation des abats (cervelle, moelle épinière, thymus, rate, amygdales) provenant de bovins âgés de plus de six mois, malades ou pas malades. En effet, l'agent infectieux se concentre toujours dans ces tissus et, à cet âge, les



bêtes incubent la maladie sans manifester de signes particuliers. Avant que la maladie soit nettement déclarée, rien ne permet donc de savoir si les abats proviennent d'une bête saine ou pas.

Les Allemands, de leur côté, ont tout de suite interdit l'importation de bœuf anglais, cela dès décembre 1989, mais ils sont revenus sur leur décision sous la pression de la Communauté économique européenne (CEE). Six mois plus tard, la France décidait à son tour d'interdire toute importation de viande anglaise, tandis que de nombreuses écoles anglaises retiraient la viande de bœuf de leurs menus. La consommation de viande bovine est en chute libre au Royaume-Uni, n'en déplaise au ministre britannique, qui déclarait à la BBC que les Français étaient "stupides" de mettre l'embargo sur le bœuf anglais. Le 2 juin, l'Italie rejoignait la position française et allemande, ce qui provoqua la réunion en session extraordinaire, à Bruxelles, du conseil



**Premier symptôme : la dégénérescence des neurones** du système nerveux central. Au microscope, le corps d'un neurone d'un animal atteint d'encéphalopathie spongiforme (2), contrairement à celui d'un animal sain (1), apparaît envahi par de grosses vacuoles et son noyau est repoussé à la périphérie de la cellule. Quelques semaines plus tard, suivront les troubles de la locomotion et du comportement consécutifs à ces lésions du cerveau.

des ministres de l'Agriculture de la Communauté européenne. Après deux jours d'un combat politique et économique acharné, les Anglais gagnaient finalement : la France, l'Allemagne et l'Italie acceptaient de lever l'embargo à la condition que les Anglais prennent certaines précautions avec la viande qu'ils exportaient.

Premièrement, « les exportations de viande en carcasse devront être accompagnées d'un certificat attestant que les animaux proviennent d'élevages dans lesquels aucun cas d'EBS n'est apparu depuis 2 ans ». Disons tout de suite que cette mesure est parfaitement illusoire, puisque le temps d'incubation de la maladie varie entre 2 et 5 ans : les troupeaux anglais peuvent donc incuber la maladie sans que l'éleveur ou même les vétérinaires s'en aperçoivent, comme nous le verrons un peu plus loin.

Deuxième mesure : à défaut de certificat, les Anglais n'exporteront leurs viandes qu'une fois déossées et débarrassées des tissus nerveux et lymphatiques (tissus dans lesquels l'agent pathogène se concentre). Donc, la mesure précédente admet par avance les exceptions ! Il n'est donc pas exclu que nous puissions manger de la viande provenant d'élevages contaminés. Or, jusqu'à présent, il n'a pas encore été prouvé que l'agent pathogène ne puisse pas être transmis par le tissu musculaire (la viande) de bœuf malade... Le contraire non plus, d'ailleurs.

La troisième mesure porte sur l'exportation de veaux vivants âgés de moins de six mois. Ils devront avoir un certificat attestant qu'ils sont bien issus d'une vache saine (absence d'EBS). Les veaux devront être abattus en France avant d'atteindre l'âge de six mois, mesure destinée à retirer à la maladie éventuelle le temps de se développer.

Une marque indélébile sur la bête permettra de s'assurer que ce délai n'a pas été dépassé. Donc, rien là ne nous empêche de manger des abats d'animaux anglais de moins de six mois. Cependant, les vétérinaires savent

qu'à cet âge le veau peut parfaitement être infecté, sans manifester de signes particuliers, puisque le temps d'incubation minimal est de deux ans. La preuve en a été faite puisqu'on a déclenché une encéphalopathie chez des souris en leur inoculant un broyat de tissus nerveux prélevés sur de jeunes moutons âgés de 4 mois et ne présentant pas de signes caractéristiques de la maladie.

Bref ! il semble que ces mesures de protection soient essentiellement destinées à calmer les inquiétudes du public, tout en préservant les intérêts économiques et politiques qui sont en jeu.

D'où vient cette étrange épidémie ? Tout d'abord, la maladie appartient à la famille des encéphalopathies spongiformes subaiguës. Or, parmi celles-ci, on trouve trois formes humaines de démence pré-

coce, la maladie du kuru, celle de Creutzfeldt-Jacob et le syndrome de Gertsmann-Strausser. Ensuite comment se transmet-elle ? Peut-elle passer d'une espèce à l'autre ? On croyait avoir une réponse rassurante là-dessus, mais on vient malheureusement de constater pour la première fois qu'une épidémie d'encéphalopathie pouvait atteindre les bovins alors qu'elle restait jusque-là cantonnée aux moutons. Car ce sont les moutons qui ont contaminé les « vaches folles ». Et si la maladie peut ainsi passer d'une espèce à l'autre, pourquoi pas à l'homme ?

Chez le mouton, l'EBS est connue depuis plus de deux siècles sous le nom de « tremblante du mouton » (1). Après la période d'incubation (de deux à cinq ans, rappelons-le), les premiers signes cliniques apparaissent : c'est-à-dire une lésion dégénérative du système nerveux central. Mais aucun signe extérieur ne permet encore de voir clairement que la maladie s'est installée. Seul l'examen au microscope optique des tissus nerveux montre de grosses vacuoles envahissant le corps des neurones du cerveau. Ce dernier est alors clairsemé de trous, prenant ainsi l'aspect d'une éponge (d'où le terme médical de spongiose) (*voir photo p. 83*).

L'éleveur, lui, n'a pas de microscope mais des yeux pour observer le changement de comportement des animaux à partir de ce moment. La vache, comme le mouton, devient craintive. Avec nervosité, elle lance de violents coups de pied quand on l'approche. Elle reste à l'écart du troupeau, gratte le sol et se lèche continuellement le museau. Plus tard, au dernier stade de la maladie, les troubles locomoteurs apparaissent comme autant de signes d'atteintes du système nerveux : la démarche est hésitante accompagnée de trébuchements. Les bovins prennent alors une posture singulière. Les membres postérieurs sont ramenés sous le corps avec la queue relevée. Les vétérinaires comparent ces symptômes à ceux de la rage.

Ce qui est inquiétant, c'est que le responsable de tous les cas d'encéphalopathie spongiforme humaine et animale est le même : c'est un « agent transmissible non conventionnel » (ATNC), comme disent les biologistes. Cette dénomination énigmatique ne dénote que trop clairement leur ignorance. Ce n'est pas un virus et encore moins une bactérie. L'Américain Prusiner le définit comme étant une protéine infectieuse (PrPsc) ressemblant comme deux gouttes d'eau à celles synthétisées par nos cellules (PrPc). Il l'a baptisé « prion » (2) (*voir encadré p. 86*).

Le plus grave, c'est que cet ATNC n'induit aucune réponse immunitaire de l'hôte infecté ! De plus, il résiste aux désinfections chimiques qui tuent la plupart des bactéries et des virus. Ainsi, il peut vivre plus de quatre mois dans une solution formolée de très forte concentration (20 %) et résiste à une température de 121°C pendant une heure !

## La maladie franchit la barrière inter-espèces

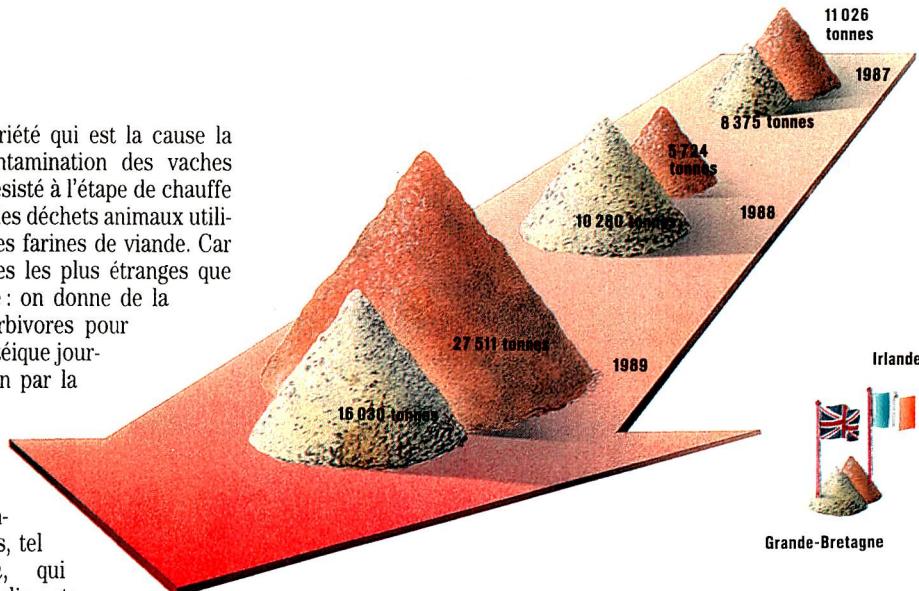
C'est cette dernière propriété qui est la cause la plus probable de la contamination des vaches anglaises. L'agent aurait résisté à l'étape de chauffe qui permet de désinfecter les déchets animaux utilisés dans la préparation des farines de viande. Car c'est l'une des découvertes les plus étranges que nous réserve cette affaire : on donne de la viande à manger aux herbivores pour augmenter leur ration protéique journalière ! Cette désinfection par la chaleur est indispensable car ces os, ces morceaux de viande, ces poudres de sang contiennent de nombreuses bactéries toxiques, tel *Clostridium botulinum*, qui peuvent empoisonner les aliments.

Or, les Anglais auraient diminué la température usuelle de chauffe, lors de la fabrication. Pourquoi ? Parce que moins on chauffe une protéine, mieux elle conserve intacte sa structure moléculaire, donc sa valeur nutritive. Ainsi, en voulant obtenir une meilleure teneur protéique, tout en conservant la qualité microbiologique de l'aliment, les industriels anglais ont laissé sans le savoir le champ libre au mystérieux agent pathogène contaminant ces déchets.

Car ces farines supplémentaires sont fabriquées en partie à l'aide de déchets de moutons. Ces déchets, ce que les gens du métier appellent le "cinquième quartier", c'est tout ce que nous ne mangeons pas. Mais ce qui est grave dans cette histoire, c'est que ce cinquième quartier provient soit des abattoirs — où les animaux sont contrôlés et donc sains —, soit de l'équarrissage où il ne s'agit que d'animaux accidentés ou abattus pour cause de maladie. Ces derniers peuvent être, en toute logique, atteints de la forme ovine de l'encéphalopathie : la tremblante du mouton. La maladie est donc passée, via la farine de viande, de l'espèce ovine à l'espèce bovine (1).

D'ailleurs, la transmission inter-espèces est connue depuis belle lurette. En laboratoire, les chercheurs ont transmis volontairement des encéphalopathies aux singes à partir d'inoculum de cerveau de moutons malades. De la même manière expérimentale, des extraits de cervelle d'hommes décédés d'un creutzfeldt-jacob ont contaminé des chèvres.

Plus récemment, les Anglais ont transmis cette infection à des souris en les nourrissant avec un broyat de cervelle de vache infectée (février 1990). Pendant huit jours, les souris ont consommé plus de la moitié de leur poids en cervelle de vaches mortes d'une EBS. Dix-huit mois plus tard, elles développaient une encéphalopathie spongiforme subaiguë et mouraient.



## Les Anglais nous ont "fourgué" leurs farines contaminées

Au mois d'août 1989, la France a interdit l'importation de farines britanniques pour l'alimentation du bétail. Mais de janvier à juillet 1989, les Anglais et les Irlandais nous ont vendu 21 313 tonnes d'aliments infectés qui ne manqueront pas de contaminer nos bovins et peut-être même nos porcs.

Il était logique que la cervelle soit incriminée en premier, puisque le mystérieux agent pathogène se concentre particulièrement dans les tissus nerveux. Mais qu'en est-il des tissus musculaires dans lesquels le boucher découpe les steaks ? En 1962, deux chercheurs anglais, Pattison et Millson, ont fait là-dessus une expérience relativement inquiétante.

A quatre troupeaux de quatorze chèvres, ils injectèrent soit des extraits de cervelle, soit du liquide céphalo-rachidien, soit des extraits de glandes sur-rénale et salivaire et... enfin, à un dernier troupeau, du tissu musculaire (autrement dit du steak). L'extrait de cerveau entraîna la mort de toutes les chèvres infectées. Le liquide céphalo-rachidien en tua 7 sur 14, tandis que 35 % des chèvres moururent sous l'effet de l'extrait de glande. Enfin, une seule des 14 chèvres infectées avec du tissu musculaire développa la maladie. Certes, cette expérience porte sur un trop petit nombre pour être statistiquement révélatrice. Cependant, on retiendra qu'une chèvre a été contaminée par une injection (sinon une ingestion) de "steak".

Tandis que la maladie s'étend rapidement en Angleterre, et pour le moment chez les seuls bovins, les travaux des chercheurs sont, eux, nécessairement ralentis par la durée de l'incubation de la maladie, bien que l'Américain Prusiner, déjà cité, leur ait été fort utile en fournissant des souris transgéniques capables de développer ladite maladie en moins de cinq mois (voir encadré p. 86).

En attendant, les vétérinaires retracent l'histoire des encéphalopathies (1) partout où elles se présentent, pour essayer de définir les lois qui régis-

# Ni virus ni bactérie : le prion

Définir l'identité biologique de l'agent pathogène responsable des encéphalopathies spongiformes subaiguës humaines ou animales relève du casse-tête chinois. La tremblante du mouton, l'EBS des vaches folles, la maladie de Creutzfeldt-Jacob, celle du kuru et le syndrome de Gerstmann-Sträussler sont autant de maladies provoquées par l'infection d'un même agent pathogène : le prion.

Qu'est-ce que le prion ? Au stade actuel des recherches, les énigmes s'accumulent dans les éprouvettes des chercheurs ! Cependant, l'hypothèse la plus en vogue est celle du biologiste américain Prusiner, qui fut le premier à isoler le prion à partir d'une préparation de cellules de cerveau de hamsters malades, en 1982. Selon lui : « Le prion est une petite particule infectieuse de nature protéique ne contenant pas d'acides nucléiques (si elle en contient ils sont trop petits pour être détectés à l'heure actuelle). Il est constitué en majeure partie d'une forme modifiée anormale (isoforme) d'une protéine cellulaire existant naturellement chez l'animal ou l'homme, la PrPc. » Le prion est donc une protéine que Prusiner a baptisé PrPsc, dénomination anagrammatique de l'anglo-saxon *scrapie small proteinaceous infectious particles*. Comme toute protéine, il est constitué d'un enchaînement d'acides aminés. Ce même type d'enchaînement se retrouve également dans la protéine naturellement synthétisée par nos cellules, la PrPc(-). Cette dernière est localisée principalement dans la membrane des cellules nerveuses ou des lymphocytes mais les chercheurs ne connaissent pas encore son rôle.

Or, les deux protéines : la bonne

(PrPc) et la mauvaise (PrPsc) se ressemblent comme deux jumelles. L'enchaînement de leurs acides aminés est identique. C'est pourquoi l'infection par le prion ne déclenche pas de réponse immunitaire chez l'hôte. En effet, les anticorps ne détectent pas de différence entre la protéine infectieuse et la protéine naturelle. Résultat, l'organisme ne se défend pas en produisant ses anticorps comme il le ferait pour une simple grippe.

En poussant plus en avant ses recherches, Prusiner a découvert ce que les anticorps ignorent : la structure dans l'espace des deux protéines est différente. De plus, alors que la protéine cellulaire est détruite par l'enzyme protéinase K, le prion, lui, résiste à cette épreuve. Une autre différence se révèle également lorsqu'on traite les deux protéines avec un détergent puissant, le dodécyl-sulfonate de sodium (SDS) : le prion précipite sous forme de petits bâtonnets tandis que la protéine cellulaire (PrPc) est solubilisée.

Autant d'expériences qui ont permis de déterminer la famille chimique des deux protéines : ce sont des glycoprotéines. Ce qui signifie que certains acides aminés (asparagine, sérine, thréonine, hydroxylysine ou hydroxyproline) sont liés à des radicaux sucrés, les glycanes, eux-mêmes constitués d'un assortiment de neuf molécules de sucre comme glucose, mannose, arabinose, xylose... Pour les puristes, cette glycoprotéine est en fait une sia-logylo-glycoprotéine, car les radicaux sucrés hébergent également une molécule d'acide sialique. Mais autant de précisions n'expliquent toujours pas le mécanisme d'apparition de la maladie.

Les chercheurs constatent seule-

## DANS UNE CELLULE NORMALE

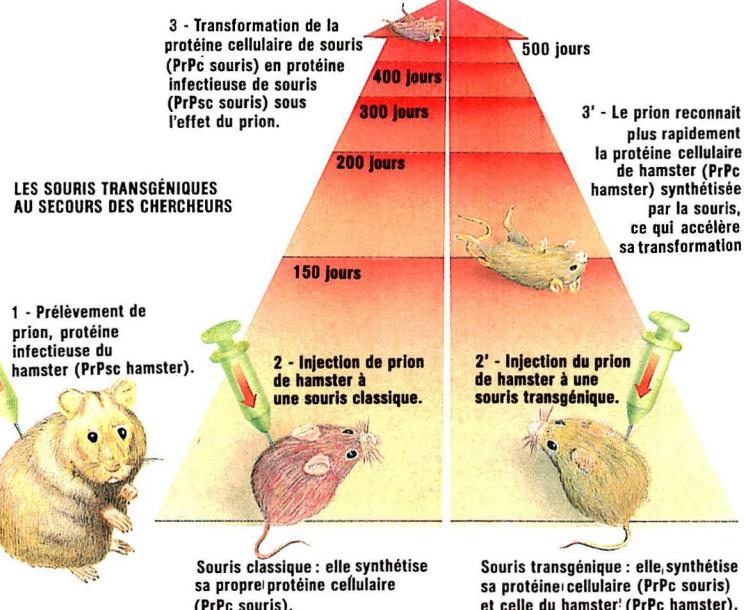
1 - La double hélice d'ADN est transformée en ARNm par une enzyme : la transcriptase.

2 - L'ARNm passe du noyau dans le cytoplasme...

3 - ... où interviennent l'ARN ribosomique et l'ARN de transfert.

4 - L'ARNr déchiffre le message contenu dans l'ARNm et commande à l'ARNt la capture progressive des acides aminés, éparpillés dans le cytoplasme.

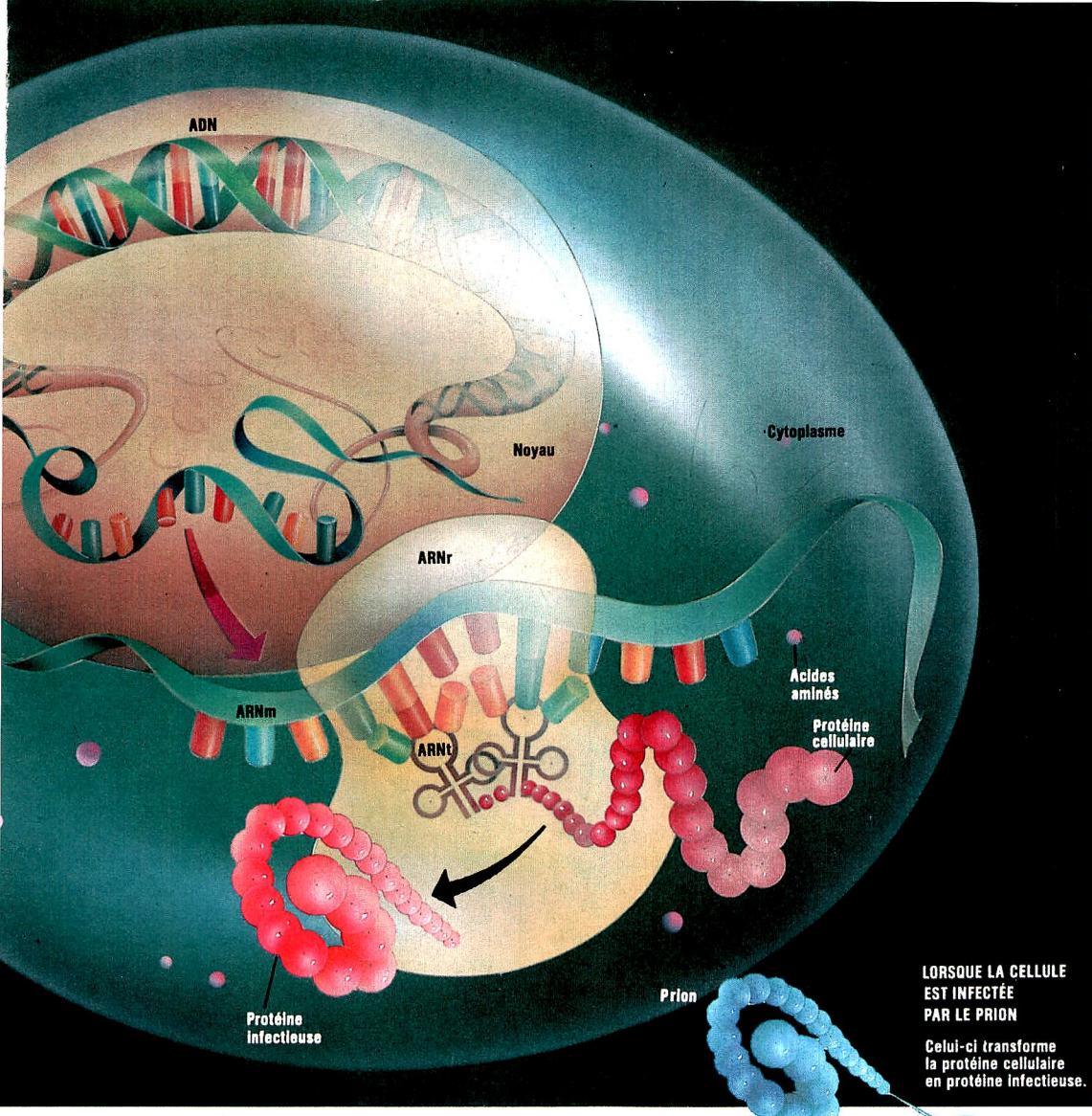
5 - La protéine est constituée par cette chaîne d'acides aminés.



ment l'apparition des encéphalopathies lorsque la concentration de prion augmente dans les cellules nerveuses du cerveau, ce qui tendrait à prouver que le prion se reproduit. Comment ? On ne se reproduit pas sans acide nucléique, que l'on soit bactérie, moustique ou baleine, il faut qu'un ADN programme la synthèse des enzymes et des protéines nécessaires à la production de tissu. Même les virus, microbes rudimentaires, contiennent soit un ADN, soit un ARN. Même les viroides, minuscules virus qui attaquent les plantes. Chez le prion rien !

L'équipe de Prusiner contourne cette impasse biologique en postulant une nouvelle hypothèse : le prion pénétrant dans la cellule nerveuse induit la transformation de la protéine cellulaire (PrPc) en protéine infectieuse (PrPsc). Cela d'autant plus facilement que la formule chimique des deux protéines (enchaînement d'acides ami-

Souris classique : elle synthétise sa propre protéine cellulaire (PrPc souris) et celle du hamster (PrPc hamster).



nés) sont proches.

En décembre dernier, l'équipe de Prusiner confirme son hypothèse par une expérience de laboratoire (**dessin ci-contre**). Deux lots de souris sont contaminées par une injection d'extrait de prion (PrP<sub>c</sub> hamster) issu du cerveau de hamsters malades. Le premier lot rassemble des souris transgéniques qui contiennent donc dans leurs chromosomes le gène (PrP<sub>c</sub>) du hamster contrôlant la fabrication de la protéine du même nom (la protéine cellulaire du hamster). Ces souris synthétisent alors aussi bien la protéine cellulaire du hamster (PrP<sub>c</sub> hamster) que leur propre protéine cellulaire.

Le deuxième lot est constitué de souris "classiques" infectées, elles aussi, par des prions de hamster.

Cent cinquante jours plus tard, les souris transgéniques développent une encéphalopathie spongiforme. Les souris classiques, elles, meurent au

bout de cinq cents jours. Le prion de hamster trouvant dans les souris transgéniques des protéines cellulaires qui lui ressemblent, son "pouvoir de transformation" (PrP<sub>c</sub> → PrP<sub>sc</sub>) a donc été amplifié. Prusiner conclut que la barrière de transmissibilité entre espèces (de vache à homme, par exemple) dépend principalement de la différence d'acides aminés entre le prion et la protéine cellulaire de la cellule hôte.

Ainsi, dans le cas où le prion de la vache serait similaire à la protéine cellulaire de l'homme, les risques de contamination pourraient être confirmés... Pour l'instant, les chercheurs connaissent essentiellement la PrP<sub>c</sub> humaine qui est formée d'un enchaînement de 253 acides aminés... ils tentent de déterminer la formule de la protéine cellulaire de la vache.

Cette dernière s'accumule ainsi dans les cellules. De plus, par un

effet de *feed-back*, la production de ces protéines infectieuses favorise la transformation de nouvelles protéines cellulaires. Bref, au-delà d'un certain seuil de concentration, les premiers symptômes de la maladie apparaissent, tandis que les cellules nerveuses dégénèrent. L'infection s'effectue...

(1) Rappelons que toute protéine a pour point de départ un acide nucléique qui porte son plan de fabrication.

(2) Les glycoprotéines se retrouvent dans le plasma humain et constituent la structure moléculaire de nombreuses hormones comme la FSH qui contrôle l'activité des follicules chez la femme ou la TSH contrôlant l'activité thyroïdienne.

sent la transmission. C'est ainsi qu'ils ont constaté en vrac qu'un cas d'encéphalopathie a été signalé dans un zoo chez un tigre, ainsi que, tout récemment, deux cas chez des antilopes oryx. Les ruminants sauvages ne sont pas épargnés. Les chevreuils, les daims, les élans et les antilopes peuvent mourir d'une maladie très voisine : la maladie du "dépérissement chronique". On rapporte

également que deux chats auraient été contaminés après avoir mangé de la viande de bœuf infectée. Un an avant l'apparition officielle de la maladie en Angleterre (1985), des visons d'élevage américains sont morts d'encéphalopathie. Ils consommaient essentiellement des carcasses de bœuf. On a d'ailleurs pu provoquer la maladie chez des veaux qu'on a infectés avec une injection intracérébrale d'extraits de ces visons morts. Une nouvelle preuve, s'il en fallait une, de la transmission entre espèces, et plus particulièrement d'un ruminant à un carnivore. Mais toujours par l'infection intracérébrale et non par l'ingestion, ce qui est heureusement plus qu'une nuance.

Qu'en est-il de l'homme ? On a constaté que la maladie de Creutzfeldt-Jacob avait été transmise accidentellement d'un homme à un autre par l'intermédiaire d'électrodes mal désinfectées dans un hôpital. Quant à la maladie du kuru, encéphalopathie très voisine, sa transmission fut prouvée chez une tribu cannibale de Nouvelle-Guinée, les Forés, qui mangent leurs morts. L'étude épidémiologique réalisée à l'époque par le neurologue américain Carlson Gajdusek lui valut d'ailleurs le prix Nobel de physiologie et de médecine, en 1977. Mais l'ingestion de la chair contaminée du mort par ses descendants n'est pas la seule voie de transmission. Chez les Forés, ce sont les femmes qui se chargent de dépecer les morts selon un rite très précis ; les os sont soigneusement pelés de tous les tendons et de tous les cartilages, le crâne est vidé de son cerveau. L'agent pathogène peut peut-être alors pénétrer par les coupures et les excoriations de la peau. La disparition du cannibalisme dans les années cinquante provoqua la chute des cas de kuru (de 200 cas en 1957 à 25 cas en 1975).

Si l'historique de la transmission d'homme à homme fournit de nombreux exemples probants, la contamination de l'animal à l'homme n'a jamais pu être établie avec certitude. En France, une enquête épidémiologique visant à établir la relation entre les cas humains de creutzfeldt-jacob<sup>1</sup> et les dépar-

Coups de téléphone aux vétérinaires spécialistes de la tremblante, mise au point de méthodes de contrôle sanitaire de la matière première utilisée pour la fabrication de médicaments, l'industrie pharmaceutique française prend l'affaire de l'EBS au sérieux. Pourquoi ? De nombreux médicaments à usages, vétérinaires et humains sont préparés à partir d'extraits de cerveaux et de moelles épinières bovines. Organes dans lesquels le prion se concentre particulièrement à la fin de la période d'incubation de l'encéphalopathie spongiforme subaiguë.

Une liste exhaustive des médica-

ments serait trop longue à fournir dans nos pages, la pharmacopée internationale en regorge.

On peut citer à titre d'exemple, l'Anasthene, un soluté buvable prescrit pour le traitement des asthénies fonctionnelles. Ce médicament est préparé à l'aide d'extraits secs de substance cérébrale et de moelle épinière de bovin, auxquelles on ajoute du glycérophosphate de sodium, de potassium, de magnésium, et de manganèse. D'autres médicaments tels l'Humegon, l'Inductor ou la lodorganine sont composés de matières premières prélevées sur l'hypophyse des bœufs, cette petite glande logée à l'in-

ments touchés par la tremblante du mouton n'a rien donné. En revanche, les bergers italiens sont particulièrement touchés par la maladie. Bref, l'hypothèse de l'origine animale des encéphalopathies humaines demande encore une confirmation. La maladie ne manquera vraisemblablement pas d'être signalée en France où elle a dû apparaître ça et là sans être remarquée. Pourquoi ? Tout simplement parce que les mêmes causes produisent les mêmes effets. Nos vaches aussi mangent des déchets de mouton dans leurs aliments composés.

Le 13 août 1989, un décret paraissait bien au *Journal officiel*, interdisant l'importation de farine anglaise pour l'alimentation des ruminants. Mais c'était trop tard : les Britanniques, qui, à l'époque, soupçonnaient la contamination de leurs farines, avaient déjà exporté 8 574 tonnes en France en l'espace de six mois (*voir dessin p. 85*) entre janvier et juillet 1989. La trace du poison s'est perdue dans les 450 000 tonnes de farines annuellement consommées par les élevages français. Avait-on besoin d'importer cette marchandise alors que la France est autosuffisante et que nos industriels exportent même 100 000 tonnes de farines chaque année ? Non, mais les prix pratiqués l'année dernière par les exportateurs anglais défiaient toute concurrence. C'est d'ailleurs ce détail qui a mis la puce à l'oreille du président du syndicat des protéines et des corps gras animaux, qui avisa aussitôt le ministère de l'Agriculture de ce dumping suspect. Sans succès, malheureusement. Conséquence, et compte tenu du temps d'incubation, les éleveurs français devront attendre 1992 pour savoir si leurs vaches ont été contaminées par la farine anglaise. A moins

(1) *Scrapie* en anglais.

(2) Voir *Science & Vie* n° 810, mars 1985, p. 48.

(3) Voir *Science & Vie* n° 864, septembre 1989, p. 80.

(4) "L'encéphalopathie spongiforme bovine" Jacqueline Chatelain (hôpital Saint-Louis, Paris) et Jeanne Brugère-Picoux (professeur de pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour à l'Ecole nationale vétérinaire de Maisons-Alfort). Communication publiée dans le *Bulletin de la Société vétérinaire de France* (décembre 1989).

## CONTAMINER LES MÉDICAMENTS ?

térieur de la face inférieure de la cavité crânienne.

Les industries pharmaceutiques ajustent donc aujourd'hui une nouvelle méthode de contrôle de salubrité des cervelles achetées par leurs usines. Avant d'en extraire les substances chimiques médicamenteuses, ces organes seront préalablement testés sur des souris. Une injection d'homogénat de cervelle permettra de dépister la présence du prion : les souris, dans ce cas, développant une encéphalopathie au bout de deux mois.

Les industriels craignent de reproduire la contamination accidentelle réalisée, il y a quelques années sur des

moutons. On avait alors transmis l'agent infectieux par le biais d'un vaccin utilisé pour prévenir l'infection par le virus du Louping-ill. Ce vaccin avait été préparé à partir de cervelles de brebis malades mais ne présentant pas encore de signes cliniques. Les pharmaciens envisagent donc d'élever leur propres cheptels bovins pour maîtriser, à coup sûr, la qualité de leurs produits qui sont, pour l'instant, tous issus d'élevages européens. Rappelons que la tremblante du mouton n'est toujours pas soumise à déclaration obligatoire, et encore moins l'EBS puisqu'aucun cas n'est officiellement apparu.

que la maladie ne s'installe plus directement en France par le biais de l'importation de géniteurs anglais. En effet, les vétérinaires britanniques soupçonnent maintenant qu'une transmission de la vache à son veau soit possible. Le ministère britannique de l'Agriculture prépare d'ailleurs une directive conseillant aux éleveurs d'éviter la reproduction de bovins malades. A l'heure actuelle, les scientifiques anglais étudient deux troupeaux de 330 vaches : les unes sont issues de mères contaminées, les autres de mères saines.

Au total, l'Angleterre consacre 12,4 millions de livres à l'étude de cette maladie, qui n'a pas fini de faire parler d'elle.

En France, des moutons meurent régulièrement de tremblante dans le plus strict anonymat puisque cette maladie n'est pas soumise à déclaration obligatoire. Seuls, les moutons d'un élevage du nord de la France placé sous haute surveillance fournissent des cervelles contaminées aux chercheurs du laboratoire de neurochimie et de communication cellulaires en pathologie humaine de l'hôpital Saint-Louis de Paris. L'élevage rassemble de 5 à 10 % de moutons infectés.

Mais il y a plus inquiétant encore : à l'instar de l'Angleterre, la France incorpore de la viande de moutons malades dans ses farines de viande ! M. Abel, président du syndicat des protéines et des corps gras animaux, nous assure que la technique de fabrication française est différente de celle des Anglais : « Les Français broient la marchandise avant de la traiter, et ils chauffent à 140°C pendant deux heures » (le prion est détruit au-delà d'une heure à 121°C). De plus, poursuit-il : « Les déchets sont dégraissés en traitant le broyat à l'hexane, ce qui revient à stériliser chimiquement une deuxième fois notre produit. Il y a quelques années, les Anglais dégraissaient leurs farines en utilisant du trichloréthylène, mais ils ont abandonné ce procédé car ce solvant est cancérogène. » Des révélations certes rassurantes. Mais pour être réellement tranquillisés, il nous faudrait croire que toutes les entrepri-

ses françaises d'aliments pour le bétail se soumettent à la pratique décrite ci-dessus, qui n'a aucunement le caractère d'une obligation ! Aucun moyen de contrôle ne permet en effet de vérifier si de telles méthodes sont appliquées partout. Et chaque industriel n'a-t-il pas, dans un pays libéral, droit à son secret de fabrication ?

Les plus gros acheteurs de farines effectuent bien des analyses bactériologiques à la sortie d'usine pour savoir si elles ne contiennent pas des salmonelles ou d'autres microorganismes pathogènes. Mais cela ne nous avance guère, car aucune méthode d'analyse ne permet à l'heure actuelle le dépistage du mystérieux agent responsable des encéphalopathies. Pour se consoler, les éleveurs français peuvent noter que jusqu'à présent seulement 5 % de la production française de farine de viande vont à l'alimentation des ruminants. Et depuis le mois de novembre, le syndicat national de l'alimentation animale « déconseille » l'utilisation de telles farines pour l'alimentation des bovins après que le ministère de l'Agriculture a interdit (trop tard, comme on l'a vu) l'importation des farines anglaises. En revanche, les porcs sont toujours nourris avec de telles farines ! Ce qui, en dehors des circonstances actuelles, paraît tout de même plus normal, le porc étant un monogastrique omnivore et non un ruminant herbivore. Mais ce qui n'en est pas moins une folie dans les circonstances actuelles ! Car, compte tenu de la transmission interespèces, on ne voit pas pourquoi les porcs seraient à l'abri de la maladie, même si aucun cas n'a encore été signalé.

Les industriels de l'alimentation animale ne semblent pas montrer pour le moment de signes d'inquiétude. Ce qui n'est pas le cas de leurs confrères de la pharmacie. De nombreux médicaments destinés à l'homme sont, en effet, préparés au moyen d'extraits de cervelle de bovins (*voir encadré ci-dessus*).

En attendant, l'EBS apparaît en Irlande, en Ecosse, dans l'île de Jersey ainsi que dans le sultanat d'Oman qui aurait importé les vaches d'Angleterre. En France, si, cà et là, quelques vaches sont atteintes d'EBS, comment l'apprendrons-nous ? Les éleveurs abattent déjà clandestinement leurs moutons contaminés. Pourquoi pas leurs vaches ?

### Des médicaments aux extraits de cervelle de bovin

Didier Dubrana

# LE MYTHE DU CANON IRAKIEN

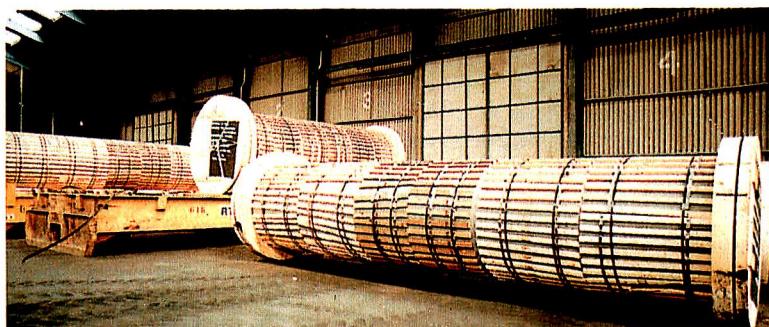
*Les douaniers anglais ont saisi récemment huit tubes d'acier de gros diamètre destinés en principe aux raffineries irakiennes, mais dont on pourrait peut-être faire un obusier géant. C'est le début d'un super-feuilleton à épisodes pour canon fantôme dont on va retrouver des pièces jusqu'en Grèce.*





### Canon ou pipeline ?

Ce tube poli est l'un des huit éléments saisis par la douane anglaise ; soigneusement bâchés dans les entrepôts de Teesport, ils sont soupçonnés d'être les sections d'un super-canon irakien bien que leur fiche d'expédition les destine à l'industrie pétrolière.



**T**el qu'il a été décrit par les médias, le canon de Saddam Hussein, le président irakien, serait vraiment la bombarde du siècle : 150 m de long (la moitié de la tour Eiffel), 700 km de portée pour des obus atomiques ayant 1 m de diamètre. Bien sûr, les artilleurs ont émis quelques doutes et le monstre s'est assagi au fil des semaines : le tube est retombé comme un soufflé pour ne plus faire que 40 m, mais la portée dépasserait encore les 100 km, ce qui touchois reste chose possible.

En revanche, ce qui est fort difficile dans cette affaire, c'est de séparer ce qui est réaliste, ce qui est seulement vraisemblable et ce qui relève des hypothèses très hasardeuses. En fait, tout commence le 18 février par un article d'un journal italien qui affirme que l'Irak va acquérir un canon à très grande portée fourni par la SRC de Gerald Bull.

Le 22 mars, celui-ci est abattu (par les Israéliens dit-on) à Bruxelles de deux balles de 7,65 mm devant l'entrée de son appartement. Le 10 avril, avertie, paraît-il, par des agents israéliens, la douane britannique saisit huit tubes de 5,20 m au diamètre interne de 1 m et dont l'épaisseur va de 30 cm pour les plus gros à 20 cm pour les plus minces. Fabriqués par la Sheffield Forgemasters, ils sont alésés avec une tolérance du dixième de mm — ce qui est fort bon pour un diamètre de 1 000 mm — et seraient en mesure de résister à des pressions doubles de celles qui sont courantes aujourd'hui pour les canons de char.

Le fabricant et les Irakiens affirment que ces tubes sont destinés à l'industrie pétrolière — il y en a déjà eu 44 de livrés — et plus spécialement à la synthèse de matières plastiques. Les douaniers anglais disent, eux, que ces sections montées bout à bout feront le tube d'un canon géant et la marchandise est consignée dans les docks de Teesport. Il manque encore l'affût, les éléments de liaison entre le tube et cet affût, la culasse et les instruments de pointage. Curieusement, on va retrouver des pièces de ce genre un peu partout : en Italie, en Grèce, en Turquie et même en Allemagne. Le morceau saisi en



Grèce pourrait effectivement être un support de liaison entre tube et affût ; les pièces prises en Allemagne ressemblent à s'y méprendre aux vérins de bulldozer ou d'excavatrices, mais ils pourraient tout aussi bien servir de leviers et d'amortisseurs de recul à un canon géant.

En pratique, il est quasiment impossible de faire la différence entre le berceau coulissant d'un grand obusier et celui d'une presse à estamper des bâts de grue. C'est dire que les clichés fournis à la presse ne permettent pas de se faire la moindre idée sur la destination réelle des nombreux éléments saisis en douane. La taille et l'épaisseur des tubes n'ont pas du tout étonné les spécialistes de la pétrochimie ; en revanche, les experts de l'armement doutent qu'on puisse faire un canon en raccordant bout à bout plusieurs tubes liés par des collerettes ceinturées de boulons. Un seul homme, Gerald Bull, aurait pu en dire beaucoup plus parce qu'il était le grand maître d'un domaine qui n'intéresse plus guère l'armée depuis l'arrivée des fusées, celui des canons à longue portée. Mais, nous l'avons dit, il a été assassiné en mars. Comme il est tout de même à la base du super-canon irakien, il est intéressant de se pencher sur sa vie, et surtout sur ses records en matière d'artillerie.

Né en 1928 au Canada, Gerald Bull est à 20 ans docteur ès sciences mathématiques ; en 1952, il est officier d'artillerie dans l'armée canadienne et, depuis lors, son vrai centre d'intérêt reste le canon à très longue portée. Il s'est passionné pour Jules Verne et son fabuleux canon qui envoie un obus de la Terre à la Lune, puis, de manière plus réaliste, pour le canon allemand qui, en 1918, tire à plus de 120 km. Ce dernier mérite d'ailleurs qu'on s'y arrête un peu, car il est en quelque sorte l'ancêtre du super-canon irakien.

En fait, dès 1909, le commandant Charbonnier montrait qu'avec un vitesse initiale de 1 500 m/s (obtenue avec un tube capable de résister à 4 000 bars) on pouvait lancer un obus de 100 kg à 125 km. L'idée n'eut aucun succès chez nous ; les Alle-

mands, au contraire, lui accordèrent toute leur attention. Le 24 mars 1918, trois obus tombèrent sur Paris, ce qui fit croire à une percée allemande spectaculaire puisque les tirs d'artillerie se faisaient en général à 30 ou 40 km de distance.

C'était d'ailleurs là le but psychologique recherché, car la pièce était en réalité près de Laon et donc à 123 km de Paris. Il s'agissait d'un canon exceptionnel dont le nom officiel était *Ferngeschütz* ou, parfois, *Pariser Geschütz* (canon parisien) — le terme de *Grosse Bertha* est parfois employé à tort : il s'agissait d'un obusier lourd dont la portée ne dépassait pas les 20 km, mais à l'époque on crut effectivement que les Allemands étaient tout près de Paris.

Le canon à longue portée fit 256 morts à Paris, dont 91 le jour où l'obus tomba dans l'église Saint-Gervais. Cette pièce d'artillerie exceptionnelle était faite à partir d'un canon de marine de calibre 380 mm dans lequel une chemise intérieure rameutait le calibre à 210 mm. Sa longueur était de 160 fois le calibre, valeur extrême — la norme est de 40 à 50 fois —, ce qui donnait un tube de 34 m.

Le canon lui-même pesait 200 tonnes (le diamètre extérieur à hauteur de la chambre contenant la charge atteignait 1 m) et l'ensemble, pièce, affût et accessoires, atteignait le poids énorme de 750 tonnes. Il reposait sur une puissante plate-forme bétonnée, en partie enterrée. La longueur du tube était telle qu'il avait tendance à se courber sous son poids, aussi était-il soutenu par des haubans comme le tablier d'un pont suspendu.

Les obus, dont le calibre passait progressivement de 210 à 235 mm pour tenir compte de l'usure de la chemise et qui pesaient de 100 à 115 kg, étaient munis d'une ogive très effilée pour améliorer le trajet dans l'air. La charge était de 150 kg de poudre tubulaire dont chaque élément avait le diamètre d'une forte canne et sa vitesse initiale était de l'ordre de 1 600 m/s. C'est là une vitesse exceptionnelle qui, même aujourd'hui, n'est atteinte que par les obus flèches.

Mais cette vitesse donnait à la trajectoire une flèche en hauteur de 30 à 40 km et l'obus parcourait donc la majeure partie de son trajet dans la stratosphère où la résistance de l'air est colossalement réduite. C'est grâce à cette réduction que la portée pouvait atteindre 125 km — s'il n'y avait pas eu la résistance de l'air à basse altitude, avec une vitesse de 1 600 m/s l'obus serait retombé à 256 km ; de même, dans le vide, une balle de pistolet irait à 12 km et une balle de fusil à 64 km.

Le long trajet suivi par l'obus allemand se faisait en trois minutes et demie, dont deux minutes dans la stratosphère. Il y eut trois pièces mises en bataille : l'une près de Laon, l'autre à Ham et la dernière à Fère-en-Tardenois ; le dernier tir eut lieu le 9 août 1918, mais de toute façon les canons avaient été

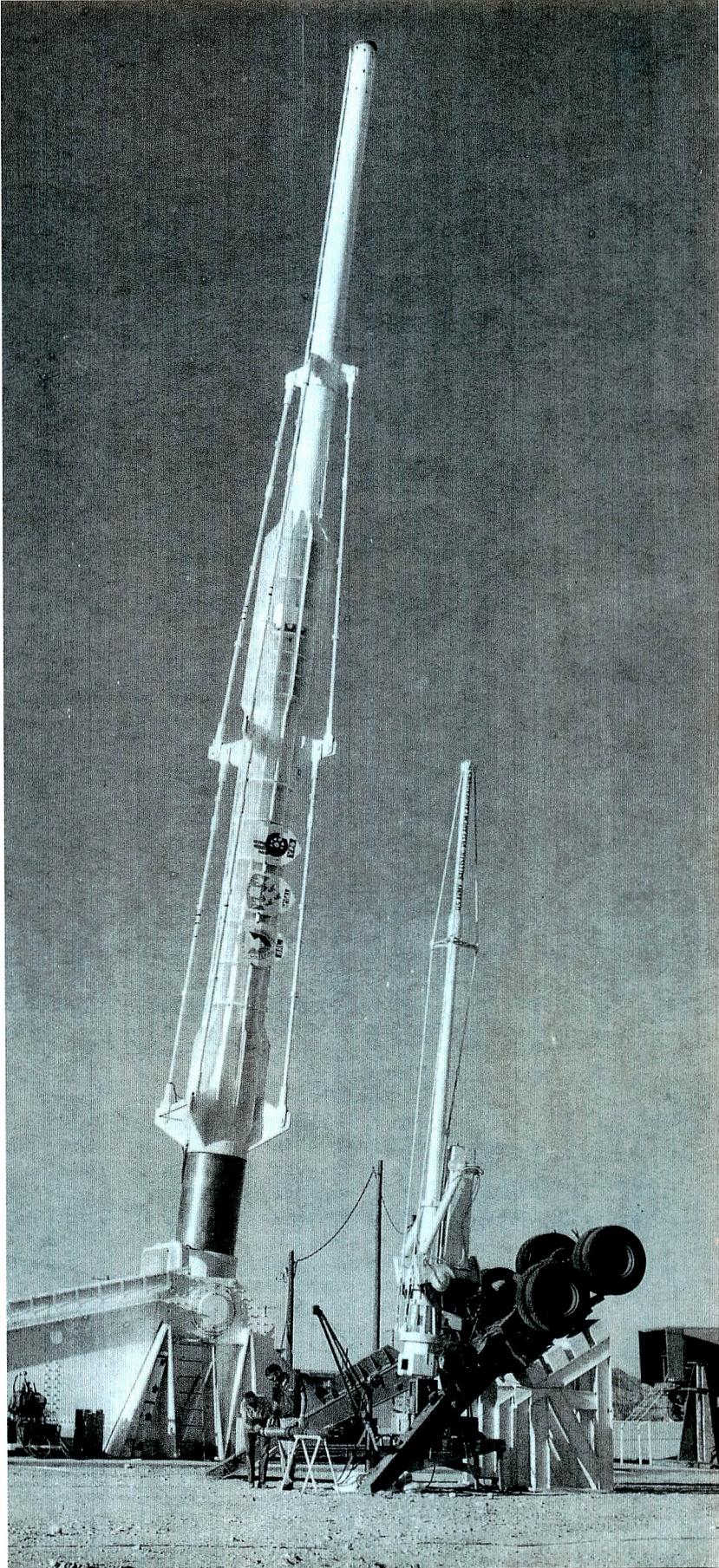
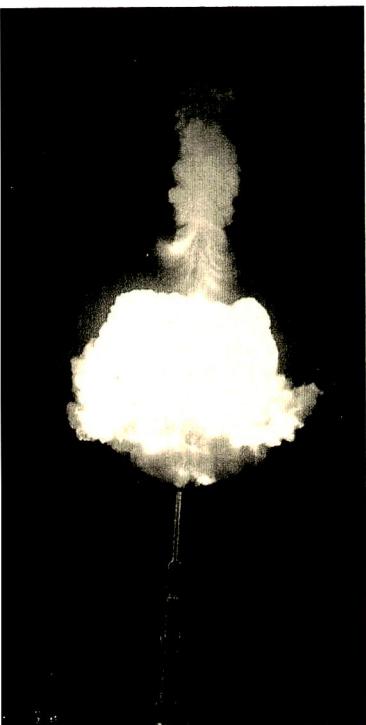
repérés et se trouvaient sous le feu de notre artillerie lourde sur voie ferrée et à portée de nos avions.

Vers la mi-août, les pièces furent démontées et rapatriées en Allemagne. Nul ne sait ce qu'il en advint ensuite ; chose curieuse, après la guerre, nos commissions de contrôle ne trouvèrent nulle part la moindre trace des Pariser Geschütz. Par la suite, l'invention du bombardement aérien fit négliger l'obus et, durant la Seconde Guerre mondiale, seule l'URSS fit encore un usage intensif de l'artillerie.

Après 1945, la mise au point des fusées et des roquettes mit pratiquement un terme aux recherches sur les canons à longue portée. C'est Gerald Bull qui allait les sor-

### Record de portée en altitude

— 180 km — pour le canon géant de Gerald Bull. Il tirait des obus sous-calibrés semblables aux obus flèches des chars modernes : le projectile empenné (**page ci-contre**) est centré dans le tube lisse grâce à un sabot constitué de quatre pièces latérales et d'un fond très résistant mais léger.



tir de l'oubli, dès 1960 ; brillant ingénieur, grand spécialiste de l'artillerie, il réussit à intéresser les militaires américains et canadiens à son idée d'un super-canon.

Le projet recevra le nom de *High Altitude Research Project*, ou HARP ; il sera soutenu, pour le côté scientifique, par l'université canadienne McGill de Montréal. Pour les essais, un site est trouvé à l'île de La Barbade, dans les Antilles, à environ 500 km au sud de la Martinique ; le gouvernement de cette île se montrera d'ailleurs très coopératif en fournissant les hommes, les machines et les infrastructures nécessaires à cette opération.

Comme les Allemands en 1918, dont il connaît les réalisations, Bull part d'un canon de marine de 400 mm fourni par l'US Navy ; le tube long de 20 m — 50 fois le calibre — sera réalisé à 416 mm pour être complètement lisse, les calculs ayant montré que pour atteindre les très hautes vitesses retenues il fallait recourir au projectile sous-calibré mis dans un sabot, exactement comme les obus flèches que tirent les chars actuels.

L'installation prendra près de deux ans, mais en 1962 les premiers obus sont tirés verticalement à 75 km de hauteur — lancés sous un angle voisin de 35°, la portée horizontale aurait été d'une centaine de kilomètres. La réussite de ces premiers tirs amène une contribution accrue des Américains et des Canadiens, d'autant plus que Gerald Bull a calculé qu'il pourrait envoyer une charge de 225 kg à 100 km de haut et une charge de 90 kg à plus de 170 km.

Pendant plusieurs années encore on teste à La Barbade quantité d'obus qui diffèrent par leur profil, leur coefficient balistique, leur masse ou leur densité transversale (la masse divisée par la section). Et puis, le 19 novembre 1966, devant une assemblée de chercheurs, d'ingénieurs et de stratèges tant canadiens qu'américains, le super-canon de Bull tonna dans le ciel bleu des Antilles et l'obus de 84 kg monta à 180 km d'altitude.

Ce record n'a jamais été battu depuis. Pour atteindre ce résultat prodigieux — qui correspond à une portée horizontale de l'ordre de 200 km —, Bull avait considérablement modifié son lanceur. Par l'intermédiaire de l'institut d'aérophysique de Toronto, il avait obtenu un second canon de cuirassé

de 400 mm, l'avait réalisé lisse à 416 mm, puis monté au bout du premier canon de façon à avoir un tube de 36,50 m. La vitesse initiale était de l'ordre de 1 800 m/s, ce qui est très proche de la limite pratique (2 000 m/s) que permet un canon à poudre.

En effet, un boulet ne peut aller plus vite que la vitesse d'expansion des gaz de déflagration de la poudre qui vont le pousser à travers le tube — tout

comme un cheval ne peut emporter un cavalier plus vite qu'il ne va lui-même ; or, les lois de la thermodynamique montrent qu'avec les meilleurs composés déflagrants cette vitesse d'expansion ne dépasse pas 3 000 m/s.

Mais il s'agit là d'une limite théorique pour un gaz se détendant tout seul sans rien à propulser ; des questions de rendement, de frottements, de transfert de l'énergie de combustion à l'accélération d'une masse (celle du projectile), de pertes thermiques et autres font que la limite pratique est, nous l'avons dit, de l'ordre de 2 000 m/s.

On conçoit donc facilement pourquoi personne n'a cherché à battre le record de Bull : celui-ci était proche des limites et il aurait fallu dépenser une fortune pour faire seulement 3 ou 4 % de mieux. Son exploit lui vaut toutefois des crédits immenses, et la nationalité américaine obtenue en quelques semaines. Cela lui permet de créer une société, la Space Research Corporation, et d'acquérir à la frontière du Québec et du Vermont un domaine de 4 000 ha qu'il transforme en centre d'essais.

Là, il travaille surtout à l'amélioration de l'artillerie conventionnelle et à la vente de ses produits. Mais, à partir de 1978, les commandes venues des Américains ou de leurs alliés se raréfient ; Bull se tourne alors vers de nouveaux clients et met au point un canon de 155 mm très performant, le G-5, qui sera surtout utilisé par les Sud-Africains.

C'est à partir de là que les ennuis vont commencer : en 1980, Bull est condamné à quatre mois de prison ferme pour avoir fourni du matériel de guerre à l'Afrique du Sud, pays alors sous embargo. Il ne s'en remettra jamais vraiment et, dès sa sortie de prison, il transfère sa société en Belgique ; il traite alors principalement avec les pays du golfe Persique, l'Iran et surtout plus tard l'Irak où il est très bien introduit.

Nous laisserons de côté tout l'aspect "marchand de canons" — pourtant très réel avec ses implications politiques, financières ou diplomatiques — pour ne regarder que l'aspect technique du "super-canon irakien" tel qu'il a été présenté. Et d'abord, quel serait l'intérêt d'un canon pour une armée qui possède déjà des missiles à longue portée ? La réponse, là, est simple : parce que l'obus retombant de la stratosphère échappe totalement aux missiles antimissiles.

Reste toutefois à fabriquer le canon à longue portée ; au départ, lorsque furent saisis en Angleterre les "tubes de pipe-line", on parla d'un canon de 50 m de long capable de tirer des obus atomiques de plusieurs tonnes à 700 km de distance. C'est chose tout à fait impossible pour une pièce d'artillerie conventionnelle, aussi gigantesque soit-elle.

En effet, la portée maximale d'un projectile est liée à sa vitesse initiale par les lois de la dynamique. S'il n'y avait pas d'atmosphère sur Terre, il faudrait

**En 1914,  
le Pariser Geschütz  
tirait déjà à 123 km**

une vitesse de 2 645 m/s pour aller à 700 km ; on est déjà très au-delà de la vitesse limite pratique qui est de 2 000 m/s. En réalité, la résistance de l'air est bien là, et elle réduit en gros de moitié la portée théorique dans le vide : avec 2 645 m/s, l'obus ne dépasserait pas 350 km.

Pour atteindre 700 km, il faudrait une vitesse initiale de 3 740 m/s, laquelle est de 25 % supérieure aux limites théoriques de la thermodynamique. L'idée d'un canon classique tirant à 700 km est donc contraire aux lois les mieux établies de la physique, et nous n'insisterons pas. Le record établi par Bull en 1966 montre d'ailleurs que la limite de portée se situe autour de 200 km avec des projectiles ne dépassant pas une centaine de kilos — on est loin de l'obus atomique de plusieurs tonnes.

Reste que le projet de Bull pouvait fort bien n'être pas classique ; il y a alors deux voies possibles, toutes deux fort bien expérimentées : le lanceur à double action ou l'obus-fusée. Dans le premier cas, la poudre lance un piston qui à son tour comprime un gaz léger dont la vitesse de détente dépasse de loin celle des gaz de combustion d'une poudre à canon. Avec ces lanceurs à hélium, on obtient des vitesses initiales de l'ordre de 8 000 m/s, mais avec des projectiles ne dépassant pas quelques centaines de grammes.

Le projectile autopropulsé est simple dans son principe : l'obus contient du carburant et un moteur fusée qui est allumé dès la sortie du canon ; il s'agit en quelque sorte d'un missile lancé. Il y a donc une phase balistique pendant laquelle le projectile est accéléré comme une balle de fusil, puis une phase propulsée durant laquelle il acquiert encore de la vitesse grâce à son moteur fusée. La portée est considérablement relevée par rapport à l'obus standard, mais la charge utile est diminuée d'autant puisqu'il faut faire de la place au carburant et à la tuyère de combustion.

Bull avait étudié ce type de projectile, et c'est celui qui cadrerait le mieux avec le diamètre imposant — 1 m — des sections de tube saisies ; d'un autre côté, ces missiles lancés par canon n'offraient pas vraiment d'avantage décisif sur les missiles classiques montés sur rampe et, du moins officiellement, aucune armée ne les a adoptés.

Reste l'hypothèse, avancée par l'Anglais John Maddox, d'un canon hybride fait de plusieurs sections boulonnées entre lesquelles auraient été disposées des charges relais. Dans un canon classique, la pression agissant sur la base du projectile baisse au fur et à mesure que celui-ci progresse dans le tube puisque le volume offert à l'expansion des gaz augmente en même temps.

Dans le canon hybride, dès que le projectile a dépassé l'une des sections dont est faite le tube, une charge annulaire est mise à feu et vient compenser la baisse de pression due à l'augmentation

de volume. La vitesse ne serait sans doute pas relevée de beaucoup, car les limites physiques sont toujours les mêmes, mais en revanche l'énergie propulsive serait très augmentée : on n'irait pas plus vite, mais les projectiles pourraient être beaucoup plus lourds.

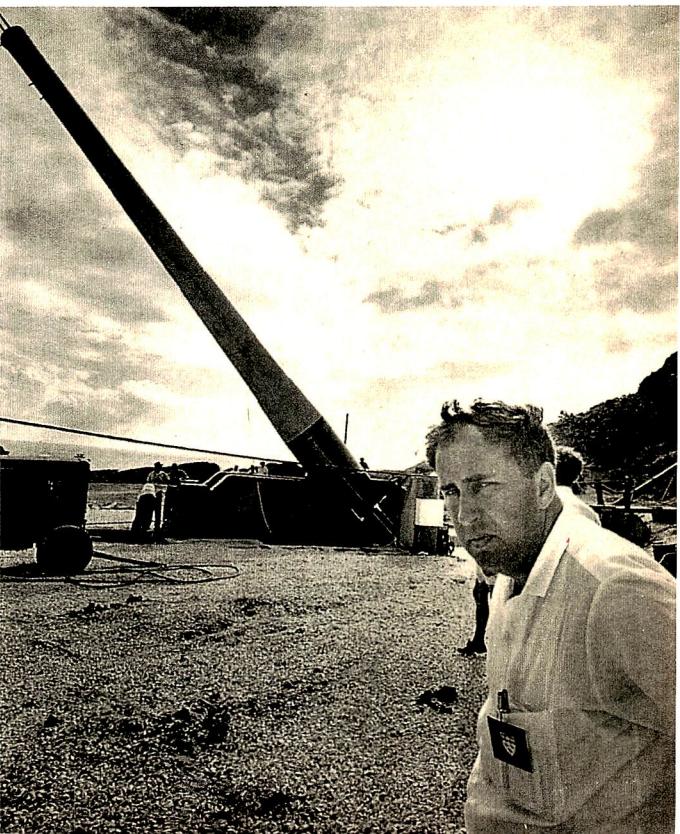
Selon toute vraisemblance, il ne s'agirait quand même pas de projectiles atomiques ; notons d'ailleurs qu'il n'est pas besoin pour cela d'un super-canonical dans les années 1955, avant le développement des missiles guidés, l'armée américaine disposait d'une section d'artillerie très classique dont les obus avaient une charge nucléaire (mais ils dominaient déjà des techniques de miniaturisation qui ne sont pas à la portée de tous).

Le canon irakien, si canon il y a, était plus vraisemblablement destiné à lancer des obus à charge chimique ou bactériologique. On voit mal toutefois l'intérêt de le bâtir à partir de tubes séparés qui, tout compte fait, sont peut-être réellement destinés à l'industrie pétrolière. Il y a bien sûr des gens qui savent, mais ceux-là ne sont pas du genre à parler. Il ne reste donc plus qu'à attendre que les douaniers se mettent d'accord pour réunir les morceaux qu'ils détiennent : s'ils réussissent à en faire un canon, on sera fixé.

Renaud de La Taille

## Est-il le père du super-canonical irakien ?

Grand maître de l'artillerie et ingénieur de génie, le Canadien Gerald Bull a été assassiné en mars dernier, avant de pouvoir donner la moindre précision sur le canon dont on lui attribue la paternité.



# SATELLITES "PAR AVION"

*Avec le système Pegasus, les Américains viennent d'inaugurer un nouveau moyen économique de mettre un satellite sur orbite : emmener une petite fusée porteuse du satellite sous l'aile d'un bombardier B-52 et la larguer en altitude. Plus besoin d'un gros lanceur décollant d'un pas de tir au sol.*

**C**'est le 5 avril dernier qu'a été réalisé, aux Etats-Unis, le premier essai du nouveau lanceur américain de satellites baptisé *Pegasus*, alias ALSB ou *Air-Launched Space Booster*. Essai réussi, et qui marque l'entrée en service du premier lanceur entièrement nouveau développé outre-Atlantique depuis une vingtaine d'années. Il s'agit en effet d'un concept tout à fait original, qui fait appel à une fusée larguée depuis un avion en vol.

Cette fusée à trois étages propulsifs à poudre a été mise au point sur fonds propres par la firme américaine OSC, Orbital Sciences Corporation, en collaboration avec la société Hercules, spécialiste de la propulsion. La fusée est dotée d'une aile delta ainsi que d'un empennage et d'une dérive à l'arrière du premier étage, comme un avion (*photo ci-dessus*). Après largage depuis le porteur, les trois étages à poudre sont mis à feu successivement, jusqu'à la mise en orbite de la charge utile. L'emploi d'une aile et de gouvernes sur le premier étage, qui sont efficaces puisqu'elles fonctionnent dans l'atmosphère, permet d'obtenir une très grande précision dans la mise en trajectoire de l'engin. Lors de l'essai du 5 avril, la fusée *Pegasus* a été larguée à 40 000 pieds d'altitude, soit quelque 13 000 m, et à une vitesse de Mach 0,8, depuis un bombardier B-52 fourni par la NASA. A noter qu'après le largage depuis l'avion-porteur le guidage de *Pegasus* s'effectue de manière entièrement autonome.

L'avantage d'un tel mode de satellisation est évident. *Pegasus* bénéficie, au moment de l'allumage de son propulseur, de l'altitude et de la vitesse de l'avion qui le transporte. Plus besoin, donc, de faire appel aux énormes premiers étages des lanceurs classiques qui décollent à la verticale depuis un pas de tir terrestre. Pesant au total 18,5 tonnes, *Pega-*



*sus* est ainsi capable de satelliser une charge utile de 900 livres (environ 410 kg) en orbite basse, ou de placer des charges de 1 500 livres (près de 700 kg) en trajectoire suborbitale. Dans le cas du premier essai, au mois d'avril, le but recherché était de placer en orbite polaire, à 320 milles nautiques d'altitude (590 km), une charge de 400 livres (180 kg). L'essai s'est révélé tout à fait concluant.

Initialement programmé pour le mois d'août 1989, il a été réalisé avec quelques mois de retard sur le calendrier, la mise au point du système d'emport sur l'avion porteur B-52 semblant avoir pris un peu plus de temps que prévu. Mais le développement lui-même a été remarquable, puisqu'il n'aura fallu que deux ans à Orbital Sciences Corporation pour la conception et la réalisation de la fusée *Pegasus*, dont la première présentation publique a eu lieu en été de l'année dernière. Deux essais sont prévus pour 1990, tous deux financés par la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), qui veut évaluer les possibilités d'utilisation militaire du lanceur.

Le second essai consistera à placer sur orbite sept petits satellites de télécommunication expéri-

mentaux. L'US Air Force, l'armée de l'air américaine, financera ensuite les deux prochains vols. Mais des utilisateurs civils ont également pris date, comme la société américaine Bell Corporation, qui a signé un contrat de lancement pour deux satellites avec Orbital Sciences Corporation, probablement l'année prochaine.

Tous les clients potentiels se montrent intéressés par le faible coût de l'opération : quelque six millions de dollars par lancement, pour les premiers, compte tenu de l'aide apportée par les organismes officiels liés à la défense. Les lancements commerciaux, eux, devraient être facturés autour de sept à huit millions de dollars.

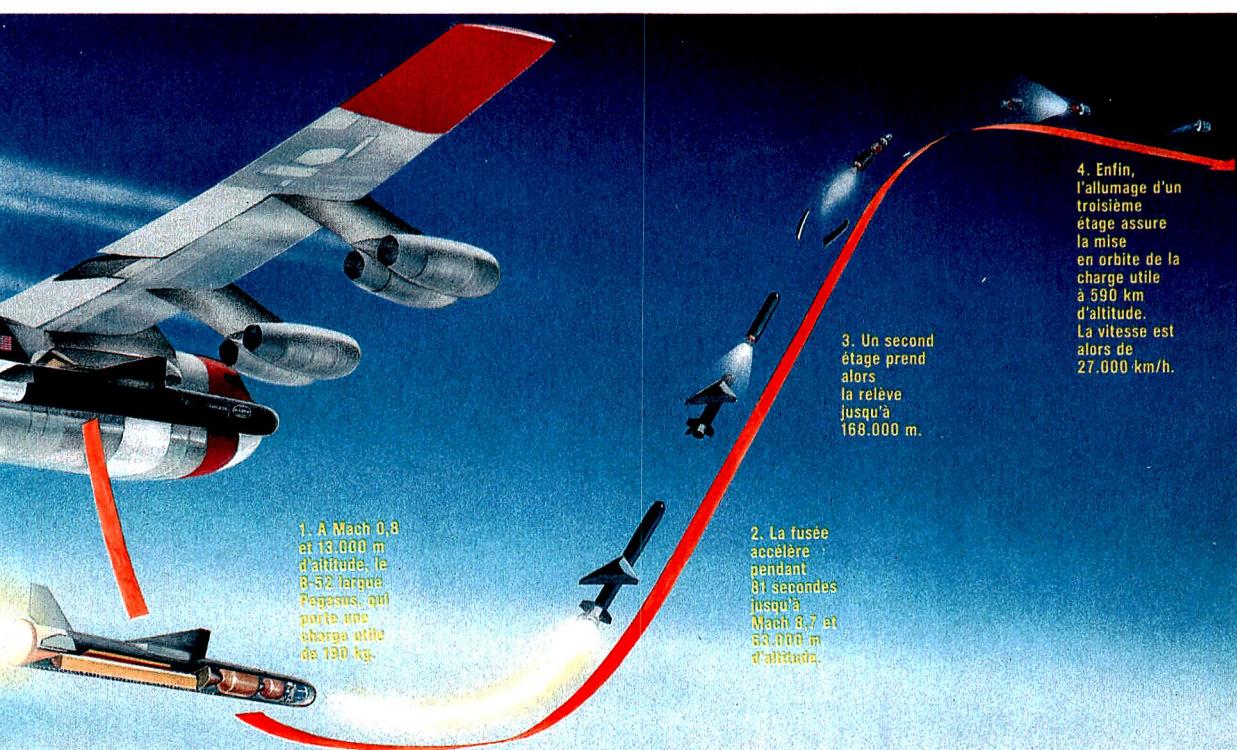
Il faut croire que l'originalité de ce programme a donné des idées à d'autres. La firme allemande OHB Systems propose ainsi d'employer la même méthode, mais cette fois en faisant appel à Concorde comme avion porteur. Avantage évident : Concorde vole beaucoup plus haut ; plus de 60 000 pieds, soit 20 000 m, et beaucoup plus vite : deux fois la vitesse du son, soit Mach 2 au lieu de Mach 0,8 pour le B-52. La fusée *Diana*, à deux étages propulsifs à poudre qu'il emporterait sur le haut de son fuselage, bénéficierait donc de conditions encore plus favorables que *Pegasus*. *Diana* pourrait ainsi lancer des charges utiles de 400 à 700 kg en orbite polaire ou équatoriale, pour un coût qu'OHB Systems évalue à environ cinq millions de dollars.

L'allure générale de *Diana* serait à peu près la même que celle de *Pegasus*, avec aile delta, empennage et dérive. Elle pèsera 16 tonnes, ce qui est tout

à fait compatible avec les capacités d'emport de Concorde. Le premier étage de *Diana* pèserait 10,5 tonnes, dont un peu moins de 9 tonnes de propergol ; le second atteindrait 4,7 tonnes, dont 3,7 tonnes de propergol, le reste étant constitué par la masse de la structure, la coiffe, l'adaptateur pour la charge utile, etc. Selon les calculs effectués par OHB, compte tenu de la vitesse au moment de la mise à feu, de la rotation terrestre en lançant vers l'est et de l'incrément de vitesse fourni par les deux propulseurs à poudre, la vitesse finale d'injection en orbite dépasserait 9 100 m/s.

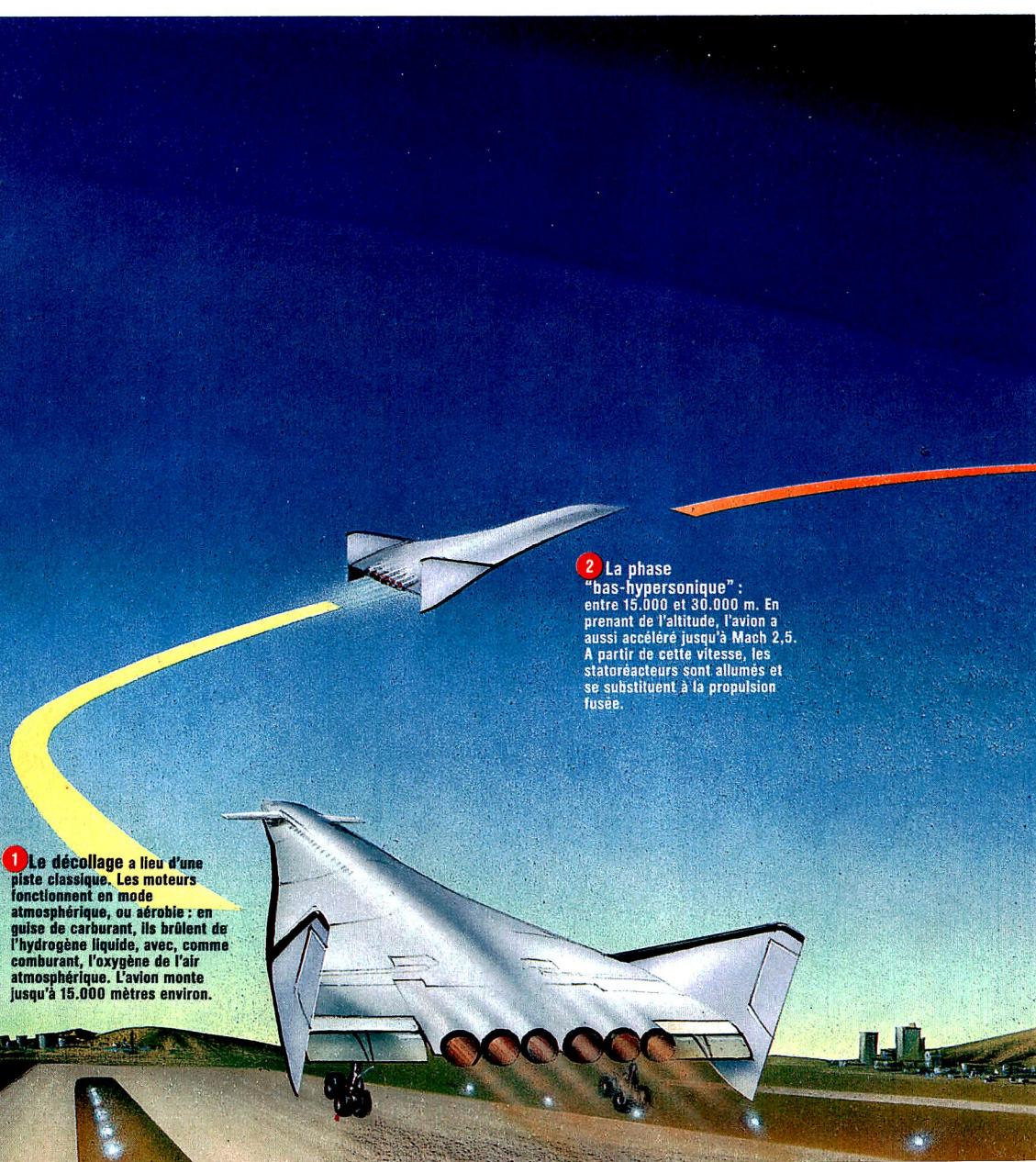
La solution proposée par OHB Systems est donc séduisante. Elle pose cependant quelques problèmes. Le coût de la mise en œuvre de l'avion porteur tout d'abord, qui devrait être adapté pour son nouveau rôle et dont l'entretien et l'exploitation ne sont pas bon marché, on le sait. Second écueil sur la route d'OHB Systems : l'accord signé en juillet de l'année dernière, entre OSC, Hercules et ArianeSpace pour la commercialisation de *Pegasus* en Europe. Cet accord prévoit également que les signataires vont évaluer les possibilités d'une collaboration accrue autour du nouveau système de lancement, avec étude d'une version plus puissante de *Pegasus*, et de l'éventuelle implantation en Europe d'une base d'opérations. A moins que les industriels américains et leurs homologues d'outre-Atlantique unissent leurs compétences pour mettre au point un système d'avions lanceurs de satellites qui ferait appel à des véhicules et des engins de puissance et de conception différentes.

**Germain Chambost**



# LE FILS DE CONCO

*Grâce aux études menées conjointement par de transport du début du siècle comme des avions, mais évolueront rassemblant ainsi les avantages de Concorde moins de deux heures. Les moteurs de ces*



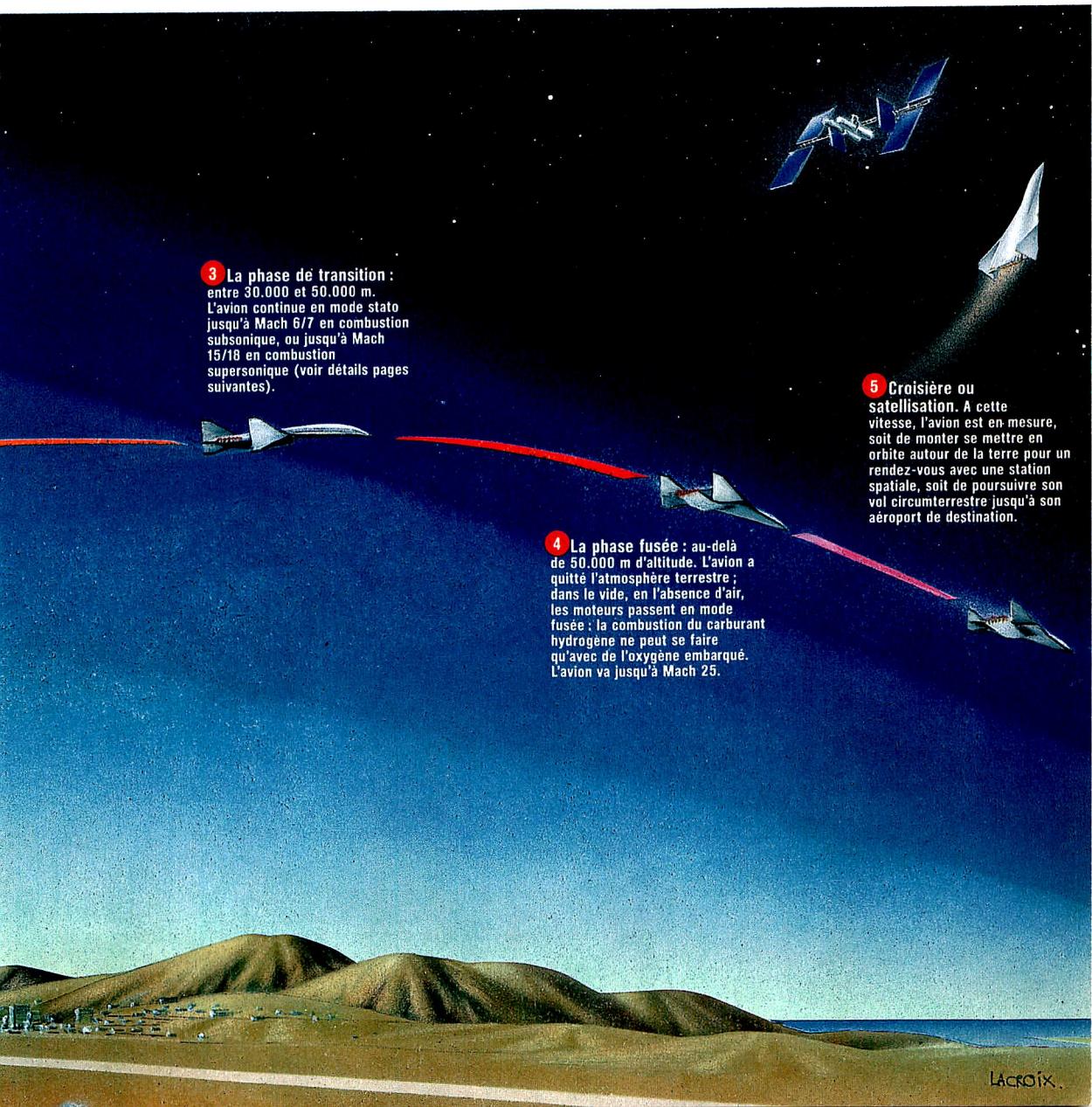
# RDE ET D'HERMÈS

*les avionneurs et les motoristes, les appareils prochain décolleront et se poseront sur orbite comme une navette spatiale, et d'Hermès, pour relier Londres à Sydney en nouveaux véhicules sont déjà à l'étude.*

**3** La phase de transition : entre 30.000 et 50.000 m. L'avion continue en mode statique jusqu'à Mach 6/7 en combustion subsonique, ou jusqu'à Mach 15/18 en combustion supersonique (voir détails pages suivantes).

**4** La phase fusée : au-delà de 50.000 m d'altitude. L'avion a quitté l'atmosphère terrestre ; dans le vide, en l'absence d'air, les moteurs passent en mode fusée : la combustion du carburant hydrogène ne peut se faire qu'avec de l'oxygène embarqué. L'avion va jusqu'à Mach 25.

**5** Croisière ou satellisation. A cette vitesse, l'avion est en mesure, soit de monter se mettre en orbite autour de la Terre pour un rendez-vous avec une station spatiale, soit de poursuivre son vol circumterrestre jusqu'à son aéroport de destination.



**L**'imagination des constructeurs et des motoristes du secteur aérospatial est particulièrement féconde en cette fin de siècle. Dans un peu plus d'une dizaine d'années, c'est un "moteur à cycle variable", ou MCV (1), qui devrait assurer la propulsion des avions supersoniques de la deuxième génération, dont la vitesse de croisière pourrait être de Mach 2,5. Ce moteur en est encore au stade des études préliminaires que déjà un autre concept, le "moteur combiné", fait l'objet de recherches, confidentielles le plus souvent, dans les bureaux d'études des plus grands motoristes.

Si les MCV sont destinés à équiper des appareils dont la vitesse devrait être d'environ Mach 2,5, le moteur combiné concerne des véhicules évoluant entre Mach 2,5 et... Mach 25 ! Autrement dit, le champ d'application de ce nouveau concept s'étend de l'avion de transport supersonique futur (ATSF), étudié par l'Aerospatiale et la SNECMA, jusqu'aux futurs navettes spatiales à décollage et à atterrissage.

(1) Les moteurs à cycle variable sont des turboréacteurs capables de fonctionner en version double flux durant le décollage et pendant la phase subsonique du vol, d'où une économie considérable de carburant ainsi qu'un bas niveau sonore, compatible avec les réglementations protégeant les riverains des aéroports et les habitants des agglomérations limitrophes. Au-delà de ces zones, le MCV fonctionne comme un réacteur monoflux, plus efficace en vol supersonique, à l'image de l'Olympus dont est doté Concorde. Pour plus de détails, voir *Science & Vie* n° 858, p. 76 ("Superconcorde à la rescoude"), et n° 866, p. 94 ("Deux Français inventent le réacteur de l'an 2000").

## MOTEURS COMBINÉS : QUATRE IDÉES

Voici, très schématiquement décrites, les quatre principales directions de recherche d'un avion de transport hypersonique capable de décoller d'une piste ordinaire. A ce stade, il s'agit de vérifier la validité d'un certain nombre de choix technologiques et de résoudre les problèmes qu'ils peuvent poser, par exemple quant au comportement des matériaux face aux fortes températures dues au frottement, écoulement des fluides aux vitesses très élevées, etc.

Une fois qu'un appareil de démonstration aura été testé avec succès, il pourra ensuite conduire à différentes retombées : lanceur spatial monostage, véhicule de transport hypersonique, avion de reconnaissance militaire, etc.

On notera, dans les quatre moteurs qui suivent, que la notion d'anaérobie qualifie une combustion utilisant l'oxygène de l'air; et celle d'anaérobie, une combustion où l'oxygène est embarqué sous forme liquide.

### A. Le moteur fusée-statoréacteur

L'avion décolle en mode fusée (à hydrogène et oxygène liquides embarqués), car le stato, dépourvu de compresseur et ne pouvant donc aspirer lui-même l'air dont il a besoin, ne peut fonctionner qu'à partir de Mach 3. Autour de cette vitesse, le moteur cesse progressivement de fonctionner en mode fusée — la chambre de combustion (1) est constituée d'une quinzaine de mini-éjecteurs, qui s'éteignent les uns après les autres —, et le statoreacteur s'allume. La chambre de combustion stato (2) brûle alors l'hydrogène (4) grâce à l'oxygène de l'air atmosphérique admis (3).

Jusqu'à Mach 6/7, la vitesse des gaz dans la chambre de combustion est subsonique (Mach 0,4 environ). A mesure que la vitesse de l'avion augmente, cet écoulement devient supersonique (voir l'article pour les détails sur ces deux types d'écoulement). Vers Mach 15/18, le moteur se remet en mode fusée et va ainsi jusqu'à atteindre Mach 25.

### B. Le turbofusée stato-fusée

Dans la partie turbofusée, la chambre de combustion secondaire est alimentée par un minigénérateur de gaz (3) qui y injecte un mélange d'hydrogène et d'oxygène (embarqués sous forme liquide, et regazéifiés par le générateur). L'expansion des produits de cette combustion fait tourner une tur-

bine (2), qui à son tour entraîne un compresseur (1). Celui-ci comprime l'hydrogène en excès sortant du minigénérateur et l'injecte dans la chambre de combustion principale (5).

L'avion arrive ainsi à Mach 2,5/3. L'air atmosphérique est alors suffisamment comprimé à l'admission (6) pour que le statoreacteur (qui est, rappelons-le, dépourvu de l'ensemble turbine-compresseur) puisse être lancé (7). Il emmène l'avion jusqu'à Mach 6/7, pendant que le compresseur, qui n'est plus utile, tourne en roue libre. On peut envisager d'escamoter ce compresseur, auquel cas il n'y aurait plus de problème de température excessive sur les aubes de celui-ci.

L'avion a atteint entre-temps une altitude de 50 000 mètres environ : le moteur passe en mode fusée, puisque le stato ne peut plus fonctionner à cause de la grande raréfaction de l'air atmosphérique à cette altitude. Hydrogène et oxygène embarqués sont alors brûlés dans une chambre de combustion axiale (4).

### C. Le turbo expander-stato-fusée

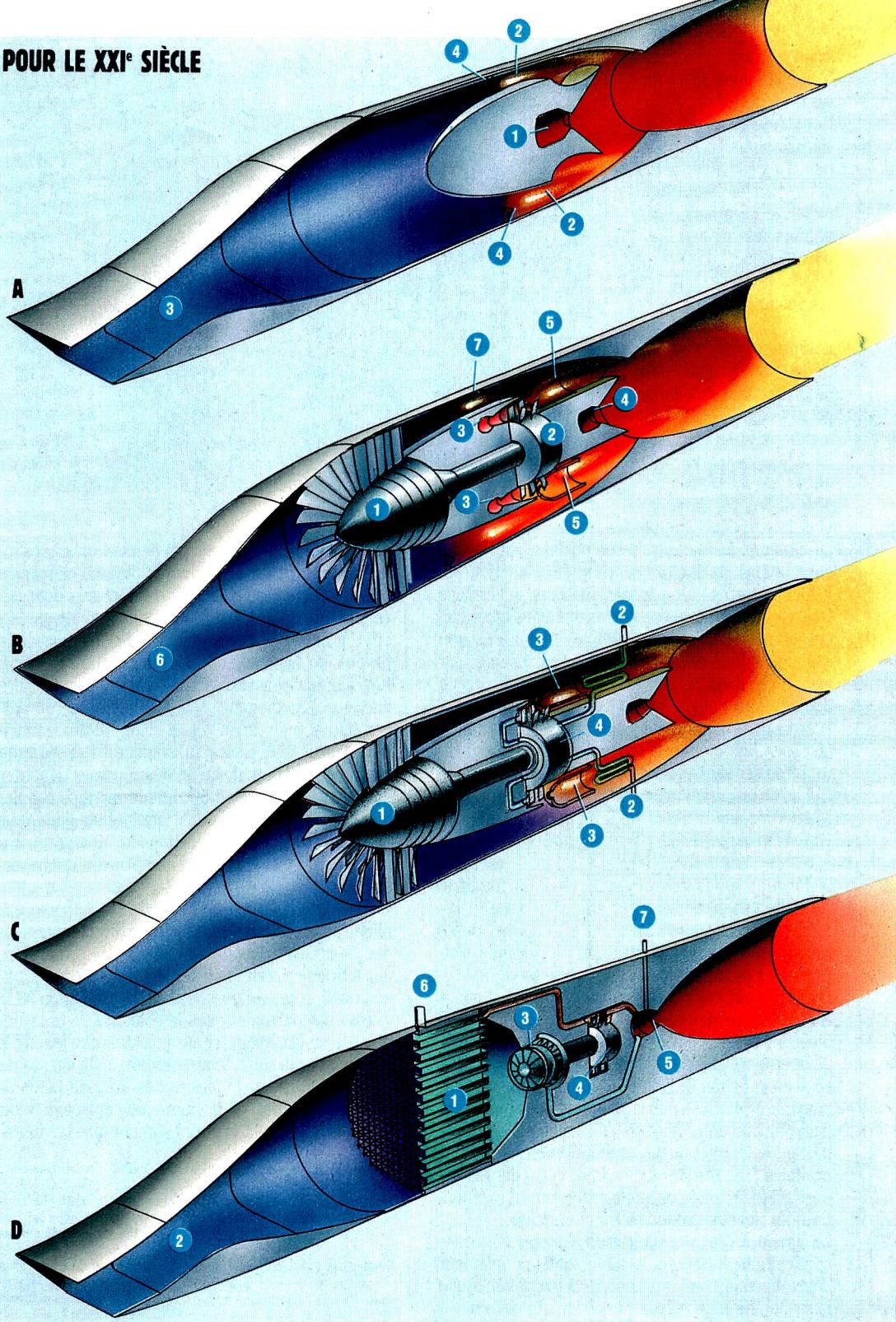
L'hydrogène liquide embarqué (2) passe ici dans un échangeur situé au milieu de la chambre de combustion (3), se réchauffe et devient gazeux. Cet hydrogène gazeux, qui a récupéré de l'énergie dans l'échangeur, se détend sur une turbine (4), laquelle entraîne un compresseur (1). La suite du fonctionnement est analogue à celui du turbofusée-stato-fusée.

### D. La fusée à liquéfaction d'air

Au décollage, le moteur fusée brûle de l'hydrogène avec de l'oxygène, tous deux embarqués sous forme liquide. Lorsque la vitesse — et donc la masse d'air admise — est suffisante, un échangeur de chaleur (1) liquéfie l'air atmosphérique capté à l'admission (2). La chaleur cédée à l'échangeur sert à gazéifier l'hydrogène liquide embarqué (6). Celui-ci, en se détendant, entraîne une turbine (3), qui actionne à son tour une turbopompe (4). Ensuite, l'hydrogène gaz brûle dans la chambre de combustion (5) en présence d'air injecté par la turbopompe.

Au-delà de Mach 10, à l'altitude où se trouve l'avion (50 000 mètres), il n'y a plus assez d'air extérieur ; le moteur fusée est alimenté par l'oxygène liquide embarqué (7) et emmène l'avion jusqu'à Mach 25.

POUR LE XXI<sup>e</sup> SIÈCLE



sage horizontaux, capables d'atteindre des orbites basses.

#### Deux moteurs en un.

Dans le domaine aérospatial, il existe aujourd'hui deux grandes familles de moteurs. La première regroupe les moteurs atmosphériques, dits "aérobies", qui utilisent l'oxygène de l'air pour brûler leur carburant. L'utilisation des moteurs de ce type est limitée en altitude parce que l'oxygène — qui fait office de comburant — se raréfie dès que les hautes couches de l'atmosphère sont abordées. En revanche, la deuxième famille

de moteurs, les moteurs fusée ou "anaérobies", ne connaît pas de limites en altitude. En effet, les véhicules propulsés par des moteurs anaérobies (missiles, fusée Ariane, navettes spatiales américaines et soviétiques, par exemple) emportent non seulement leur carburant (hydrogène liquide, par exemple), mais aussi leur comburant (oxygène liquide) pour pouvoir atteindre leur orbite spatiale.

Le concept de moteur combiné consiste donc à disposer d'un moteur aérobie et d'un moteur anaérobie en un seul et même ensemble propulsif (2). Doté d'un tel ensemble, un véhicule serait alors capable de décoller à partir de la piste d'un aéroport, comme un avion de ligne traditionnel. Dès que les limites de l'atmosphère terrestre seraient atteintes, la fonction moteur fusée (anaérobie) prendrait le relais de la fonction moteur atmosphérique (aérobie), permettant ainsi à l'avion traditionnel de se transformer en une navette spatiale capable d'atteindre et de naviguer sur une orbite basse.

Par rapport aux navettes actuelles, qui sont mises sur orbite par des moteurs exclusivement anaérobies, une telle formule présente d'abord un avantage opérationnel. En effet, l'avion spatial serait utilisé avec la même flexibilité qu'un avion de ligne. Il pourrait être utilisé pour transporter des passagers d'un point à l'autre du globe, mais aussi pour transporter des charges ou du personnel vers des stations orbitales. Il en résulterait inévitablement des économies considérables par rapport aux coûts d'exploitation des navettes spatiales traditionnelles.

**La barrière Mach-température.** Le concept et les applications du moteur combiné ainsi définis, leur développement pratique soulève des problèmes que la recherche appliquée n'est pas encore parvenue à résoudre. En Europe, les études menées par la

## BOUM SUR LE DOUBLE BANG :

Il y a six ans, l'annonce par le président Reagan, dans le cadre du programme NASP, des projets de navette transatmosphérique et d'avion hypersonique Orient Express a relancé les recherches en matière de propulsion hypersonique. Depuis, un projet d'appareil de démonstration X-30 financé conjointement par le Pentagone et la NASA a été lancé, mais le secret qui l'entoure ne permet pas de juger de son état d'avancement. Il semble toutefois que son coût s'élève à 6 milliards de dollars (33 milliards de nos francs), dont près de la moitié ont déjà été dépensés. Cinq mille spécialistes seraient mobilisés par ce projet.

De l'autre côté de l'Atlantique, les Britanniques ont lancé le projet Hotol et annoncé qu'ils possédaient — sur le

paper du moins — deux moteurs révolutionnaires, le RB 545 Swallow et son dérivé, le Satan. Ce dernier a été étudié par l'ingénieur Alan Bond, qui attend avec une impatience difficilement contenue que le ministère de la Défense l'autorise à développer son programme. Ces deux projets restent couverts par le secret.

Les Russes ont aussi révélé l'an dernier un projet d'avion d'affaires supersonique qui prouve que, malgré des retards importants liés à l'absence de gros ordinateurs, ils disposent en ce domaine d'une expérience qui pourra faire d'eux des partenaires précieux pour un constructeur occidental, en l'occurrence l'américain Gulfstream Aerospace. La réussite commerciale d'un tel projet semble

plupart des motoristes ne parviennent pas à résoudre les problèmes thermiques et physico-chimiques propres à la partie "aérobie" des moteurs dont devraient être dotés les futurs avions spatiaux. En effet, il existe actuellement dans le domaine de la propulsion hypersonique aérobie une frontière située aux environs de Mach 6-7. En dessous de cette vitesse, l'écoulement du mélange carburant-comburant à l'intérieur de la chambre de combustion d'un moteur serait subsonique (de l'ordre de Mach 0,4). Mais pour qu'un avion puisse dépasser cette barrière de Mach 6-7, il faudrait que l'écoulement du mélange carburant-comburant à l'intérieur de la chambre de combustion du moteur puisse s'effectuer à une vitesse supersonique, voire hypersonique.

« Dès que la vitesse de Mach 6-7 est franchie, explique Philippe Ramette, attaché au directeur technique de la SEP (Société européenne de propulsion, qui fabrique notamment les moteurs d'Ariane), la combustion entre dans une phase de transition où la vitesse d'écoulement dans la chambre va brusquement se mettre à monter, jusqu'à atteindre Mach 3,2 environ. Par la suite, la progression de la vitesse de combustion va se stabiliser et évoluer de façon linéaire en fonction de la vitesse de déplacement du véhicule. » Les chercheurs estiment que la vitesse

(2) Par extension, on classe aujourd'hui les MCV aussi dans cette catégorie.

(3) Plus généralement, à très haute latitude, l'air n'existe plus sous forme moléculaire, mais sous forme atomique. C'est-à-dire que ses différents constituants ne sont plus regroupés en molécules, mais dissociés en atomes d'oxygène, d'azote, d'argon, de krypton, de xénon, etc. Par conséquent, la viscosité de l'air et donc ses états d'écoulement ne sont plus les mêmes. Résultat : les équations classiques de la mécanique du vol, du comportement des carburants lors de la combustion et de la tenue des structures de l'avion sont différentes, et pour l'instant mal maîtrisées.

## LE RETOUR DES HYPERSONIQUES

toutefois peu probable.

Restent les Japonais et les Allemands. Les premiers espèrent acquérir le savoir-faire technologique qui leur fait défaut en matière de propulsion, grâce à des accords de coopération. Pour convaincre leurs partenaires potentiels, les Japonais n'hésitent d'ailleurs pas à mettre en avant les moyens financiers de leur MITI (organisme qui remplit le rôle de ministère du Commerce extérieur) ou du NEDO... Leur programme de recherche dans le domaine des moteurs combinés s'élève à six milliards de yens répartis sur une quinzaine d'années. Quant aux Allemands, Deutsche Aerospace, et plus particulièrement MBB et le motoriste MTU, leur permet de s'annoncer comme de

sérieux candidats pour la motorisation des futurs programmes hypersoniques.

Enfin, la France occupe une place honorable dans la mesure où la maîtrise des technologies du moteur combiné implique pour le motoriste d'être présent simultanément non seulement dans le domaine des moteurs civils et militaires, mais également dans celui des propulseurs spatiaux. Un atout que possède la SNECMA, avec une gamme étendue de turboréacteurs subsoniques et supersoniques, et la SEP qui construit les moteurs principaux du lanceur européen Ariane. D'où la naissance du groupement du GIE Hyperspace qui leur permettra de réunir leur savoir-faire.

d'écoulement hypersonique du mélange carburant-combustible dans la chambre de combustion d'un moteur combiné serait d'environ 40 % de la vitesse du véhicule. Par exemple, si le véhicule se déplace à Mach 15, la vitesse de combustion sera de Mach 6.

Donc, plus un moteur fonctionne à un régime élevé, plus la température régnant dans sa chambre de combustion augmente. Or, les matériaux actuellement utilisés ne peuvent guère supporter des températures supérieures à 1 850°K (1 577°C). De plus, à partir de 2 000°K (1 727°C), il se produit une dégradation du carburant — par dissociation des molécules d'hydrogène gazéifiée — qui pourrait détériorer le moteur, ou, dans le meilleur des cas, altérer sérieusement son rendement et ses performances (3). Tant que les chercheurs ne parviendront pas à résoudre ce problème, soit par la découverte de nouveaux matériaux, soit par la mise au point d'un nouveau carburant supportant des températures supérieures à 2 000°K, il ne sera pas possible de mettre au point un moteur combiné. Car, comme le souligne Philippe Ramette, la combustion supersonique est la seule alternative envisageable à la propulsion fusée.

**Une solution transitoire.** Ce sont ces obstacles thermiques et physico-chimiques auxquels se heurte encore la recherche qui poussent une grande partie des bureaux d'études à travailler, dans un premier temps, sur un avion spatial à deux étages, à l'image des projets français STSW 2000 et STARH, ou du concept allemand Sanger 2. Dans cette configuration, il n'y aurait pas de moteur combiné : le premier étage serait équipé de moteurs aérobies qui seraient utilisés comme de simples accélérateurs jusqu'à une altitude de l'ordre de 30-35 000 m. A cette altitude, le deuxième étage qui emporterait la

charge marchande (fret ou passagers) se séparerait du premier. Doté de propulseurs anaérobies, il pourrait accélérer jusqu'à Mach 25 pour rejoindre son orbite.

En considérant les performances requises pour le type de moteur aérobie dont serait doté ce véhicule, il est légitime de se demander si le développement d'un seul et même moteur pour propulser non seulement le premier étage de cet appareil, mais aussi des avions de transport hypersoniques comme l'AGV (avion à grande vitesse) de l'Aero-

spatiale est possible.

Pour Jean Dardare, directeur technique de la SEP, l'idée d'un développement commun est séduisante, d'autant plus qu'elle peut accélérer les décisions officielles de lancement de certains programmes. Cependant, comme le souligne M. Dardare, un avion de transport hypersonique et un véhicule spatial bi-étage auront des profils de vol très différents. Les propulseurs respectifs de ces appareils n'évolueront donc pas dans des conditions et des environnements identiques. En effet, le rôle essentiel du premier étage du véhicule spatial est d'être un accélérateur. De ce fait, sa durée d'exposition aux très hautes températures (dues à l'échauffement cinétique sur les particules d'air) ne devrait pas excéder huit minutes entre le décollage et le largage du deuxième étage dans les hautes couches de l'atmosphère terrestre. Par conséquent, les problèmes de refroidissement des composantes du premier étage et de son ensemble propulsif à des vitesses comprises entre Mach 4 et Mach 6 n'ont pas une acuité particulière.

Il en est tout autrement dans le cas d'un avion de ligne hypersonique, dont le vol de plusieurs heures se déroule uniquement dans l'atmosphère terrestre. Jean Dardare estime qu'il y aura certainement des similitudes pour ce qui est du cycle thermodynamique (poussée, température et pression à l'intérieur de la chambre de combustion, taux de compression de l'air, etc.), mais que les matériaux thermostructuraux utilisés pour la construction des moteurs de l'avion hypersonique et pour ceux du propulseur du véhicule spatial seront différents.

**Londres-Sydney en deux heures.** Outre-Atlan-

**Les passagers  
seront lancés  
dans l'espace**

tique, le très ambitieux programme NASP (*National Air and Space Program*) pourrait laisser supposer que les chercheurs américains se sont affranchis des contraintes thermiques et physico-chimiques qui empêchent les bureaux d'études du Vieux Continent d'envisager raisonnablement un moteur combiné pour propulser un véhicule spatial mono-étage du lâcher des freins à Mach 25. Le programme NASP prévoit le développement, à partir du X-30, véhicule expérimental (actuellement à l'étude et qui est destiné à valider les choix technologiques), un avion militaire de reconnaissance, un avion de transport hypersonique transatmosphérique du style Orient-Express (annoncé par Ronald Reagan alors qu'il était président des Etats-Unis), mais aussi un lanceur spatial mono-étage.

## 50 000 m d'altitude à Mach 25

Cependant, le secret qui entoure le déroulement de ces projets ne permet pas de savoir quand ils déboucheront sur le développement d'un prototype. Il est possible que les bureaux d'études américains aient décidé de sauter l'étape intermédiaire, c'est-à-dire un véhicule spatial lourd bi-étage —, préférant travailler sur la base du très long terme. On pourrait comprendre un tel choix, dans la mesure où ils ont déjà leurs navettes spatiales. Et qu'ils ont également, pour les charges plus modestes, le programme Pegasus (4), qui pourrait être assimilé au concept bi-étage puisqu'il consiste à utiliser un B-52 pour larguer à haute altitude un missile contenant un satellite léger qu'il amènera sur orbite.

Le projet d'avion de transport hypersonique transatmosphérique envisageable dans le cadre du programme NASP, qui emmènerait des passagers de Paris à Sydney en moins de deux heures, serait donc doté de moteurs combinés. Son vol se décomposerait en quatre phases distinctes. La phase d'accélération "basse vitesse" (c'est l'expression consacrée des motoristes) va du lâcher des freins à Mach 3. Lors de cette phase, les moteurs combinés fusée-statoréacteur fonctionneraient en régime anaérobique (fusée), amenant le véhicule à une altitude d'environ 15 000 m. Dès que la vitesse de Mach 3 est atteinte, la deuxième phase du vol est entamée par l'allumage du mode statoréacteur qui se substitue aux accélérateurs utilisés pour le décollage (5). Pendant toute cette deuxième phase, dite de "bas hypersonique", qui s'achève à la vitesse de Mach 6 et à une altitude d'environ 30 000 m, l'écoulement de la combustion reste subsonique. Ces deux premières phases du vol de l'avion mono-étage à moteur combiné remplissent ainsi le même rôle que le vol du premier étage d'un véhicule bi-étage tel qu'il a été défini plus haut.

C'est donc au niveau de la troisième phase de leur vol que les projets américains se distinguent

très nettement des études européennes. Au cours de cette phase, le moteur combiné américain doit pouvoir amener l'avion aux environs de Mach 15-18 à quelque 50 000 m d'altitude. L'Orient-Express est étudié pour évoluer à une altitude comprise, en effet, entre 30 000 et 50 000 m, quoique à une vitesse légèrement inférieure (de l'ordre de Mach 8 ou 10, aux dernières nouvelles). Comme nous l'avons vu, un tel objectif exige donc de résoudre les problèmes thermiques et physico-chimiques posés par un écoulement du mélange comburant-carburant à une vitesse supersonique dans la chambre de combustion du moteur.

Il convient de noter que le moteur de l'Orient-Express fonctionnerait en mode statoréacteur, donc régime aérobique, au cours de cette troisième phase. L'intérêt de conserver le plus longtemps possible un régime aérobique pour un moteur combiné tient au gain de charge marchande offert par ce choix. En effet, l'utilisation optimale du régime aérobique permet de limiter l'emport du comburant pour le régime anaérobique. Il est donc possible d'embarquer une charge payante (passagers ou fret) égale à la masse de comburant ainsi économisée. De plus, les coûts d'exploitation d'un moteur combiné en mode aérobique sont inférieurs à ceux du mode anaérobique.

Enfin, au cours de la quatrième phase, le véhicule atteindra Mach 25 et 50 000 m. C'est à cette vitesse et cette altitude qu'il continuera son voyage jusqu'à arriver en approche de son aéroport de destination. (Dans le cas d'un engin orbital, cette vitesse lui permettra de s'inscrire sur orbite pour desservir une station spatiale.) Au cours de cette quatrième phase, le moteur combiné fonctionnera en régime anaérobique, c'est-à-dire comme un moteur fusée, le comburant embarqué (oxygène liquide) permettant la combustion du carburant (hydrogène liquide).

« Quand on observe le profil de trajectoire de ces mono-étages (américains), remarque Jean Dardare, on constate que jusqu'à l'altitude de 50 000 m ils sont extrêmement aplatis. En fait il s'agit, en utilisant le plus possible la portance de l'air de l'atmosphère terrestre, d'économiser du carburant. » « En plus, poursuit M. Dardare, ce profil de vol permet de constituer une réserve d'énergie cinétique qui pourra être transformée en énergie potentielle durant la quatrième phase du vol qui débute à 50 000 m d'altitude. » Durant cette phase, lorsque la destination est une station spatiale, la trajectoire de l'avion devient nettement plus verticale. L'énergie cinétique acquise dans l'atmosphère terrestre

(suite du texte page 160)

(4) Voir *Science & Vie* n° 859, p. 90.

(5) Le mode statique ne peut fonctionner dès le décollage, puisque, dépourvu de turbine et de compresseur, il ne peut aspirer ni comprimer l'air admis; en revanche, lorsque l'avion a pris de la vitesse (ici Mach 3), l'air admis étant comprimé naturellement par la vitesse, il peut alors entrer en action.

# ECHOS DE L'INDUSTRIE

## INNOVATION

### Quand l'amiral va à la pêche...



La Mission à l'innovation, instituée en 1988 pour encourager l'esprit créatif des militaires à s'exprimer, peut marquer son deuxième anniversaire de deux pierres blanches.

D'abord, elle a reçu plus de 100 projets jugés "sérieux" et le rythme s'accélère : il y a deux ans, un projet arrivait tous les dix jours, aujourd'hui un par jour. Au palmarès de la créativité : la marine (36 propositions "sérieuses"), les services de santé (13), l'armée de terre (13), l'armée de l'air (10), la gendarmerie (5) et même la Délégation générale à l'armement (5), ce à quoi il faut ajouter 25 propositions soumises par les services "divers", voire par des civils.

Sur ces 107 propositions, la Mission a financé 20 projets pour un montant de cinq millions deux cent mille francs. Quelques exemples qui ont abouti, ou sont sur le point de sortir : une civière hélitreuillable ; un simulateur de tir ; un système de code barres pour la gestion informatique des pièces détachées — à chaque pièce correspondant un code barres obtenu à partir du numéro d'identification de l'OTAN —, un lance-yeux peu coûteux et adaptable à des avions qui ne peuvent actuellement en recevoir.

Ensuite, la Mission a permis à l'équipe du Pr Desgeorges, chef du service de neurochirurgie à l'hôpital du Val-de-Grâce, de réaliser une première médicale mondiale. Cela grâce à la mise au point d'un neuroscope, un appareil qui permet de glisser un laser à l'intérieur même du cerveau, par l'intermédiaire d'une fibre souple, pour détruire les tumeurs. Auparavant, le chirurgien effectuait son "tir" au laser de

l'extérieur, ce qui supposait une ouverture de 2 à 5 cm de diamètre dans la boîte crânienne. Le neuroscope la réduit à 0,8 cm. Cet appareil, qui place la France au premier rang mondial en matière de neurochirurgie, devrait être commercialisé dans les mois qui viennent.

Le prototype du neuroscope a été fabriqué en neuf mois. On ne peut être plus rapide. Sauf à la Mission à l'innovation, où une semaine a suffi à son responsable, l'amiral Le Pichon, pour prendre sa décision et débloquer les trois cent mille francs qui étaient nécessaires.

Trois cent mille francs, voilà qui prouve bien que l'innovation est plus affaire d'état d'esprit que de gros sous. Encore faut-il être assuré que ses idées, ses projets intéresseront quelqu'un et qu'ils ne s'embourberont pas dans les lenteurs et les méandres de l'administration, dans les blocages de la hiérarchie. Cette écoute attentive de qui veut bien venir la trouver constitue un stimulant excessivement important apporté par la Mission dans un milieu, les armées, où l'on apprend d'ordinaire à obéir et à

appliquer ordres et consignes plutôt qu'à s'exprimer et à inventer.

L'amiral Le Pichon confirme : « Les dossiers sont traités en un mois. Mon rôle est de créer un climat de confiance, de faire participer tous ceux et celles qui ont des idées et de promouvoir les innovateurs en puissance. La Mission s'adresse à tout militaire qui, à l'instar du Pr Desgeorges, a souvent des idées sur la façon dont il faudrait améliorer ses outils (1). »

Le budget de la Mission à l'innovation est de dix millions de francs par an. A comparer aux quelque trente milliards de francs par an de la DRET (Direction des recherches, des études et des techniques). Mais tout n'est pas affaire de budget. La Mission obtient de bons résultats en investissant une somme de cinq cent mille francs au maximum par innovation et de cent cinquante à deux cent mille francs en moyenne. Et en faisant confiance à tout militaire, en le recevant quel que soit son grade.

(1) Mission à l'innovation, 14 rue Saint-Dominique, 00457, Armées, tél. 47 83 56 88/42 60 33 30, p. 2753.



## Un somnifère tonique...

Cela existerait, si l'on en croit la promotion commerciale effectuée, au Japon, par Rhône-Poulenc pour lancer l'Amoban, l'Imovane français, dont il a fallu modifier le nom, "imo" signifiant pomme de terre dans la langue des samouraïs...

C'est le marketing qui est responsable d'une si surprenante présentation d'un somnifère. En effet, pour réussir son implantation sur un marché il faut bien respecter les mentalités et les particularismes culturels. Or, au Japon, le sommeil n'est pas le bienheureux temps des rêves, du repos, de la compensation du travail fourni durant la journée, c'est seulement une contrainte biologique, une nécessité plutôt négative et, à l'extrême, culpabilisante : l'individu qui dort se retrouve seul, coupé du groupe, donc de sa raison d'être.

Les Japonais insomniaques hésitent ainsi à consulter leurs méde-

cins et ces médecins à prescrire des hypnotiques. « Hyperactifs, les Japonais ne peuvent tolérer d'utiliser un produit qui risque de diminuer leur vigilance pendant la journée de travail, ce qui arrive avec les somnifères traditionnels, à base de benzodiazépines », note Bernard Séjourné, responsable des activités pharmaceutiques de Rhône-Poulenc au Japon.

Au pays du soleil levant, l'Amoban n'est donc pas présenté comme un traitement du sommeil, mais, là est l'important, comme un moyen, après une nuit naturelle, d'obtenir un réveil rapide, facile, tonique, où l'on se sent en pleine forme, frais et dispos.

L'emballage du somnifère est, comme on peut le voir, très explicite : cette jeune fille, en tenue d'aérobic, est fraîche et conquérante, elle respire l'énergie, la gaieté, le dynamisme et la force. Un emballa-

ge qui, chez nous, habillerait des boîtes d'oligo-éléments, de vitamines, voire de stimulants...

Que le marketing est une belle chose pour parvenir ainsi, d'un simple coup de baguette magique, à transformer un produit en un autre, ou plutôt à changer du tout au tout la perception qu'on peut en avoir...

## MINITEL

## Le parfait secrétaire

Proposé par Timatic, ce Minitel DT 4000 est doté d'une mémoire qui permet un accès automatique aux informations dont peut avoir besoin tout secrétariat.

Cette mémoire est nourrie de plus de cent mots clés, classés par ordre alphabétique, qui, par simple appui sur la touche "envoi", font arriver directement à l'information recherchée, pourvu qu'elle se trouve dans un serveur Télétel.

On peut ainsi immédiatement tout savoir sur les horaires des moyens de transport, les codes et les tarifs postaux, l'orthographe et les synonymes, etc.

Ces informations peuvent être aussitôt mémorisées puis relues et/ou imprimées hors connexion.

Ce Minitel est équipé d'un éditeur de texte, d'un agenda téléphonique, d'un répondeur télématique et il peut recevoir un clavier de type PC et un répondeur. Il est commercialisé 4 950 F HT.

## SPORT

## Rentable pour l'entreprise

On sait qu'au Japon ou en Corée du Sud le sport en entreprise est quasiment obligatoire. Favorisant l'esprit d'équipe et d'initiative, stimulant le dynamisme, permettant aussi à une certaine agressivité de se décharger, il est bon pour l'esprit et pour le corps. Il le serait aussi pour les entreprises. Il est donc considéré comme un élément essentiel d'une bonne gestion des ressources humaines.

Que les sédentaires du bureau, au fauteuil monté sur roulettes et au dossier inclinable qui ne font d'autre effort que d'effleurer les touches de téléphone ne s'amusent pas trop de ces pratiques asiatiques : elles pourraient fort bien arriver en France. Lors de la table ronde consacrée au sport organisé dans le cadre des récentes Assises européennes de la sécurité, qui se tenaient à La Rochelle, le Dr Casaubon, médecin du travail, a ainsi résolument plaidé pour la promotion de la pratique sportive auprès

des salariés. Parce qu'elle est bonne pour eux ? « Certes, mais aussi parce que le sport est rentable pour l'entreprise et que, à l'heure toute proche du Marché européen, c'est un paramètre à prendre en compte. »

Cette rentabilité pour l'entreprise, le Dr Casaubon la prouve par des études locales (Belfort) et nationales menées par l'ASMT, une association de médecins du travail dont le but est de promouvoir le sport en entreprise. Toutes démontrent que, globalement, les sportifs sont moins sujets aux accidents du travail, moins absents pour maladies et, lorsque c'est le cas, moins longtemps. Moyennant quoi, pour augmenter ses chances de décrocher un job, il sera bientôt indispensable de faire figurer une activité physique intense parmi les centres d'intérêt que l'on mentionne sur son *curriculum vitae*.

## Un peu d'Europe pour les PME

L'Europe arrive, l'Europe est là et nos petites et moyennes entreprises (PME) ne semblent pas s'en être aperçues. En 1993, elles risquent de se trouver fort surprises par une réglementation applicable aux entreprises qui, pour 80 %, sera d'origine communautaire.

Pour leur éviter de se perdre dans tous ces règlements, Henri Guillaume, le président de l'Agence nationale pour la valorisation de la recherche (ANVAR), lance l'Euro-Info-Centre, un service qui ne leur permettra pas seulement de mieux se défendre, mais aussi d'être plus offensives.

« Il s'agit tout d'abord de sensibiliser les PME françaises aux opportunités de recherche offertes par l'Europe au travers des programmes communautaires et d'Eurekâ. Mais nous voulons aussi faire remonter les préoccupations des PME vers la Commission européenne afin que celle-ci améliore sa politique en leur faveur. »

L'Euro-Info-Centre, sorte de *lobby* des PME, bien que gratuit pour ses utilisateurs et financé la première année par la Commission à hauteur de 350 000 F, s'appuie sur le réseau des 24 délégations régionales de l'ANVAR ; les entreprises y trouveront un "correspondant Europe" à qui poser leurs questions. Seuls les dossiers les plus complexes remonteront à l'Euro-Info-Centre — situé à Paris —, en liaison permanente avec les multiples bases de données européennes et avec les "Information Officers" des instances communautaires (ANVAR, 43 rue Caumartin, 75009 Paris, tél. (1) 40 17 83 00).

**Une cigarette sans fumée** vient d'être commercialisée au Japon. La *Twenty two* comporte un tube en forme de cigarette où l'on introduit une gélule contenant l'arôme du tabac, de l'extrait de tabac et de la nicotine. Le plaisir, nous assure-ton, serait identique à celui de la cigarette, jusqu'à la dernière bouffée. Coût d'un paquet (1 tube + 5 gélules) : 300 yens, soit environ 11 F.

## Ils voient des télécopieurs partout...

Plus fiable, plus rapide, moins cher que le courrier, le "fax" est effectivement en train de faire "un malheur". Un télécopieur ne suffit pas aux entreprises qui se sont déjà équipées, chaque service réclame le sien. Quant aux particuliers, ils s'y mettent aussi. L'avènement de la télécopie, c'est peut-être le début du travail à distance, du travail tout en restant chez soi, qu'on nous annonce depuis si longtemps. Ainsi voit-on apparaître de grandes surfaces spécialisées dans les "fax", des plus sophistiqués aux plus simples, des plus coûteux aux plus économiques. Les prévisions du marché font état de 2 millions de télécopieurs en France d'ici à cinq ans. Des télécopieurs

privés, mais aussi publics.

La première réalisation en matière de télécopie publique vient précisément de voir le jour. C'est le Publifax, conçu par Electronique Mecelac en liaison avec France Télécom. L'appareil permet l'émission et la réception de télécopie, est doté de la fonction téléphone, et le règlement s'effectue par pièces au rythme des impulsions. On peut le fixer sur un comptoir mural ou sur un pied. Depuis le mois de mai, il est testé dans huit agences commerciales pilotes de France Télécom. Le succès de l'opération est déjà largement assuré ; chacun veut son Publifax, les bureaux de poste, les hôtels, les librairies, même les stations-service.



## La pièce à puce



Les Floralies internationales d'Osaka ont été l'occasion de tester — avec succès — la *smart coin*, la "pièce intelligente", la première à puce intégrée, mise au point par PCS, Prepaid Card System, filiale du principal émetteur de cartes de crédit du Japon.

Le client fixait au moment de l'achat le nombre d'unités de paiement qu'il souhaitait acquérir, de 1 000 yens (environ 36 F) à 50 000 yens (environ 1 800 F). Pour débiter ces unités, les magasins

étaient munis de terminaux spécifiques que l'on peut voir sur notre photo.

Une fois leur crédit épuisé, les pièces conservaient leur valeur intrinsèque, payée à l'acquisition et fixée à 3 000 yens (environ 108 F). On dit que c'est la porte ouverte à leur utilisation dans le domaine de la couture (boutons de manchettes...) ou de la bijouterie (pendentifs...). La mode serait déjà lancée. Mais des pièces à moindre coût, jetables, sont tout aussi réalisables.

## ENVIRONNEMENT

## Quand les agriculteurs luttent contre la pollution

On ne pourra bientôt plus parler en haute Tarentaise de pollution par l'élevage. Cela ne devra rien aux récentes et fracassantes déclarations ministérielles... mais à l'organisation des jeux Olympiques.

Depuis bien longtemps, la région subissait une pollution par fumiers et lisiers de plus en plus importante et de plus en plus mal supportée : ruisseaux inaptes à la pêche, torrents douteux faisant fuir les adeptes du canoé-kayak et même égouts surchargés débordant et inondant les rues de déjections... Quant aux tas de fumier érigés ça et là au bord des chemins, ils faisaient partie intégrante du paysage.

Cause de cette indésirable sur-production : le fromage de Beaufort, très apprécié des consommateurs. Le débouché étant assuré avec ce produit à forte valeur ajoutée, les producteurs n'ont pensé qu'à augmenter leur cheptel et toute la haute Tarentaise s'est spécialisée dans la production laitière.

La Savoie sait qu'avec les jeux

Olympiques elle sera le point de mire international et qu'elle n'a que quelques années pour se préparer à se montrer sous son meilleur jour pendant ces deux semaines de gloire qui définiront son avenir. Sa chambre d'agriculture réagit donc et d'abord en haute Tarentaise, zone test parce que la plus polluée.

Première mesure : l'aménagement d'une centaine d'installations collectives ou individuelles, d'une capacité globale de 20 000 m<sup>3</sup>, pour le stockage du fumier et du lisier. Dans une deuxième étape, les éleveurs quittent leur habitat de pollueurs et endossent celui d'acteurs pour un meilleur environnement. Car ce stock de 20 000 m<sup>3</sup> constituera, avec les boues également excédentaires dans ces régions, la matière première d'une usine de fabrication de compost. Un compost revendu aux stations de ski pour leur permettre de reverdir leurs pistes. Des tests effectués aux Arcs et à La Plagne se sont révélés extrêmement positifs, et les aménageurs de la montagne

sont maintenant tous soucieux de recréer le tissu végétal qui a été détruit.

Cette usine ne pourra cependant absorber tout le stock de fumier constitué. Pour écouler le surplus, un technicien de la chambre d'agriculture de Savoie, Gérard Blondon, ingénieur spécialisé dans la valorisation des matières organiques, comme il en existe 90 en France, tisse des liens avec tous ceux qui seraient susceptibles d'être intéressés par ce type d'engrais : stations de ski, mais aussi maraîchers et viticulteurs. Dans les vignes, le problème de l'érosion des sols pourrait en grande partie être résolu par l'épandage d'engrais naturels et la revégétalisation.

Quant à Morzine, c'est une curiosité, elle s'est déjà équipée d'un appareil de récolte et de projection de matières organiques unique au monde. Les principaux problèmes qui restent à résoudre sont posés par le transport et le "conditionnement".

## Les bornes interactives recrutent

Des bornes interactives à écran tactile, on en trouve déjà un peu partout : pour guider les usagers des transports publics, voire leur délivrer leurs billets, renforcer la promotion sur le lieu de vente, informer les visiteurs d'un salon, présenter une entreprise, afficher le chemin à suivre en fonction de sa destination, etc. Voici maintenant qu'elles apparaissent sur les forums universitaires, où les entreprises les utilisent pour recruter.

A cette époque où ce sont les firmes qui doivent se "vendre" aux étudiants par "Job-Convention", "Top Ingénieurs", "Amphi Retape" et autres salons de recrutement, ce nouvel outil vient compléter leur panoplie de chasseurs de têtes diplômées. Il leur permet en effet non seulement de se présenter mais également de recueillir ces données dont elles sont particulièrement friandes : les *curriculum vitae* des candidats éventuels.

Ces bornes, conçues par la société Epygone (37 rue du Fg Poissonnière, 75009 Paris, tél. (1) 45 23 32 30), comportent un micro-ordinateur muni d'un écran tactile proposant une présentation de l'entreprise et des métiers et des stages qu'elle offre. Elles sont aussi équipées d'un clavier, grâce auquel les étudiants peuvent, à tout moment, laisser leur *curriculum vitae*.

L'expérience a montré que cela "marchait" : dans un forum de deux jours, une moyenne de 350 élèves regardent la borne d'une entreprise et plus de 50 laissent des renseignements exploitables.

L'informatique semble supprimer l'intimidation des premiers contacts humains. Faudra-t-il bientôt passer par l'écran d'une machine pour oser se parler ? Jean-Marc Daubeuf, chargé des relations écoles à EDF/GDF, qui a utilisé la borne sur de nombreux forums et salons de recrutement, constate en tout cas « qu'elle contribue à engager un dialogue avec des étudiants que nous n'aurions pas touchés autrement ».

## La génétique contre la sécheresse

Ce scientifique aux champs se livre à des tâches bien plus sérieuses qu'il n'y paraît. M. Nicolas Smirnoff, de l'université d'Exeter, dans le sud-ouest de la Grande-Bretagne, étudie les moyens qui pourraient permettre aux plantes de survivre lors des périodes de sécheresse. Il mesure ici l'ouverture des ostioles (ces orifices microscopiques du dessous des feuilles par où se font les échanges gazeux) de plantes grasses poussant dans les déserts. Relevées à différentes heures du jour et sur des plantes soumises à des conditions atmosphériques variées, ces mesu-

res, parmi d'autres, permettent de savoir comment les plantes réagissent, souffrent et se défendent contre la sécheresse. Pour éventuellement greffer génétiquement les qualités des plantes les plus résistantes sur celles qui le sont moins et, à terme, sur les cultures.

Car on sait aujourd'hui que l'activité de diverses enzymes se modifie en fonction des variations du milieu où se trouvent les plantes. La production de certaines est stimulée par la sécheresse. Reste à isoler les gènes stimulés. Puis à les fixer sur les plantes vivrières qui supportent mal la chaleur.



## DES MARCHÉS À SAISIR

*Les innovations et les techniques et procédés nouveaux 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, 5 rue de la Baume, 75008 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.*

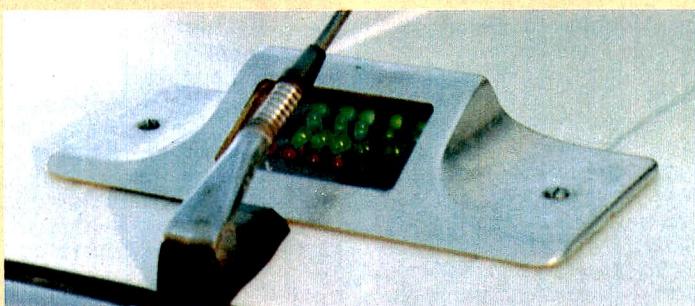
## DÉTECTEURS DE VOITURES VOLÉES

**Quoi ?**

Un dispositif qui signale immédiatement, par un témoin visuel rouge vif visible de chacun et impossible à éteindre, qu'un véhicule a été volé. Cet accessoire dissuasif permet, dans le pire des cas, de retrouver sa voiture très rapidement. Il peut en outre être couplé avec les antivols existants.

**Comment ?**

Au-dessus et au centre de la partie avant du toit se trouve un hublot blindé transparent, de 4 x 6 cm, qui est gravé d'un numéro d'identification invisible. A l'intérieur du véhicule lui correspond un coffret également blindé qui contient un dispositif électronique et est équipé d'une serrure de sécurité. Visibles à travers le hublot, des diodes restent vertes tant que tout est normal. Si, en revanche, des diodes rouges s'allument, cela indique que le véhicule, qu'il soit en stationnement ou en déplacement,



a été volé. Grâce à un système de contacteurs multiples, cette lumière rouge s'allume dès que l'une des fonctions du véhicule est sollicitée sans que l'on ait tourné la clé du coffret électronique.

La conception du produit dissuade à la fois ce qu'on appelle les vols "du samedi soir" et ceux des trafiquants de voitures : le hublot est solidaire du toit de façon indéfectible ; pour le retirer de façon

non visible il faudrait changer tout le chassis, opération non rentable.

**Pour qui ?**

L'inventeur évalue le prix public de ce détecteur de voitures volées à moins de 1 000 F, pose comprise. Il cherche un fabricant-distributeur, par cession de licence d'exploitation ou vente de son brevet. Il tient à la disposition de son partenaire savoir-faire, manuel de pose et assistance technique.

## PHOTOCOPIES À LA CARTE

**Quoi ?**

Ce dispositif électronique, adaptable sur n'importe quelle photocopieuse, permet de faire payer les copies non seulement avec des pièces de monnaie, mais aussi avec des cartes magnétiques. Le crédit

de ces dernières peut même être rechargeé par simple insertion de pièces dans l'appareil.

Un clavier à clef, proposé en option, permet au gestionnaire de la photocopieuse de savoir, par affichage sur l'écran de la machine, le nombre de copies effectuées, comment elles ont été réglées, pièces ou carte, et l'argent qui se trouve en caisse.

Ce même écran sert, le reste du temps, à indiquer le prix des copies — qui peut être différent si l'on règle par pièces ou par carte.

**Marché ?**

Ce système permet la photocopie en "self-service", dans les bibliothèques, les lycées, universités, magasins, etc.

**Pour qui ?**

La firme britannique, qui fabrique et commercialise déjà le "Cashkard", recherche des agents en France.

**Comment passer dans cette rubrique**

Si vous avez conçu une innovation ou un produit nouveau, adressez à "Des marchés à saisir" un descriptif de votre invention le plus clair possible, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype. Enfin faites preuve de patience et de tolérance ; nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.



**Pourquoi ne pas exporter en Suisse ?** *Science & Vie* peut vous y aider grâce à la dynamique chambre de commerce et d'industrie franco-suisse. Celle-ci appuie notre action de promotion de l'innovation au point d'ouvrir les colonnes de sa revue (40 000 exemplaires diffusés auprès des décideurs) aux articles que nous lui transmettons, pourvu qu'ils traitent de nouveautés industrielles françaises. N'hésitez pas à nous faire connaître. Adressez à *Science & Vie*, à l'attention de G. Morice, France-Suisse, des notices décrivant vos nouveaux produits et techniques. Joignez-y une photo. Nous ferons une première sélection avant celle de la chambre de commerce franco-suisse, mais il restera cependant beaucoup d'élus. Et peut-être, même, certains produits ou techniques seront aussi présentés dans *Science & Vie*.

#### **Test anti-attaque cardiaque.**

80 % des victimes de crise cardiaque présentent un taux de concentration de la lipoprotéine (a) très élevé. Cette accumulation Lp (a) augmente progressivement jusqu'à l'attaque. D'où l'idée de chercheurs universitaires américains de concevoir un test de mesure de Lp (a), la détection de taux excessifs devant permettre à des personnes apparemment en bonne santé de se préunir contre un risque cardiaque à long terme et de se protéger par une thérapeutique préventive. Ce test est utilisé à titre expérimental dans différents hôpitaux et il devrait bientôt être commercialisé auprès du grand public.

**Un tapis roulant chargeant les bagages directement dans les soutes d'avions** a été mis au point en Suède. Plus de rapidité, moins de chocs sur les bagages, une main-d'œuvre effectuant un travail moins stupide et moins pénible : le nouveau système paraît présenter tous les avantages. SAS sera la première compagnie au monde à l'utiliser, sur ses moyens courriers, en septembre à l'aéroport d'Oslo.

**Cet import-export particulier des déchets** qui passent d'un pays à l'autre sera, on l'espère, sérieusement contrôlé par un corps européen d'inspecteurs qui devrait être constitué au sein de la future Agence européenne de l'environnement. Il existe bien une convention internationale en la matière (accords de Bâle) et un secrétariat spécifique a été mis en place. Disons que leur efficacité reste à prouver...

## Téléphonez à votre ordinateur pour lui dire de travailler

Partir pour la nuit, un week-end, un voyage d'affaires ou pour des vacances au bout du monde en laissant son PC sous tension, nul n'y songerait.

Il serait pourtant bien pratique de pouvoir en son absence, à distance, "réveiller" son ordinateur pour qu'il effectue un transfert automatique de fichiers, une opération de télémaintenance ou pour consulter sa base de données personnelle si on utilise aussi son PC de bureau comme microserveur personnel. Bien pratique, aussi, si par la même occasion on pouvait mettre en route non seulement le PC, mais aussi toutes les fonctions de la domotique : télésurveillance, télalerche, téläßistance, etc.

Un dispositif permettant tout cela existe aujourd'hui : "l'Eveilleur", il vient d'être présenté par la firme française PNB et ne coûte que 1 390 F (HT). Sur simple appel téléphonique, il met sous tension un PC. Il s'agit d'un interrupteur de puissance télécommandé par le modem. Lorsque ce dernier détecte un appel téléphonique, sa logique interne provoque la fermeture de cet interrupteur et l'ordinateur se trouve alimenté. Ce dernier étant alimenté, rien n'empêche de le doter de sorties de puissance commandées par séquences codées : toutes les applications domotiques que nous avons évoquées deviennent alors possibles.

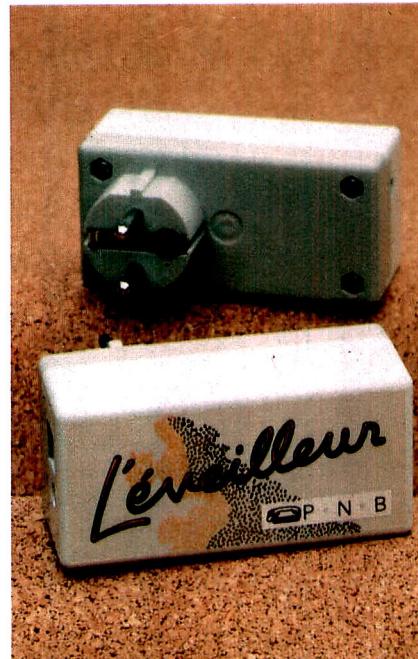
L'Eveilleur se présente sous la forme d'un petit boîtier (10 x 5 x 4 cm) qui s'encastre directement dans la prise de secteur. Il est livré avec un câble qui se branche sur la prise alimentation du modem. Sur le côté de l'appareil un commutateur à deux positions permet soit de "court-circuiter" la fonction intelligente de l'Eveilleur (position manuel), soit d'autoriser le fonctionnement en mode télécommande (position auto).

Lorsque l'ordinateur a terminé son travail, il le fait savoir au modem et l'Eveilleur remet l'ensemble de l'installation hors cir-



cuit, jusqu'à un prochain appel téléphonique. Par sécurité, le PC peut même donner l'instruction de ne plus être éveillé par la suite. Dans ce cas, seule une commande manuelle permettra de le rallumer.

Enfin, un dispositif assure la sécurité d'emploi de l'installation : en cas de sonneries intempestives, ou de mauvais fonctionnement du PC, l'ensemble PC et modem s'éteint automatiquement. ■



# OFFENSIVE D'ÉTÉ POUR LA HAUTE DÉFINITION

*A l'unanimité, les experts de l'ensemble des pays du monde, réunis le 23 mai à Düsseldorf, ont adopté cinq normes internationales de télévision à haute définition, fixant ainsi les nouvelles voies que devront suivre les industriels d'équipements électroniques.*

*Dès le lendemain, Japonais et Européens s'y engouffraient pour une dernière bataille à la conquête du marché des futures télévisions.*

**C**e 1<sup>er</sup> juillet débute la seconde phase d'Euréka EU 95, le projet européen de télévision à haute définition (TVHD). Lancé par le conseil des ministres de la Recherche des pays de la Communauté à la VIII<sup>e</sup> Conférence de Rome le 1<sup>er</sup> juin dernier, ce programme a été doté d'un budget de 3,5 milliards de francs pour une période de deux ans et



demi, soit un montant 2,4 fois plus élevé que le coût de la première phase. Essentiellement axé sur la réalisation du standard européen de TVHD, il doit assurer, en particulier, la production des équipements destinés aux opérations de démonstration et de promotion, comme la couverture télévisée de la coupe du monde de football qui s'achève actuellement à Rome, les jeux Olympiques de 1992, ou



l'Exposition internationale de Séville (Espagne), également en 1992. En outre, cette phase du programme Euréka doit préparer l'introduction sur le marché, à partir de 1995, des équipements grand public de TVHD tels que téléviseurs, vidéodisques et magnétoscopes.

Avec la coupe du monde de football, la liaison télévisée qui a été organisée constitue la première transmission de TVHD en grandeur réelle dans la norme européenne HD-MAC. La couverture est assurée en coopération avec la RAI (la chaîne nationale de télévision italienne) en direct et en 1 250 lignes. Six matches doivent être diffusés depuis Rome, dont un des matches des huitièmes de finale (le 25 juin), un des quarts de finale (le 30 juin) et la finale le 8 juillet.

Les signaux TVHD sont transmis depuis le 9 juin, par une liaison à fibre optique de 140 Mbits/s jusqu'à une station satellite de Rome, à 10 km du stade. Ils sont ensuite émis en HD-MAC, sur le satellite Olympus. En France, le signal HD-MAC reçu à la station de Bercenay est retransmis sur satellite de télévision directe TDF-1. Un processus semblable

est prévu en Allemagne, avec une retransmission sur TV-SAT 2 depuis la station d'Usingen.

Des salles de réception de ces signaux HD-MAC fonctionnent à Milan, à Francfort, à Rennes, à Paris, à Eindhoven et à Londres. Le public invité

y suit, en direct sur des récepteurs HD-MAC, les matches transmis. Les téléspectateurs disposant chez eux d'un téléviseur D2-MAC, ou d'un téléviseur ordinaire avec un décodeur MAC, reçoivent aussi ces programmes. Ils ne bénéficient pas, bien entendu, de la qualité TVHD, mais de celle que procure la norme intermédiaire D2-MAC Paquet, ainsi que du son numérique en stéréophonie, comparable à celui du disque compact. Le commentaire des matches est assuré en quatre langues (français, anglais, allemand et italien).

Cette première expérience de TVHD directe par satellite sur toute l'Europe est un succès indéniable

## Première au "Mondiale".

A l'intérieur d'un car-régie, situé tout près du stade olympique de Rome, où se déroule une partie de la coupe du monde de football, ces écrans 16 : 9 haute définition et ce moniteur de contrôle classique 4 : 3 (au centre) permettent d'apprécier la différence de qualité entre la télévision d'aujourd'hui et celle de demain.

## Les Japonais ont perdu la première manche

etc., sont déjà en service dans quatre pays européens, où ils ont été utilisés pour la réalisation de plus de 60 programmes. Ce sont ces équipements qui, aujourd'hui, à Rome et dans les pays de la Communauté sont utilisés pour faire la démonstration d'une transmission HD-MAC par satellite.

Entre-temps, la nouvelle assemblée plénière du CCIR, la douzième, s'est réunie à Düsseldorf fin mai 1990. Le HD-MAC y a été reconnu officiellement comme proposition de norme mondiale, au même titre que le système japonais MUSE. En même temps, cinq recommandations ont été adoptées qui devraient permettre, avec l'évolution vers la TVHD, d'aboutir à une norme mondiale sans doute dans le cadre d'une technologie numérique. Ce sont :

- **Recommandation XA/11.** Elle définit 23 des 34

pour le programme Eurêka EU 95. Celui-ci avait en effet vu le jour en octobre 1986, au lendemain de la tentative japonaise d'imposer au monde entier la norme TVHD créée par NHK, l'organisme national de la télévision de Tokyo, et pour laquelle les industriels nippons avaient déjà réalisé tous les équipements de prise de vue et de réception. On se rappelle (1) qu'à l'époque la demande formulée au CCIR (Comité consultatif international des radiocommunications) d'adopter cette norme comme standard international avait été considérée par les Européens comme une tentative de mise à mort de leur industrie électronique grand-public. La bataille fut perdue par les Japonais, car leur système avait le double inconvénient de n'être compatible ni avec le parc des téléviseurs PAL et SECAM de l'Europe ni avec la fréquence du courant de nos réseaux électriques (50 Hz au lieu de 60 Hz au Japon). Refusant cette incompatibilité, les Européens préparèrent en quelques semaines un contre-projet jetant les bases d'une TVHD adaptée à l'Europe et demandèrent au CCIR le renvoi du choix d'un standard international à la session suivante (mai 1990), afin de permettre sa mise au point. Ce renvoi ayant été obtenu, les participants du programme Eurêka EU 95 (Philips en Hollande, Thomson en France, Bosch en Allemagne, Nokia en Finlande et sept entreprises italiennes groupées en consortium) développèrent, pour les pays dotés d'un courant 50 Hz, le système de transmission HD-MAC utilisant un balayage de 1 250 lignes (soit le double des 625 lignes des standards actuels SECAM, PAL et D2-MAC Paquet). Des matériels furent construits en prototypes. Ainsi les participants du programme EU 95 ont-ils désormais

à leur disposition des équipements de studio et une chaîne de transmission HD-MAC, audio et vidéo. Cet ensemble a déjà été utilisé pour la promotion dans le monde entier de la TVHD 1 250/50. Des cars-régie dotés de caméras, de magnétoscopes, de mélangeurs,

etc., sont déjà en service dans quatre pays européens, où ils ont été utilisés pour la réalisation de plus de 60 programmes. Ce sont ces équipements qui, aujourd'hui, à Rome et dans les pays de la Communauté sont utilisés pour faire la démonstration d'une transmission HD-MAC par satellite.

Entre-temps, la nouvelle assemblée plénière du CCIR, la douzième, s'est réunie à Düsseldorf fin mai 1990. Le HD-MAC y a été reconnu officiellement comme proposition de norme mondiale, au même titre que le système japonais MUSE. En même temps, cinq recommandations ont été adoptées qui devraient permettre, avec l'évolution vers la TVHD, d'aboutir à une norme mondiale sans doute dans le cadre d'une technologie numérique. Ce sont :

- **Recommandation XA/11.** Elle définit 23 des 34

valeurs de paramètres fondamentaux jugés nécessaires pour la norme de studio TVHD (sur la base des signaux analogiques, sans toutefois exclure la compatibilité avec les signaux numériques) et pour l'échange international de programmes de TVHD. Un tel échange, fondé sur cette recommandation, a d'ailleurs déjà cours. Outre la production et l'échange de programmes à haute définition, l'adoption d'une norme de studio facilite l'introduction des services de radiodiffusion de TVHD et l'utilisation de la TVHD à des fins autres que la radiodiffusion (affichage électronique sur écran, équipement d'affichage sur écran pour l'Aérospatiale, affichage sur écran pour les illustrations médicales, en microchirurgie, par exemple, applications industrielles, comme la conception industrielle, l'industrie de la presse électronique, etc.).

• **Recommandation XB/11.** Elle fournit les méthodes applicables à l'évaluation subjective de la qualité de l'image en TVHD.

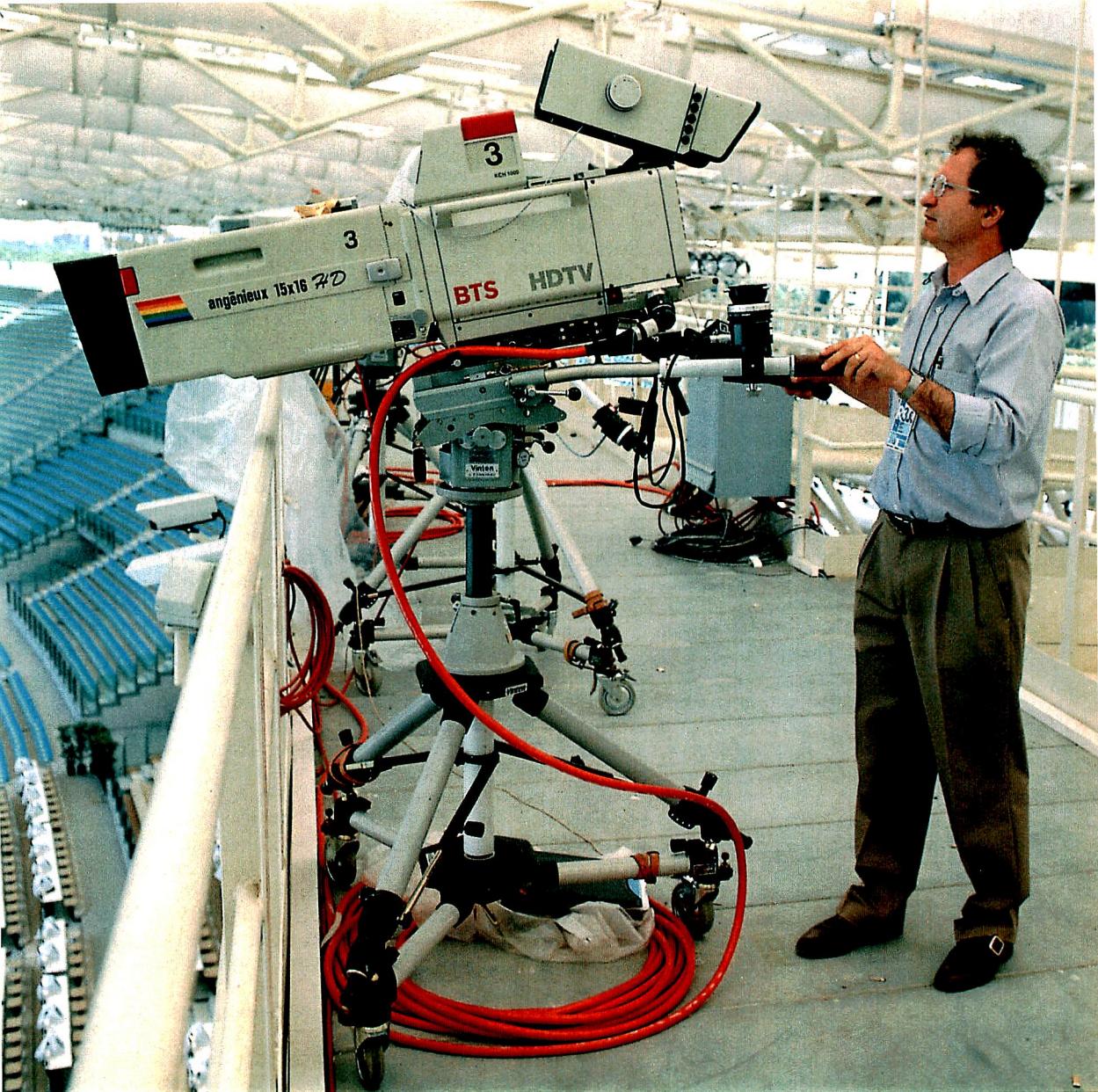
• **Recommandation XC/11.** Elle concerne l'enregistrement d'images TVHD sur films cinématographiques de 35 mm.

• **Recommandation XD/11.** Elle concerne l'échange international des programmes de TVHD enregistrés.

• **Recommandation AD/10-11.** Elle définit la partie d'un film cinématographique de 35 mm à analyser pour les télécinémas TVHD.

Les valeurs des paramètres ainsi adoptées sont la base même d'une norme de studio unique dans le monde entier. Elles portent notamment sur le format d'image de 16 : 9 et les valeurs colorimétriques. Grâce à cet accord, il est désormais possible aux constructeurs de produire des équipements de TVHD, en particulier des écrans de TV et de perfectionner les systèmes traditionnels. Dès la fin de cette année, des téléviseurs au format 16 : 9 pourront être ainsi commercialisés. En outre, les cinq recommandations faciliteront l'échange de programmes à haute définition, un accord mondial ayant été conclu dans les domaines de l'échange des programmes enregistrés, du transfert des programmes de TVHD sur des films de 35 mm et de la relation entre des films cinématographiques de 35 mm et les télécinémas TVHD.

Pour le professeur Mark I. Krivocheev, rapporteur principal de la commission du CCIR chargée des questions relatives à la télévision, ces cinq recommandations représentent le *nec plus ultra* dans le domaine de la normalisation internationale de la télévision et traduisent les progrès accomplis au Japon, en Europe et aux Etats-Unis en matière de haute définition. Il n'en reste pas moins — mais cela était prévu par les experts du CCIR — qu'il n'a pas été adopté de norme mondiale de transmission de la TVHD. Ainsi sont toujours en présence les systèmes européen HD-MAC 1 250 lignes-50 Hz, et



japonais MUSE 1 125 lignes-60 Hz.

En fait, les développements technologiques européens et japonais de ces quatre dernières années ont montré qu'il était encore impossible de normaliser entièrement la TVHD. En outre, les Etats-Unis, qui viennent à peine d'entrer dans la compétition et qui n'ont pas encore adopté de système, avaient demandé le renvoi d'une normalisation complète à une autre session du CCIR. Parmi les études à entreprendre figurent, par exemple, les paramètres applicables à la norme de studio de TVHD numérique — car les systèmes actuels japonais et européens restent analogiques (nombre d'échantillons par ligne utile numérique, nombre d'échantillons par ligne complète, relation de temporisation horizontale analogique/numérique, forme de codage,

correspondance entre les niveaux des signaux vidéo et les niveaux de quantification, utilisation de mot de code) —, les paramètres techniques relatifs aux fréquences radioélectriques et aux émissions — dont la modulation, le codage des voies et le multiplexage de la radiodiffusion de TVHD par satellite —, les paramètres de systèmes applicables aux transmissions de TVHD par satellite, etc. Ces études seront alors abordées à la prochaine conférence administrative mondiale de l'UIT (Union internationale des télécommunications), qui se tiendra en 1992 et qui traitera de l'attribution d'une bande de fréquences spécifique pour la radio-

**Caméra au point.** Résultat de la collaboration entre 4 pays de la CEE, les six caméras haute définition installées dans le stade olympique de Rome sont pour la première fois utilisées en retransmission directe.

diffusion de TVHD directe par satellite.

Derrière ces études d'experts et ces travaux du CCIR en faveur d'une normalisation internationale, se profilent les rivalités économiques les plus dures et une course des protagonistes (industriels européens et japonais auxquels viennent s'ajouter ceux des Etats-Unis) pour s'assurer la maîtrise des technologies clés des marchés de l'électronique grand-public.

A peine le CCIR avait-il pris ses décisions le 23 mai dernier, posant en quelque sorte les jalons et les limites de la bataille, que celle-ci reprenait de plus belle. Dès le 24 mai, Sony, troisième producteur mondial d'électronique derrière Matsushita et Philips, annonçait le lancement en octobre prochain de la production de masse de 50 000 à 100 000 tubes couleurs de TVHD dans son usine d'Izawana. En même temps, le Japon décidait la création de la première chaîne de TVHD selon le standard MUSE et de sa mise en service à partir de juin 1991, à la veille du lancement du satellite qui remplacera celui que le dernier échec de la fusée Ariane n'avait pas permis de placer sur orbite.

Entre temps, à Kawasaki, près de Tokyo, sera inauguré le premier théâtre pour la projection de films vidéo en haute définition actuellement en fin de construction. En France, le 25 mai, le ministre des Affaires européennes, Edith Cresson, attira brutalement l'attention des industriels, des responsables des chaînes de télévision et du gouvernement sur la situation qui se déve-

loppait ainsi en renonçant à s'occuper du dossier TVHD, déclarant : « Il y a une guerre mondiale pour les normes de télévision et nous la regardons les bras ballants... On sait ce qu'il faut faire, mais on ne le fait pas. » Ce coup d'éclat soutenu

d'ailleurs par le ministre de la Recherche, Hubert Curien, faisait suite aux lenteurs françaises (découlant de décisions du Conseil supérieur de l'audiovisuel) à promouvoir le système D2-MAC Paquet, norme intermédiaire entre le PAL, le SECAM et le HD-MAC. En choisissant de créer une seule chaîne généraliste et gratuite en D2-MAC, la Sept, le CSA s'était en effet éloigné de l'esprit des accords franco-allemands sur la télévision européenne. Au début de 1990, alors que les Allemands créaient cinq chaînes généralistes gratuites en D2-MAC transmises par le satellite TV-SAT 2, les Français ne parvenaient même pas à mettre en place leurs trois chaînes cryptées. Le 25 avril, au sommet de Paris, les ministres allemands ont contesté les choix français et demandé un retour pur et simple aux accords concernant la promotion du D2-MAC (voir *Science & Vie* n° 873 de juin 1990).

Au moment où nous écrivons ces lignes, cette affaire semble devoir trouver une solution. André

Rousselet, le P-DG de Canal-Plus, serait prêt à abandonner une de ses chaînes cryptées sur le satellite TDF-1 au profit d'une chaîne généraliste. L'opération pourrait être examinée dès ce mois-ci après le lancement de TDF-2, le satellite de sécurité de TDF-1, qui doit disposer de cinq autres canaux de transmission en D2-MAC.

La bataille de la TVHD s'accélérant (nous venons de voir comment les Japonais avancent leurs pions), certains responsables gouvernementaux seraient prêts à soutenir la candidature d'Antenne 2 pour le canal libéré sur le satellite TDF-2, afin de satisfaire la demande allemande et, du même coup, de participer à la promotion du HD-MAC par la diffusion en TVHD des grands événements prévus par le programme Euréka EU 95, comme les prochains jeux Olympiques de 1992.

Aux Etats-Unis, nous le savons (²), les industriels se sont lancés tardivement dans la course à la TVHD. La Commission fédérale des communications (FCC), l'organisme de coordination américain, a fixé au début de 1993 les essais qui permettront le choix d'un système de TVHD. Cela n'empêche pas les grandes firmes de préparer des équipements. Ainsi Kodak présentait-il, le 30 mai dernier à Paris, un système de post-production électronique à haute résolution pour la manipulation numérique des images et la création d'effets spéciaux. Ce système doit assurer l'interface film argentique/image électronique sans sacrifier la qualité et de l'image cinématographique et de la création artistique.

Il comprend quatre éléments :

- un analyseur à haute résolution de l'image du film utilisant un capteur à transfert de charge (DTC) pour le rouge, le vert et le bleu de 4 000 points ;
- une station de traitement informatique des images ;
- un enregistreur des informations numérisées ;
- enfin, un enregistreur des images à haute résolution sur un film spécial, utilisant une technologie de diodes laser à infrarouge.

L'application la plus immédiate d'un tel système est la réalisation d'effets visuels tels que les incrustations images et textes, les mélanges d'images réelles et de synthèse, l'animation, la "colorisation", les interventions sur le contraste, la luminosité, la netteté et le grain ; l'élimination des poussières, rayures et fils... Avec ce système les passages de l'image argentique à l'image numérique et inversement se font avec une résolution de 2 000 à 3 000 lignes pour une image 35 mm. En même temps, Kodak a présenté un télécinéma haute définition pour le transfert des films de cinéma en TVHD, quel que soit le standard, 1 250 lignes-50 Hz européen, 1 125 lignes-60 Hz japonais, ou 1 050 lignes-69,94 Hz américain (à l'étude actuellement).

Nous avons assisté à la présentation de films

## Pas encore de prophylaxie universelle

## LA TVHD TOUT NUMÉRIQUE EXPÉRIMENTÉE À ROME

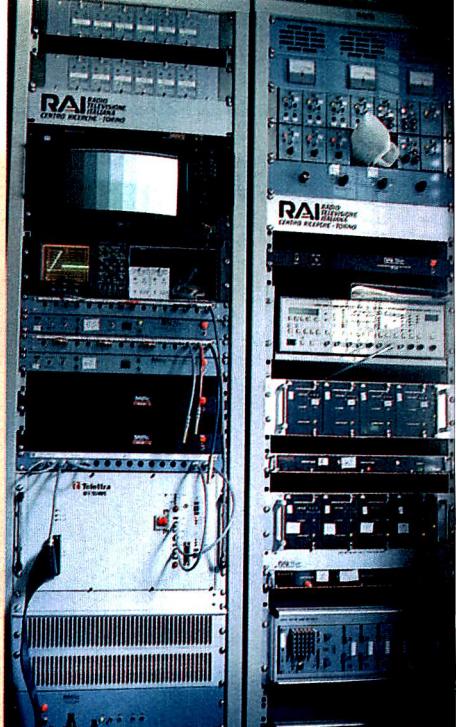
Derrière le grand stade olympique de Rome, où se déroule actuellement la Coupe du monde de football, quelques bâtiments provisoires et plusieurs autocars abritent d'importants équipements assurant la transmission des matches en TVHD via les satellites Olympus TDF-1 et TV-SAT 2. L'opération est organisée par l'ensemble des partenaires du projet Euréka EU 95.

Deux cars-régie, l'un de BTS (Broadcast Television System, une filiale commune à Philips et à Bosch) et l'autre de Retevision (la télévision espagnole), ont mis en commun leurs trois caméras vidéo haute définition. Dans ces cars, les techniciens de la RAI (télévision italienne), de IHD (International HD, l'organisme chargé de la promotion du standard HD-MAC), de BTS et de Retevision se succèdent pour assurer la production des images.

Ensuite, les signaux de TVHD sont traités numériquement par les techniciens de Philips, puis sont repris dans le car du CCETT (Centre commun d'études des télécommunications et de la télévision) pour être reconvertis en analogique et transmis au centre de Rome, par liaison en fibre optique. Une station émet alors les signaux HD-MAC vers le satellite Olympus. Captés directement dans tous les pays européens, ces signaux sont également relayés par le satellite TDF-1 en France et TV-SAT 2 en Allemagne. Les possesseurs de téléviseurs D2-MAC peuvent aussi capter ces émissions (sans la

haute définition, s'entend) sur le canal 13 (TDF-1) ou 20 (Olympus).

Par ailleurs, un autre équipement TVHD (**photo ci-contre**) est utilisé par la RAI pour une expérience de transmission des matches en haute définition et en numérique, en vue de mettre au point la TVHD de l'an 2000. Avec la société italienne Telettra, Retevision et l'université de Madrid, la RAI participe ainsi au deuxième programme Euréka (EU 256). Dans un premier temps, ce projet doit aboutir à une norme de télévision haute définition entièrement numérique réservée aux échanges de programmes entre les centres de production. L'originalité du projet EU 256 est qu'il accepte en entrée tous les signaux vidéo existant dans tous les lignages et fréquences (525, 625, 1 125 ou 1 250 lignes en 50 ou 60 Hz). Le cœur du dispositif est le Codec (en bas à gauche sur la photo ci-contre), système qui permet de comprimer le signal vidéo numérisé à 16 bits par point de définition d'image (8 pour la luminance, 8 pour la chrominance) pour le réduire à un signal à 1,5, voire 1 bit par point. Ainsi la numérisation totale d'un signal vidéo et son TVHD, qui atteint le débit astronomique de 1 gigabit par seconde, peut-elle être limitée par le Codec à 70 mégabits par seconde. De ce fait, le signal numérique n'occupe "que" 35 MHz de bande passante (rappelons que le SECAM occupe 8 MHz). A l'évidence, comme le signale Mario Cominetto, le directeur du laboratoire des



nouvelles techniques au centre de recherche de la RAI, « ce procédé n'est pas destiné à la télévision grand-public, et, de toute façon, n'est pas compatible avec les téléviseurs actuels ou à venir (D2 et HD-MAC). Il s'agit avant tout de mettre au point un outil pour le transport et l'échange d'images vidéo entre centres de production sans pertes de qualité ». Ici aussi, c'est Olympus qui se charge de transmettre ces signaux numériques, mais seuls quelques équipements de réception situés en Italie peuvent les décoder.

Laurent Douek

35 mm et 16 mm transférés sur téléviseur 16 : 9 haute définition par ce télécinéma : les images défilaient sur l'écran avec une qualité de piqué et de nuances de couleurs visuellement identiques à celles des meilleurs films 35 mm projetés en salle de cinéma.

Le développement des équipements nécessaires à la haute définition (télévision et matériels périphériques) dépend aujourd'hui de la technologie des semi-conducteurs. Dans ce domaine, les Japonais détiennent une telle avance que l'on peut se demander s'il sera possible un jour de se passer de leurs composants. Dans une interview récente donnée à notre confrère des *Echos*, Hubert Curien déclarait à ce propos : « Je me suis interrogé, comme les industriels, sur la possibilité de s'approvisionner auprès des fabricants japonais de semi-conducteurs. Si le prix est honnête, on gagnerait ainsi tout le coût de développement. Et c'est très séduisant. Le point délicat, c'est le risque d'inter-

ruption toujours possible lorsque l'on s'en remet à un concurrent pour des éléments clés de sa production. Pour éliminer ce risque, l'industrie européenne doit s'organiser pour être en mesure de réaliser elle-même ses propres circuits en six mois. Je suis favorable à la poursuite d'un effort de recherche pour les composants, même si on les achète volontiers à l'extérieur. »

Cet effort dépend aujourd'hui, pour une bonne part, de deux programmes Euréka, l'EU 95 avec le projet JESSI, destiné à favoriser la conception des composants électroniques, et l'EU 256 concernant la TVHD numérique (*voir encadré ci-dessus*). Il représente un nouveau défi lancé aux Japonais. Nous y reviendrons en détail le mois prochain.

Roger Bellone

(1) *Science & Vie* n° 26 de juillet 1986.

(2) *Science & Vie* hors série Photo-Vidéo-TV 1990.

# ZOOM SUR LES ZOOMS 35-70 mm

*Truffés de microprocesseurs et autres circuits asservissant les commandes de distance, de diaphragme et de focale, afin d'automatiser la mise au point et les programmes d'exposition, les zooms restent-ils des objectifs aux performances optiques satisfaisantes ?*

**L**es zooms sont aujourd'hui d'une utilisation courante sur les appareils 24 × 36 reflex. Parce qu'ils sont les moins chers et les plus compacts, ceux qui couvrent les focales de 35 à 70 mm sont les plus demandés. Aux yeux des amateurs, ils ont l'avantage de remplacer trois objectifs à focale fixe, les 35, 50 et 70 mm, ce qui représente 90 % de leurs besoins. Ces besoins sont d'autant mieux satisfaits que les zooms 35-70 mm permettent tous la prise de vue rapprochée (position de réglage dite "macro") autorisant la photographie des petits sujets et des détails.

Observons tout de même ici que ces objectifs possèdent encore un inconvénient important : ils sont peu lumineux. En focales de 35-70 mm, la plus grande ouverture revient à un Nikon de conception récente, le Nikkor AF 2,8. Pour maintenir cette valeur à toutes les focales, l'objectif comporte 15 lentilles d'un diamètre relativement large. Aussi ce zoom est-il un peu plus encombrant et deux fois plus lourd (665 g) que ses concurrents : 260 g le Nikkor 3,3-4,5 ; 245 g le Canon EF 3,5-4,5 ; 235 g le Pentax SMC-F 3,5-4,5 et 325 g le Sigma AF 3,5-4,5. Conçu pour un usage professionnel, il est également le plus coûteux : 5 400 F environ contre 1 400 F le Nikkor 3,3-4,5, 1 500 F le Canon, 1 980 F le Pentax et 1 150 F le Sigma.

Concernant la luminosité, il faut encore observer que les ouvertures 3,5-4,5 de ces zooms représentent une perte de lumière de huit à dix fois par rapport aux objectifs classiques 35 et 50 mm ouverts à 1 : 1,4. Cela réduit les possibilités d'utilisation des films les plus fins, dont la sensibilité est toujours inférieure à 100 ISO, et diminue aussi la clarté de l'image de visée et la précision dans la recherche du plan de netteté lors de la mise au point.

Au fil des années, les objectifs — et plus particulièrement les zooms — ont bénéficié d'améliorations. Elles ont porté, d'abord, sur les corrections des aberrations optiques, obtenues notamment au moyen de verres nouveaux, de combinaisons de lentilles déterminées par ordinateur et de traitements de surface à couches multiples. Plus récemment, et surtout avec l'arrivée des appareils à mise au point automatique, la construction mécanique des objectifs s'est profondément modifiée et affinée, autant pour obtenir les asservissements nécessaires aux divers automatismes (exposition et mise au point) que pour améliorer l'image. Cette amélioration, par exemple, procède de lentilles flottantes, technique consistant à déplacer des lentilles sur l'axe optique pour assurer la variation de focale, corriger des aberrations comme le vignetage (assombrissement de l'image dans les angles) ou la courbure de champ aux courtes distances, ou réaliser la mise au point sans déplacer l'ensemble du bloc optique. Dans ce dernier cas, le simple mouvement de lentille au cœur de la monture évite toute modification de la longueur de l'objectif durant la mise au point. La stabilité des prises de vue est ainsi mieux assurée. De plus, la mise au point rapprochée peut être obtenue sans allongement excessif du tirage mécanique (la distance objectif-film sur l'appareil). C'est ainsi que la plupart des zooms possèdent aujourd'hui une position macro.

Tous les zooms sont dotés de microprocesseurs fournissant en temps réel les paramètres optiques nécessaires au calculateur de bord des reflex automatiques. Un micromoteur de mise au point est même incorporé à chaque zoom Canon.

Reste à savoir si la complexité des montures de tels objectifs peut compromettre leurs qualités opti-



Cinq zooms au banc d'essai.

- 1. Nikkor AF 3,3-4,5 ;
- 2. Nikkor AF 2,8 ;
- 3. Canon EF-A 3,5-4,5 ;
- 4. Pentax SMC-F 3,5-4,5 ;
- 5. Sigma AF 3,5-4,5

ques. Sans le progrès technologique de ces dix dernières années, il est certain que le maintien de performances élevées serait difficile. Mais les opticiens utilisent aujourd'hui des matériaux résistants et légers avec des tolérances de fabrication plus étroites qu'autrefois. Ainsi la qualité des objectifs

peut-elle être parfaitement assurée. Il reste ensuite aux constructeurs à contrôler en fin de chaîne les objectifs achevés. De ce contrôle dépend en effet l'homogénéité des fabrications.

Les équipements des grands opticiens permettent actuellement une vérification automatique de tous

# Gros plan sur les performances des zooms

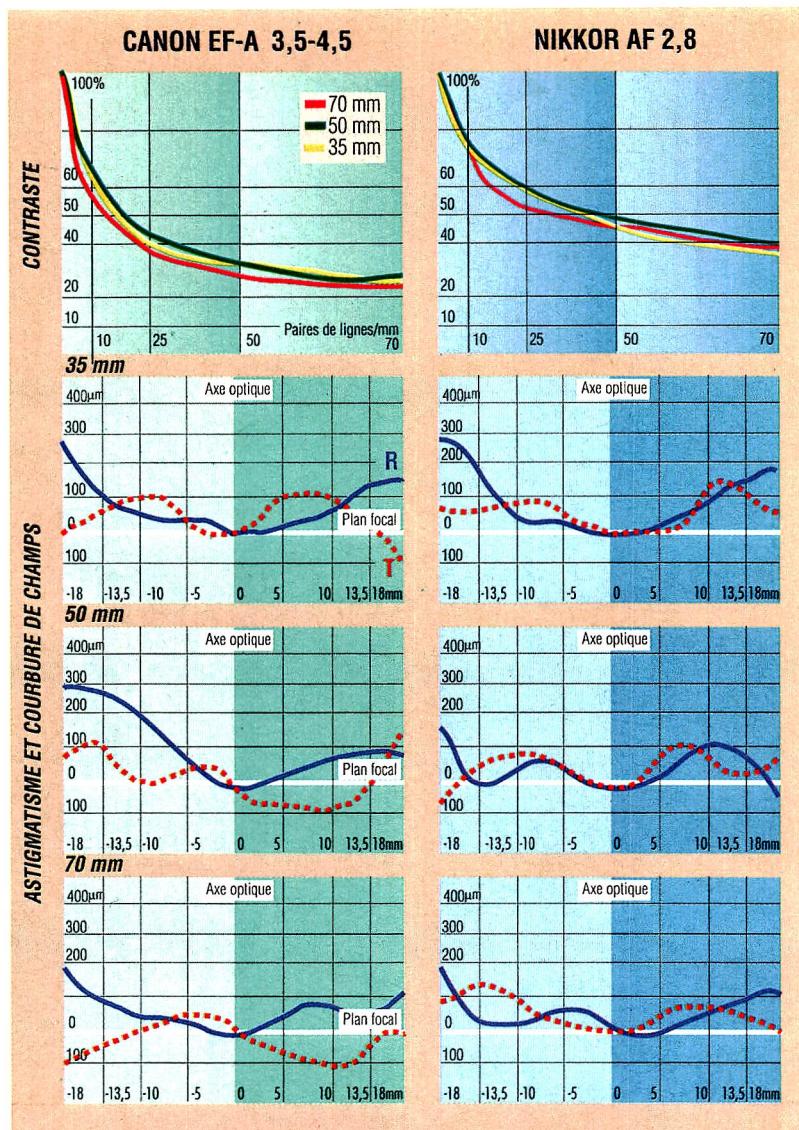
La fidélité des images produites par les zooms 35-70 mm est synthétisée par les deux séries de courbes ci-contre.

Le premier graphique pour chaque objectif groupe les 3 courbes de FTM correspondant aux 3 focales testées. La fidélité de l'image dépend essentiellement de la restitution du contraste des mires de 10 à 25 lignes/mm. Les courbes les plus hautes traduisent les meilleures performances. La quantité de détails reproduits (la définition) dépend surtout de la restitution du contraste au-delà de 50 lignes/mm. Ici encore, les courbes les plus hautes traduisent les meilleures performances.

Les trois autres séries de courbes permettent d'apprécier l'astigmatisme et la courbure de champ. Ces courbes ont été tracées pour chaque focale. Elles sont doubles, en trait plein (courbe R) pour les lignes de la mire orientées dans un sens (radial) et en pointillés (courbe T) pour celles dans un sens perpendiculaire (tangential). Elles ont été relevées à partir de mesures faites au centre du champ, sur l'axe optique, et de part et d'autre de ce centre, à 5, 10, 13,5 et 18 mm.

Avec un objectif idéal, les images radiales et tangentielles coïncideraient et se formeraient sur un seul plan net (la ligne 0), correspondant au plan de l'émulsion. La perfection n'existe pas, les meilleurs zooms sont ceux qui procurent des images radiales et tangentielles aussi proches que possible de ce plan de la surface sensible.

Par ailleurs, lorsque ces courbes d'astigmatisme sont inclinées sur la ligne 0, elles révèlent un défaut de positionnement du bloc de lentilles. Il y a, dans ce cas aussi, perte de netteté, surtout sur les bords de l'image.



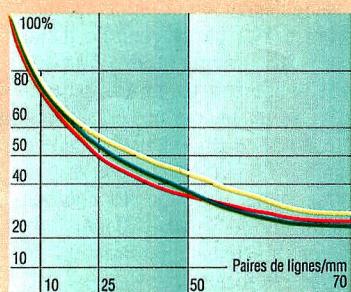
les objectifs produits. Toutefois, il s'agit d'une vérification de conformité aux tolérances de fabrication. De ce fait, des différences de performances subsistent. Elles sont très faibles si les tolérances imposées sont étroites. Mais les objectifs rejetés sont alors plus nombreux qu'avec des normes moins sévères et les prix s'en trouvent alourdis.

Les essais que nous avons réalisés des cinq zooms 35-70 mm disponibles au début de cette année sur notre marché n'ont porté que sur un seul exemplaire de chacun d'eux. Les résultats ne sont donc qu'une indication sur les qualités de ces objectifs, sachant que de légères variations sont possibles dans les limites des tolérances de fabrication.

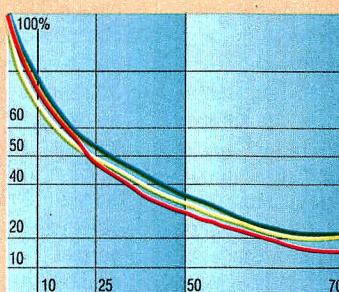
Ces essais ont été réalisés en laboratoire, essentiellement par relevé de la fonction de transfert de modulation (FTM). Cette technique scientifique de contrôle recouvre une notion relativement simple, la fidélité avec laquelle un objectif reproduit un sujet. Cette fidélité de restitution des détails est souvent plus importante que la quantité de ces détails, mesurée traditionnellement par le pouvoir séparateur, c'est-à-dire le nombre de lignes noires et blanches par millimètre transmises distinctement.

Regardez les deux fragments de mire de l'*illustration ci-contre* : leurs traits noirs et blancs peuvent être comptés jusqu'à la valeur "repère 20". Lorsque deux objectifs donnent ces résultats, on dit qu'ils ont

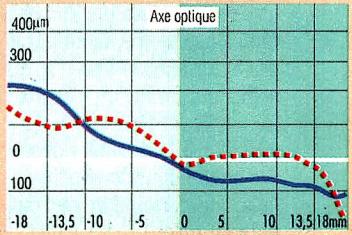
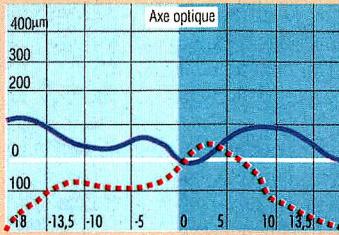
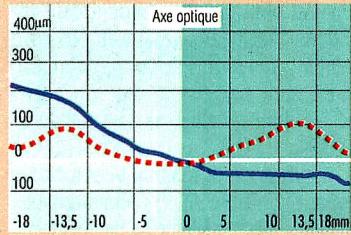
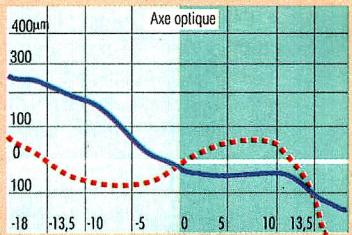
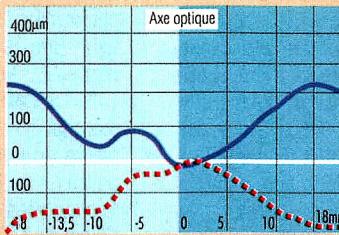
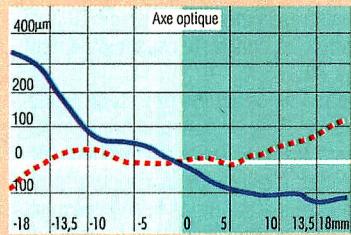
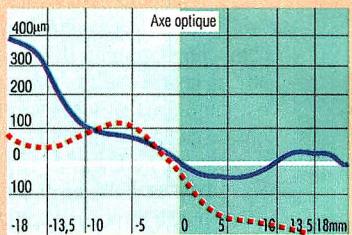
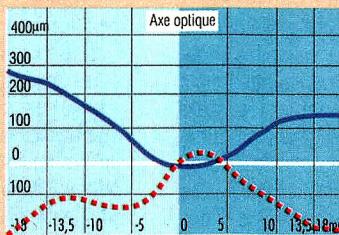
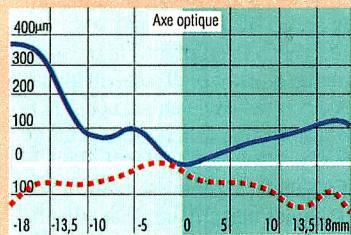
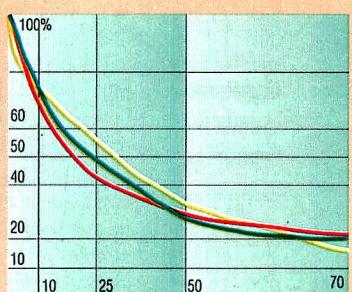
### NIKKOR AF 3,5-4,5



### PENTAX SMC-F 3,5-4,5



### SIGMA AF 3,5-4,5



le même pouvoir séparateur et l'on en déduit généralement qu'ils sont de même qualité. Pourtant, leurs performances ne sont pas identiques. En effet, la mire, qui, sur le dessin original, comporte des traits aux bords parfaitement francs, contrastés, est

altérée sur l'image de droite (valeur 20), les bords étant flous. L'objectif n'a pas assuré une reproduction fidèle : il est moins bon que celui qui a donné l'image de gauche.

Cette perte de fidélité, ou perte de contraste, est due à des dispersions de lumière lors de la traversée des lentilles : de la lumière blanche passe dans le noir des traits. Cela se mesure soit directement au moyen d'une microcellule sur l'image des mires à la sortie de l'objectif, soit indirectement sur la photographie de cette image. Le résultat s'exprime

Images d'une même mire fournis par 2 objectifs différents

20 III

20 III

20 III

20 III

16 III

en pourcentage du contraste de l'original : l'absence de perte représente une réponse de 100 % (dans ce cas, l'image est la reproduction fidèle de cet original). Pour tous les objectifs, cette perte de contraste s'accentue avec la finesse des lignes noires et blanches de la mire, c'est-à-dire avec l'augmentation de leur nombre par millimètre (ce que les spécialistes appellent fréquence spatiale).

La courbe de FTM, tracée à partir des valeurs de contraste et des fréquences correspondantes, rend compte des qualités de l'objectif. Toutefois, les choses sont moins simples qu'il n'y paraît à cause du nombre de mesures qu'implique la méthode, car plusieurs facteurs font varier les performances :

- tout d'abord, la qualité d'un objectif varie dans le champ photographié. Elle est généralement meilleure au centre que sur les bords. Cela oblige donc à de nombreuses mesures pour déterminer les variations de qualité. Pour obtenir des résultats significatifs, avec un minimum de mesures, notre laboratoire a relevé la FTM en 9 points du champ — au centre, puis à droite et à gauche de ce centre, à des distances respectives de 5, 10, 13,5 et 18 mm.
- Par ailleurs, pour chacun de ces points, deux courbes de FTM sont toujours obtenues, à cause d'un défaut optique qui n'est jamais totalement éliminé, l'astigmatisme. En schématisant, disons que les traits d'une mire orientés à 90° les uns par rapport aux autres (orientations dites tangentialles et radiales) ne donnent pas une image dans le même plan. Ainsi, l'astigmatisme ne permet pas d'obtenir en même temps une image nette de ces traits sur un seul plan matérialisé par la surface du film. En principe, le défaut d'astigmatisme n'existe pas sur l'axe optique (au centre du champ) et il augmente lorsqu'on s'écarte de cet axe (donc vers les bords du champ).
- Enfin, il faut encore observer que les performances augmentent lorsqu'on ferme le diaphragme jusqu'à une certaine valeur, puis diminuent aux plus petites ouvertures à cause d'un autre phénomène optique, la diffraction de la lumière. Observons toutefois que, pour juger de la qualité d'un objectif photographique, on peut parfaitement se contenter de mesures à pleine ouverture puisque, en principe, les performances ne peuvent que s'améliorer en diaphragmant. C'est ce qui a été observé sur les zooms testés, pour lesquels nous ne donnons donc que les courbes à pleine ouverture.

Mais, même limitées de la sorte, les mesures restent nombreuses, 18 au total par focale testée (35, 50 et 70 mm) correspondant aux 9 points dans le champ et aux orientations tangentialles et radiales des traits de mire. Dans ces conditions, lorsqu'on n'est pas un expert en la matière, il est difficile d'apprécier les performances d'un objectif par comparaison de ses 18 courbes de FTM. Aussi les avons-nous synthétisées pour les réduire à une

seule courbe prenant en compte toutes les mesures selon une pondération favorisant le centre du champ. En effet, visuellement, un observateur attache plus d'importance à la partie centrale d'une photo qu'à ses bords. La formule utilisée (\*) pour tracer cette courbe pondérée n'est ni arbitraire ni nouvelle : elle avait été établie pour nos essais optiques par la société Matra en 1972 et 1978 (*Science & Vie* n° 738 de mars 1979). Sur chacun des graphiques de FTM, nous avons regroupé les courbes obtenues pour les focales de 35, 50 et 70 mm. Cela permet de comparer directement la variation de qualité du zoom avec ces focales.

Comment juger de ces performances ? Les courbes donnent deux sortes d'informations :

**1. Le contraste.** Celui-ci détermine l'impression de netteté que procure une image. Il a été établi par les opticiens que ce contraste dépend de la réponse aux basses fréquences de 10 à 25 lignes/mm. Plus ce contraste est élevé, meilleur est l'objectif. Pour le Nikon 3,8-4,5, par exemple, le zoom est meilleur à la focale de 35 mm et moins bon à 70 mm. Par ailleurs, si l'on compare les deux zooms Nikon testés, leurs performances sont très semblables, car de 10 à 25 lignes/mm la réponse en contraste est sensiblement la même : de 50 à 80 %.

**2. La définition.** Les opticiens ont établi également qu'au-dessus de 30 lignes/mm une bonne restitution du contraste favorise surtout le pouvoir séparateur de l'objectif, c'est-à-dire sa capacité à reproduire les détails fins. Reprenons le cas des deux objectifs Nikon. Sur le Nikkor 3,8-4,5, le meilleur pouvoir séparateur est obtenu à 35 mm de focale et le moins bon à 50 mm de focale. Quant au Nikkor 2,8, il est franchement meilleur, car les fréquences de 50-70 lignes/mm sont restituées avec un contraste de 40 à 50 %, alors qu'elles ne le sont qu'à 35-40 % pour le Nikkor 3,8-4,5.

Le tableau des résultats accompagnant cet article réalise cette comparaison pour les 5 zooms testés.

Si la FTM donne une bonne idée des performances d'un zoom, sa traduction par une courbe synthétique par focale escamote les conséquences de deux aberrations importantes et souvent conjointes, l'astigmatisme et la courbure de champ. Rappelons, en ce qui concerne la courbure de champ, que l'image obtenue ne coïncide pas avec le plan du film, car elle est courbe. Elle ne peut donc être parfaitement nette qu'aux points

(1) En fait cette formule prend en compte un minimum de mesures utiles, lesquelles sont situées à +18 mm, +10 mm, 0, -10 mm et -13,5 mm dans le champ (les autres servent au tracé des courbes d'astigmatisme). Elle est la suivante :

$M = 1/8 (2 M_0 + (M_1 + M_r) + 10 + (M_1 + M_r) - 18 + (M_1 + M_r) - 13,5)$

$M$  = modulation pour la focale testée et la pleine ouverture de diaphragme,

$M_0$  = modulation au centre du champ,

$M_1$  = modulation tangentielle,

$M_r$  = modulation radiale

## CONCLUSIONS DE NOS ESSAIS

ZOOM ET PRIX	CARACTÉRISTIQUES	FOCALE (mm)	CONTRASTE ET DEFINITION FTM	ASTIGMATISME ET COURBURE DE CHAMP	MONTAGE DES LENTILLES	VIGNETAGE	TOTAL D'ETOILES	CONCLUSIONS
CANON EF-A 3,5/4,5 1 500 F	<ul style="list-style-type: none"> <li>9 lentilles en 8 groupes ; mise au point minimale : 0,39 m ; diaphragme minimal : 1:22 à 29 ; longueur : 63 mm ; poids : 230 g.</li> <li>• Moteur de mise au point intégré</li> </ul>	35	Moyens * *	Faibles * *	Normal * *	55 %	17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Objectif de bonne qualité, bien corrigé de l'astigmatisme. Manque un peu de définition.</li> <li>• Bon rapport qualité/prix</li> </ul>
		50	Moyens * *	Faibles * *	Normal * *	39 %		
		70	Faibles	Très faibles * * *	Normal * *	37 %		
NIKON NIKKOR AF 2,8 5 400 F	<ul style="list-style-type: none"> <li>15 lentilles en 12 groupes ; mise au point minimale : 0,28 m ; diaphragme minimal 1:22 ; longueur : 95 mm ; poids : 665 g.</li> <li>• Microprocesseur intégré transmettant les informations de diaphragme, de distance et de focale au boîtier.</li> </ul>	35	Très élevés * * *	Faibles * *	Normal * *	48 %	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excellent objectif à toutes les focales, mais assez coûteux.</li> <li>• Le zoom le plus lumineux à toutes les focales.</li> </ul>
		50	Très élevés * * *	Très faibles * * *	Normal * *	38 %		
		70	Elevés * *	Très faibles * * *	Normal * *	25 %		
NIKON NIKKOR AF 3,5/4,5 1 400 F	<ul style="list-style-type: none"> <li>8 lentilles en 7 groupes ; mise au point minimale : 0,35 m ; diaphragme minimal : 1:22 ; longueur : 61 mm ; poids : 260 g.</li> <li>• Même microprocesseur que le 2,8/35-70 mm.</li> </ul>	35	Contraste très élevé ; définition élevée * * *	Faibles * *	Léger décentrage	50 %	18	<ul style="list-style-type: none"> <li>Très bon objectif, surtout à 35 et 70 mm.</li> <li>• Très bon rapport qualité/prix.</li> </ul>
		50	Elevés * *	Moyens	Très léger décentrage	36 %		
		70	Elevés * *	Très faibles * * *	Très léger décentrage *	25 %		
PENTAX SMC-F 3,5/4,5 1 980 F	<ul style="list-style-type: none"> <li>8 lentilles en 8 groupes ; mise au point minimale : 0,32 m ; diaphragme minimal : 1:22 à 32 ; longueur : 50 mm ; poids : 235 g.</li> <li>• Microprocesseur intégré.</li> </ul>	35	Contraste moyen ; définition élevée * *	Elevés	Normal	55 %	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>Objectif de bonne qualité, surtout à 70 mm. Astigmatisme assez sensible à 35 et 50 mm.</li> </ul>
		50	Contraste très élevé ; définition élevée * * *	Elevés	Normal	38 %		
		70	Contraste élevé ; définition faible * *	Moyens	Normal	40 %		
SIGMA AF 3,5/4,5 1 150 F	<ul style="list-style-type: none"> <li>9 lentilles en 9 groupes ; mise au point minimale : 0,50 m ; diaphragme minimal : 1:22 à 27 ; longueur : 50 mm ; poids : 325 g.</li> <li>• Disponibles en montures AF Minolta, Nikon, Olympus, Pentax, Yashica.</li> </ul>	35	Contraste élevé ; définition moyenne * *	Moyens	Léger décentrage	50 %	13	<ul style="list-style-type: none"> <li>Objectif de bonne qualité malgré un léger décentrage du bloc optique.</li> <li>• Intéressant par son faible prix.</li> </ul>
		50	Contraste élevé ; définition moyenne * *	Faibles	Léger décentrage	38 %		
		70	Moyens *	Très faibles * * *	Léger décentrage *	37 %		

situés sur le plan de la surface sensible.

Les courbes d'astigmatisme établies par le laboratoire à partir des mesures dans 9 points du champ rendent compte des défauts d'astigmatisme et de courbure de champ. Leur complexité n'est qu'apparente et ces courbes montrent, d'un seul coup d'œil, les performances obtenues ; elles s'inscrivent en effet dans une coupe de film représentant une tranche de gélatine de 700 µm (de -200 à 500 µm), avec le plan focal sur la ligne 0. Perpendiculairement à cette ligne, au centre, se trouve l'axe optique, lequel présente de part et d'autre les points de mesure de +18 à -18 mm. Si l'image des mires n'avait aucun défaut, elle coïnciderait avec la ligne 0 du plan focal. Tout serait net. Mais nous avons vu qu'à cause de l'astigmatisme il existe deux plans de netteté correspondant aux traits tangentiels et radiaux. Sur nos schémas, les images tangentielles et radiales sont respectivement en plein et en pointillés : si

le défaut d'astigmatisme est important, les deux lignes sont éloignées l'une de l'autre et l'image résultante sera très floue ; s'il est faible, les lignes coïncident presque, autorisant une bonne mise au point et donc une image d'une meilleure netteté. Le défaut de courbure de champ apparaît par l'allure générale des lignes radiales et tangentielles qui ont tendance à former un U.

Enfin, ces courbes révèlent encore un autre défaut, purement mécanique cette fois, le mauvais positionnement des lentilles de l'objectif, qui, normalement, doivent être perpendiculaires à cet axe. Si le bloc optique est incliné sur l'axe, l'image bascule et occupe elle-même une position inclinée par rapport au plan du film (la ligne 0). Ne coïncidant plus avec ce plan, l'image perd sa netteté, surtout sur les bords. On observe un tel défaut sur le zoom Sigma que nous avons testé.

Les conclusions des essais sont groupés dans

(suite du texte page 159)

# IDENTIFIÉ AU DOIGT ET À L'ŒIL

*Le contrôle des personnes pénétrant dans les zones protégées d'une entreprise se fait aujourd'hui essentiellement par carte magnétique. Demain, il suffira de poser la main sur une plaque identificatrice ou de fixer des yeux une cellule lumineuse.*

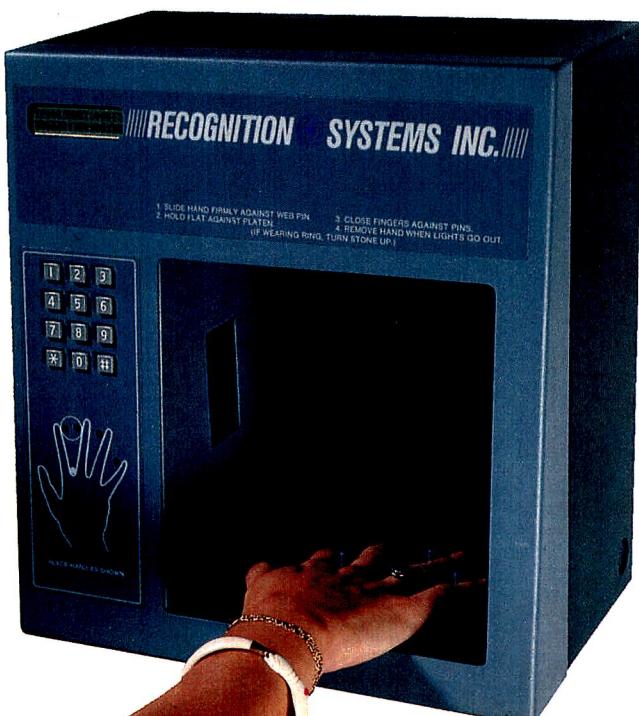
**B**ien des entreprises possèdent aujourd'hui des zones réservées à certaines catégories de leurs personnels. Les motifs de cet accès conditionnel sont divers, mais le plus souvent il s'agit de protéger des secrets de fabrication ou commerciaux, ou encore d'assurer la sécurité des locaux et des personnes dans des unités de fabrication ou de stockage de produits dangereux.

Depuis de nombreuses années, le contrôle d'accès est assuré par une carte à piste magnétique. Les informations qui y sont enregistrées sont saisies par le lecteur et comparées aux données stockées en

mémoire. S'il y a conformité, le système commande l'ouverture de la porte. Simple, ce type de carte comporte tout de même quelques inconvénients, comme le risque de-démagnétisation de la piste, et l'obligation, pour l'utilisateur, de rechercher la carte dans ses poches à chaque passage.

Plus récemment, un autre type de carte a été proposé, faisant appel au phénomène d'induction magnétique. Son avantage réside dans la suppression de l'introduction de la carte dans un lecteur. Elle se porte comme un badge, et les informations enregistrées sont automatiquement saisies par transfert magnétique au moment du passage du porteur à proximité d'une cellule spécifique.

Ce type de carte, alors fixée sur la vitre, est déjà utilisé par la SANEF (Société des autoroutes du nord-est de la France) pour la facturation des péages autoroutiers dus par ses abonnés. De plus, ces cartes étant réalisées autour d'une puce électronique, leur contrefaçon reste particulièrement délicate, ce qui n'est pas le cas des cartes à piste magnétique ordinaires. Mais tous les inconvénients ne sont pas éliminés pour autant. Une carte peut toujours être oubliée ou perdue et, dans ce dernier cas, utilisée frauduleusement par un tiers.



PAR HENRI-PIERRE PENEL

## Montrer patte blanche...

Des caméras, à l'intérieur de l'appareil, enregistrent en trois dimensions puis transmettent à l'ordinateur les caractéristiques de la main. Si elles sont identiques à celles de sa mémoire, la porte s'ouvre.

Pour les supprimer totalement, les chercheurs font aujourd'hui appel à la biométrie, une technique reposant sur la mesure précise de certaines caractéristiques physiques d'un individu. Celles-ci, mémorisées par un ordinateur central, permettront de le reconnaître ultérieurement pour autoriser son entrée dans un local.

Actuellement, trois grands procédés d'analyse biométrique sont utilisés : la reconnaissance vocale, la reconnaissance de forme de la main et l'empreinte rétinienne. La société Fichet, spécialiste de longue date dans le domaine de la sécurité, a mis au point à partir de ces deux derniers procédés des dispositifs parfaitement fiables de contrôle d'accès.

Le système de reconnaissance de la main, baptisé ID3D, fonctionne de manière assez simple. En premier lieu, un code confidentiel, comportant de 1 à 10 chiffres, est composé par la personne souhaitant pénétrer dans une zone contrôlée ; puis celle-ci place sa main sur un "plateau de lecture". Ce dernier est équipé de divers plots assurant le positionnement de la main de manière précise. Des caméras vidéo réalisent alors des prises de vue de la main suivant trois axes définissant l'espace (hauteur, largeur, profondeur). Après numérisation, les informations ainsi recueillies sont transmises à l'ordinateur. Ce dernier les compare aux données mémorisées correspondant au code confidentiel de l'individu et commande l'ouverture de la porte s'il y a concordance. Notons que le système ID3D ne compare que les paramètres volumétriques de la main. Si elle est tachée d'encre ou si un doigt porte une bague ou un pansement, l'ordinateur n'en tient pas compte. Enfin, précisons que la composition d'un code confidentiel permet essentiellement une détection plus rapide. En effet, au lieu de parcourir l'ensemble du fichier des mesures volumétriques des mains à contrôler, il se contente de lire la "fiche" de la main désignée par le code. L'opération prend moins de deux secondes.

L'identification rétinienne est encore plus fiable. Elle est comparable, voire supérieure, à l'identification par empreintes digitales. L'idée en est ancienne, remontant à 1935, lorsque le Dr Carleton Simon et le Dr Isidore Goldstein publièrent une note sur l'identification des personnes par photographie de la rétine. Plus de vingt ans après, le Dr Tower, lors d'une étude sur deux vrais jumeaux, démontre que, de tous les éléments physiques comparés, la vascularisation rétinienne était la moins semblable.

Reste qu'analyser la rétine d'un individu n'est pas simple. Il n'est pas question, notamment, de mettre en contact avec la cornée un dispositif optique. Une telle pratique serait parfaitement inexploitable au sein d'une entreprise. Les chercheurs de Fichet en sont venus à se contenter d'une analyse partielle de la rétine, les informations ainsi collectées suffisant à lever tout doute.



### ... Ou rentrer à l'œil

Autre système d'identification, l'analyse de la rétine. Là encore, après analyse et comparaison des données rétinianes, l'ordinateur pourra vous reconnaître.

L'analyse s'effectue sans aucun contact physique entre l'œil et l'appareil : il suffit de fixer un point lumineux au milieu d'un halo. Une personne habituée à ce type de contrôle obtient une réponse immédiate du système. Une personne nouvelle aura quelque difficulté à se faire identifier. Aussi deux modes de fonctionnement ont-ils été prévus : manuel ou automatique. En manuel, la personne fixe le point lumineux et appuie sur un bouton : la "prise de vue" rétinienne est effectuée, et, en moins d'une seconde, l'identification est achevée. En automatique, l'appareil de prise de vue repère lui-même l'instant où l'œil est dans un axe permettant l'analyse. Dans ce dernier cas, l'utilisateur ne cessant de modifier la position de son regard, il peut arriver qu'il soit nécessaire d'attendre près d'une minute l'instant propice.

L'analyse proprement dite de la rétine est effectuée par infrarouges. Une diode émettrice, d'une puissance inférieure à celle d'une télécommande de téléviseur, explore une zone circulaire de la rétine. Le rayonnement infrarouge obtenu par réflexion est, ici encore, numérisé puis transmis à l'ordinateur en vue de comparaison avec les "empreintes" contenues dans son fichier interne. Ici encore, deux possibilités : la reconnaissance d'empreinte rétinienne seule ou bien associée à un code confidentiel. Dans le premier cas, l'ordinateur doit comparer l'empreinte à l'ensemble de celles contenues dans sa mémoire ; cette opération peut prendre près de deux minutes. Dans le second cas, comme lors de la mesure volumétrique de la main, il se contentera de celle attribuée au code : le temps de réponse du dispositif n'excédera pas quelques secondes.

**Henri-Pierre Penel**

# Y A-T-IL ENCORE DES DÉBOUCHÉS DANS L'AUDIOVISUEL ?

*Le cinéma et la télévision font naître plus de vocations qu'ils n'offrent de débouchés. Pourtant, des possibilités d'emploi existent, notamment auprès des sociétés privées qui produisent les émissions nationales... De son côté, le film d'entreprise est en pleine expansion.*

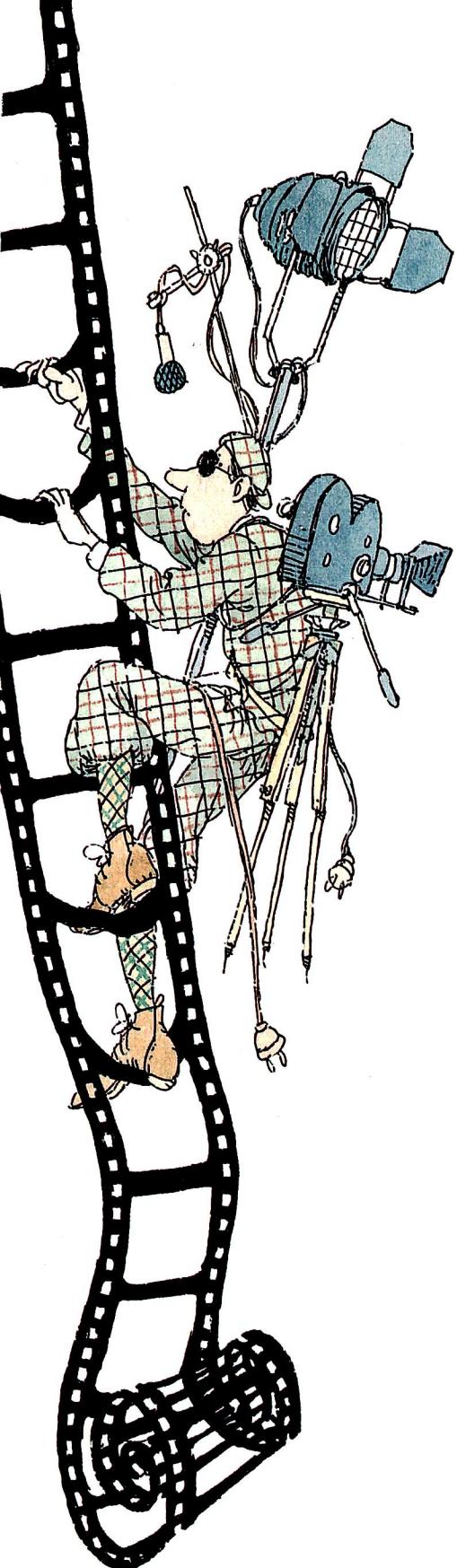
**Q**uiconque désire se former aux métiers de l'audiovisuel n'a que l'embarras du choix : deux "grandes écoles", sept lycées, une trentaine d'universités, autant d'établissements privés, sans oublier les centres de formation professionnelle, dispensent des enseignements pour toutes les spécialités et pour tous les niveaux. Cette abondance s'explique en partie par le foisonnement des métiers qui gravitent autour de la conception d'une œuvre et de la coordination des moyens — répartis entre la production, la réalisation et la diffusion —, et par la surenchère des vocations. Tant d'efforts déployés surprennent tout de même pour un secteur dont les effectifs restent modestes puisqu'il ne regroupe que 30 000 personnes, soit seulement 0,1 % de la population active. Et encore, près de la moitié d'entre eux sont des intermittents travaillant au "coup par coup" pour le cinéma, la publicité, les stations de télévision et les sociétés de production privées (c'est pourtant ce statut très précaire, imposé par la durée limitée des tournages, qui se développe le plus). La forte croissance des effectifs (plus 10 % en 1989) des intermittents peut donner l'impression d'une augmentation globale des offres d'emploi. C'est oublier que pour eux, à la différence des salariés permanents, l'entrée dans la profession est volontaire et ne dépend pas du flux de recrutement des entreprises.

Cela ne signifie pas pour autant l'absence de création d'emplois. Des débouchés, l'audiovisuel en offre dans plusieurs secteurs bien déterminés. C'est

ainsi que l'avènement de la vidéo, le développement des films publicitaires, les programmes audiovisuels de formation et de communication industrielle ont favorisé l'élosion des sociétés prestataires de service. Le recrutement de la production audiovisuelle destinée aux chaînes de télévision n'est pas pour autant à négliger. C'est dans le cinéma, qui n'est pas encore sorti de la crise, que la situation semble la moins favorable à l'emploi.

La baisse de fréquentation des salles de cinéma enregistrée depuis quatre ans s'est poursuivie en 1989, où elle a atteint 3 %. La France reste pourtant le pays d'Europe où la fréquentation moyenne par habitant est la plus forte, ce qui profite d'ailleurs pour une bonne part à la production américaine : en 1989, les films américains ont représenté 56 % de la diffusion, contre 34 % pour les films français. La production française s'est maintenue en volume, tandis que le nombre de coproductions passait de 44 à 70 films (les apports des producteurs étrangers ont ainsi grimpé de 16 %). Les investissements ont progressé de 13 %, au profit des films à moyen et à gros budget. La diminution du nombre des films à petit budget devrait en théorie avoir des répercussions sur l'emploi, car ce sont eux qui permettent de réaliser les économies de personnels les plus substantielles (disparition de postes d'assistants, tournage en décor naturel, etc.). La part du budget techniciens et ouvriers des films produits ne cesse de diminuer depuis 1981. Pour vivre, les techniciens du cinéma travaillent une heure sur deux pour la publicité.

La participation financière des télévisions à la

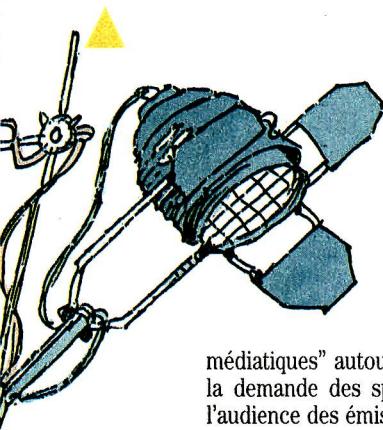


production cinématographique évolue autour de 20 % depuis 1987. Malgré sa part de responsabilité dans la crise qui frappe le cinéma, la télévision pourrait être amenée à lui redonner un certain dynamisme. C'est également le cas de la vidéo, dont la contribution (avec la location et la vente de cassettes) se situe entre 120 et 150 millions de francs pour l'année 1989. Autre élément positif, le retour des tournages en studio. La surface des plateaux a quasiment doublé en 1989, tendance qui pourrait redonner une petite impulsion aux métiers de la décoration, et qui a en tout cas incité la Fondation européenne des métiers de l'image et du son (FEMIS) à former chaque année une petite poignée de décorateurs.

Malgré une croissance en dents de scie, les industries techniques liées au cinéma offrent de meilleures perspectives d'emploi. C'est particulièrement le cas des laboratoires, qui réalisent les plus gros bénéfices de ce sous-secteur. Ils recrutent en particulier du personnel aux postes d'exploitation et de maintenance. Les candidats à ces derniers postes devront compléter leur formation (le plus souvent un BTS électronique) par des stages effectués chez les constructeurs de matériel. La vidéo se substitue progressivement au film 16 mm, mais le film 35 mm, quant à lui, résiste.

Selon le Centre d'études et de recherche sur les qualifications du travail (CEREQ), l'avenir des laboratoires devrait reposer à la fois sur la survie du 35-mm, sur les manipulations (comme le transfert) rendues nécessaires par la coexistence des deux supports et sur une diversification des activités vers le traitement vidéo.

A première vue, le secteur de la production audiovisuelle paraît en meilleure situation que le cinéma. Chaque nouvelle chaîne de télévision qui se crée augmente le volume des programmes diffusés. De plus, le décret du 17 janvier 1990 impose aux chaînes de diffuser 60 % de créations européennes et 50 % d'œuvres originales en langue française. Enfin, la production audiovisuelle française est largement subventionnée : 13 % sont entièrement financés par les aides directes. En 1988 et 1989, près de 2 500 heures de programmes ont bénéficié du compte de soutien aux industries de programmes, la plus substantielle des aides de l'Etat. En 1989, 1 399 heures ont été produites en France, dont 858 heures de fiction (soit une augmentation de 26,4 % par rapport à 1988), 196 heures de dessins animés (soit une progression spectaculaire de 122 %, due en partie à une aide de l'Etat en faveur de la production de programmes pour la jeunesse) et 345 heures de documentaires de création et de magazines (pourcentage stable). Fortement soutenu par les pouvoirs publics depuis 1983 pour lutter contre la concurrence japonaise, le dessin animé français se refait une santé. Il manque encore de scénaristes et



médiatiques" autour de l'environnement. Pourtant, la demande des spectateurs est réelle. En Italie, l'audience des émissions scientifiques rivalise avec celle des matchs de football.

Un ensemble de projets Eurêka Audiovisuel prévoit de favoriser la production et la coproduction d'œuvres audiovisuelles et cinématographiques européennes, et d'encourager leur échange et leur diffusion (en facilitant les procédures de distribution en Europe, en instaurant des accords d'échanges de programmes, en rendant systématiques le doublage et le sous-titrage, etc.).

Malgré ces mesures, l'augmentation du volume des programmes français ne s'est pas traduite par une augmentation spectaculaire des offres d'emplois à la télévision. Antenne 2 et FR3 ne recrutent que quelques dizaines de salariés par an ! Les chaînes privées, pour leur part, ont créé un millier d'emplois (rémunérés pour la plupart à la pique ou sous contrat à durée déterminée). Leurs effectifs sont aujourd'hui constitués. TF1 s'est contentée de maintenir le personnel en place avant la privatisation. La maigreur de cette embauche trouve son

explication dans le fait qu'à l'exception de FR3 les chaînes produisent elles-mêmes très peu d'émissions. En renforçant l'indépendance des producteurs par rapport aux diffuseurs, le décret du 17 janvier 1990 a entraîné un recul des métiers de production et de réalisation à la télévision. « La réglementation fait de nous des diffuseurs et non plus des employeurs des métiers de l'audiovisuel », constate-t-on à la direction du personnel de TF1. La confection des émissions est confiée à la Société française de production (1) ou à des producteurs indépendants. Mais la SFP souffre d'une concurrence qui ne cesse de s'accroître et a annoncé le 13 juin dernier la suppression de 556 emplois.

L'apparition de chaînes sans structures de production a en effet entraîné l'apparition de nombreuses sociétés de production, venues rejoindre les quelque trente maisons qui fournissent l'essentiel des programmes de fiction, d'animation ou les documentaires. De nombreux directeurs de production, réalisateurs et techniciens travaillent pour elles en *free-lance*. Ce sont elles qui offrent aux jeunes le plus de débouchés. A noter cependant que, pour débuter, le meilleur moyen n'est pas d'envoyer son *curriculum vitae*. Mieux vaut demander à faire un stage, rencontrer les professionnels, se rendre utile sur un tournage, cumuler les expériences même peu rémunérées.

Bien souvent, ces sociétés produisent aussi des films publicitaires et des films d'entreprise. Le marché du film d'entreprise représente aujourd'hui 20 % des sommes investies dans l'audiovisuel (soit

nettement plus que les spots publicitaires, et un peu moins que les longs métrages). Son taux de croissance est actuellement de 20 % par an.

Le marché des collectivités publiques se développe lui aussi rapidement. De plus en plus, les communes, les conseils généraux et régionaux ont recours à la vidéo et au film pour assurer leur promotion. Pour la première fois — signe des temps ? —, le Festival national de l'audiovisuel et de la communication de Biarritz a ouvert une section collectivité publique.

Présenté comme le support indispensable au développement d'une production audiovisuelle décentralisée (c'est-à-dire locale et régionale), le câble n'a pas encore tenu toutes ses promesses. Le CEREQ (2) constatait que, servant surtout à véhiculer les images existantes, le câble n'impliquait pas de productions nouvelles spécifiques à moyen terme. Dès 1988, ce même organisme prévoyait qu'il créerait moins de 500 emplois nou-

## BONNES ADRESSES

Deux établissements se distinguent par leur notoriété digne de celle des grandes écoles :

- L'Ecole nationale Louis-Lumière, allée Promontoire, 93160 Noisy-le-Grand. Depuis 1926, elle forme des techniciens supérieurs du cinéma et leur délivre un BTS de cinématographie — options image cinématographique et son-reproduction sonore — dont le statut est en passe d'évoluer.
- La Fondation européenne des métiers de l'image et du son (FEMIS), Palais de Tokyo, 2 rue de la Manutention, 75116 Paris. Cet établissement public a succédé à l'IDHEC en 1986, ce fut l'occasion (ou le prétexte ?) d'élargir à l'audiovisuel de la télévision, de la publicité et de l'entreprise un enseignement consacré au cinéma.

L'admission à ces écoles se fait sur concours. Le lycée G.-Guist'hau, 3 rue M. A. du Bocage, 44042 Nantes, prépare à ces épreuves en deux ans.

Cinq lycées proposent un BTS audiovisuel :

- Lycée René-Cassin, rue Lasseguette, 64100 Bayonne. Lycée Jacques-Prévert, 163 rue de Billancourt, 92100 Boulogne. Lycée de la Communication, 12 place Cormontaigne, 57000 Metz. Lycée Vlette, 1 rue P.-Donzelot, 25206 Montbéliard. Lycée Léonard-de-Vinci, bd de Villefontaine, 38000 Villefontaine.

Nombreuses sont les universités qui délivrent des diplômes qui leur sont propres (DEUST, DU), ainsi que des diplômes nationaux (DEUG, licence, maîtrise, DESS, DEA et doctorat) en audiovisuel et en cinéma.

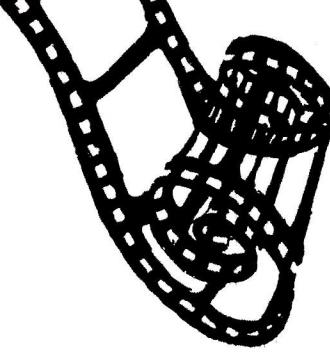
- L'INA, 4 av. de l'Europe, 94360 Bry-sur-Marne, organise des sessions de formation professionnelle continue.
- L'Atelier d'images et d'informatique de l'Ecole des arts décoratifs, 31 rue d'Ulm, 75005 Paris, propose des stages d'infographie.

veaux d'ici à 1992.

L'impact des nouvelles technologies sur les métiers de la réalisation et de la post-production est moins important qu'on ne le pense généralement. Cela tient à la nature des compétences exigées par ces métiers. En effet, les responsables de la production sont chargés de la coordination technico-financière. Ceux de l'exploitation et de la maintenance des équipements sont des techniciens purs. En revanche, les spécialistes de la réalisation sont des technico-créateurs. Un cadreur et un ingénieur du son ne sont pas seulement des techniciens, mais des gens qui collaborent à une œuvre artistique : à leurs connaissances et à leur maîtrise de la technique, ils doivent allier de réelles aptitudes en matière de création. Le perfectionnement des techniques n'a pas nui aux métiers de base, il les aurait plutôt enrichis. Pour être devenu un technicien, le monteur vidéo, pour ne prendre que cet exemple, n'en a pas moins conservé l'art du récit. « Qu'il travaille sur film ou sur vidéo, un monteur reste un monteur », affirme Jean Agniel, spécialiste des métiers de l'audiovisuel à l'Institut national de l'audiovisuel (INA).

La vidéo s'est considérablement développée. Elle règne sur 80 % du marché du film d'entreprise et sur la totalité de la production audiovisuelle destinée à la télévision. Filmés en 35 mm, les spots publicitaires sont de plus en plus souvent montés en vidéo. Incontestablement, elle crée de nouvelles conditions de travail : un cadreur qui travaille sur film est le seul à voir ce que la caméra enregistre ; en vidéo, le réalisateur et la régie découvrent simultanément l'image enregistrée et peuvent intervenir.

D'autres nouvelles technologies de l'image ont influé sur certains métiers, comme celui de graphiste — qu'on appelle d'ailleurs maintenant infographiste. Pourtant, ceux qui travaillent sur une image en deux dimensions ont seulement troqué leurs pinceaux contre un ordinateur et un logiciel. Pour l'essentiel, leurs gestes sont identiques, ils dessinent en se servant d'un stylo électronique qu'ils déplacent sur une tablette graphique, mais c'est toujours de dessin qu'il s'agit. L'informatique s'est substituée aux opérations de traçage et de gouachage, mais n'a pas supprimé le dessin. En revanche, les graphistes qui créent des images en trois dimensions (images de synthèse) ne dessinent



plus, ils saisissent des données sur leur ordinateur pour créer et faire évoluer une figure en volume.

Si la vidéo a offert et offre encore des débouchés, ce n'est pas tout fait le cas des nouvelles images. Signalons cependant

que les techniques électroniques, palettes graphiques ou magnétoscopes image par image, ont favorisé l'apparition des métiers d'animation d'antenne dont font partie les graphistes, mais aussi les truquistes ou les opérateurs de synthétiseurs. Ils représentent les rares personnels recrutés de façon permanente par les sociétés de télévision.

La communication d'entreprise est très demandeuse d'images en deux dimensions pour réaliser des histogrammes, des tableaux et autres "camemberts" réunis sous l'appellation "business graphique". Mais les applications artistiques de telles images restent très restreintes : le cinéma, de même que la publicité, recourent rarement à elles pour l'instant. Les images de synthèse sont encore plus boudées. Des génériques d'émissions télévisées aux dessins animés, en passant par les effets spéciaux du cinéma, leurs possibilités sont pourtant inépuisables. Mais leur coût, quoique diminuant d'années en années, reste élevé.

Soulignons enfin le déclin du compagnonnage, jusqu'alors pratique courante dans l'audiovisuel.



Il est de plus en plus rare que les professionnels prennent le temps de former eux-mêmes leurs assistants. Mieux vaut donc mettre toutes les chances de son côté en passant par l'enseignement d'une école. Lequel ne supprime d'ailleurs pas la longue période de stage par laquelle il faudra passer avant d'espérer trouver du travail.

**Isabelle Bourdial**

(1) La Société française de production et l'Institut national de l'audiovisuel sont deux sociétés créées après l'éclatement de l'ORTF.

(2) Rapport du CEREQ publié en 1988 : *l'emploi et les formations dans l'audiovisuel*, de Janine Rannou.

• Le mois prochain,  
Les métiers de l'agroalimentaire.

# SCIENCE JEUX

## **Hélicoptère télécommandé (2)**

## PHYSIQUE AMUSANTE

*Nous avons vu le mois dernier comment fabriquer un hélicoptère miniature capable de décoller. Il faut maintenant lui confectionner un support pour pouvoir le faire avancer et un boîtier de télécommande pour le manœuvrer.*

**D**ans notre article précédent, nous avons vu que la sustentation de l'hélicoptère avait posé de gros problèmes à ses inventeurs et n'avait été résolue que par un trait de génie de l'Espagnol Juan de La Cierva. Mais il restait une seconde difficulté à vaincre : faire avancer l'appareil sans avoir à basculer le rotor tout entier en avant.

En effet, pour faire avancer l'engin, la manœuvre est théoriquement simple : il suffit d'incliner l'axe du rotor en avant ; à ce moment, la composante horizontale due à la traction oblique du rotor suffit à l'entraîner en avant, de même qu'une inclinaison de côté le fera aller à droite ou à gauche. Ce procédé a été utilisé au tout début sur des appareils légers sous le nom de commande directe, mais il introduit des efforts qui seraient insupportables avec des engins lourds.

De ce fait, on préfère de beaucoup aujourd'hui utiliser un artifice appelé variation cyclique de pas; pour commencer, les pales sont obligatoirement à pas variable, faute de quoi l'appareil s'élèverait dès que le moteur tourne un peu vite. L'angle des pales est donc constamment modifiable par com-

mande, depuis l'angle nul correspondant à la pale horizontale — le moteur peut tourner aussi vite que voulu, il n'y a aucune sustentation — jusqu'à l'angle limite au-delà duquel la portance décroît brusquement.

Les pales peuvent donc tourner en sens contraire l'une de l'autre autour de leur axe longitudinal, et cela est nécessaire pour contrôler la montée et la descente de l'hélicoptère : c'est la variation collective de pas. Pour assurer le déplacement horizontal, on y ajoute une variation individuelle de chaque pale, dite variation cyclique de pas — cyclique parce que le même changement d'angle se reproduit à chaque tour.

Un servomécanisme va, sur commande, diminuer le pas de la pale qui est devant le pilote et augmenter celui de celle qui est derrière lui. Diminuer le pas, c'est réduire l'angle d'incidence, donc l'importance : articulée sur sa charnière, la pale avant s'abaisse ; à l'opposé, la pale arrière s'élève. En fait, le processus est continu, l'angle d'attaque de la pale variant entre un maximum à l'arrière et un minimum à l'avant.

Tout se passe alors comme si le rotor tout entier avait été incliné

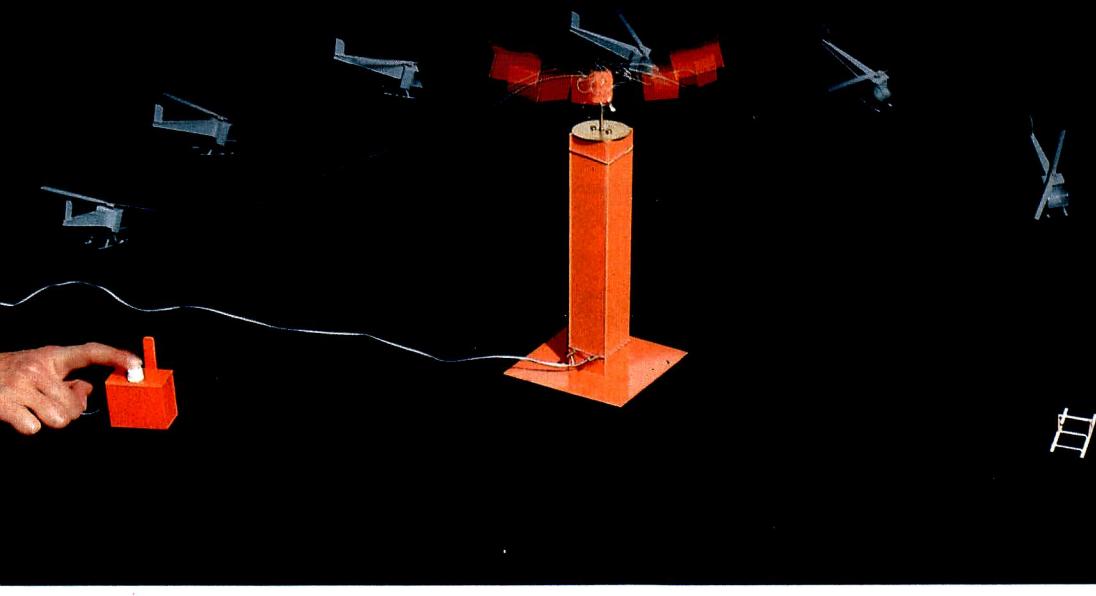
vers l'avant, ce qui entraîne l'engin en marche avant ; le même processus permet de l'emmener de côté, à droite ou à gauche, et même en arrière. Ajoutons que, les pales étant équilibrées aérodynamiquement autour de leur axe longitudinal, le changement de pas ne réclame qu'un effort faible. Grâce à leurs articulations, elles ne peuvent pas non plus transmettre d'effort de torsion au rotor : celui-ci n'est soumis qu'à des forces verticales.

En contrepartie, les mouvements de battement autour des articulations se superposent aux oscillations cycliques destinées à contrôler la marche horizontale et aux changements de pas, également cycliques, qui commandent ces oscillations. Au total, le rotor d'un hélicoptère est donc un ensemble mécanique délicat et très complexe — même sur les modèles réduits télécommandés. Il explique à lui seul le prix élevé de ces engins.

Pourtant les difficultés ne s'arrêtent pas là : quand le moteur fait tourner le rotor dans un sens, par réaction il tend à faire tourner l'engin tout entier dans l'autre sens. Pour éviter ce phénomène, il n'y a que deux solutions : mettre un second rotor tournant en sens inverse du premier, ou ajouter une hélice latérale de queue dont la poussée tendra à faire tourner l'appareil en sens contraire. Les deux solutions sont toujours couramment utilisées, la seconde étant la plus répandue.

L'hélicoptère ayant plus de liberté qu'un avion, qui ne peut aller que droit devant lui sans jamais s'arrêter, son pilotage est du même coup bien plus délicat. On y retrouve le manche à balai, mais il agit cette fois sur la commande de pas cyclique pour contrôler la translation dans le plan horizontal ; la commande de pas collectif, qui contrôle montée et descente, est couplée à la commande de puissance, car augmenter le pas pour s'élever ferait baisser le régime si les deux n'étaient pas associées.

Enfin, la commande de direction par l'hélice de queue absorbe elle aussi de la puissance : cette action conjuguée des diverses commandes dans les évolutions à faible vitesse et à basse altitude constitue une des principales difficultés de



pilotage des hélicoptères. Les mêmes difficultés se retrouvent avec les modèles réduits, avec cette différence que les erreurs de pilotage ne mettent pas en jeu la vie du pilote, mais seulement l'état de son compte en banque.

Avec notre modèle simplifié, ce risque lui-même est exclu puisque l'hélicoptère ne peut quitter son support. C'est d'ailleurs celui-ci que nous allons construire maintenant, l'appareil lui-même ayant été en principe monté le mois dernier — mais, bien sûr, il est encore temps de le faire pour ceux qui auraient pris du retard.

Comme toujours dans cette rubrique, le matériau de base est le polystyrène choc en feuilles ; on peut se le procurer, directement ou par correspondance, chez Adam-Montparnasse, 11 bd Edgard-Quinet, 75014 Paris, ou chez Pierron, 57206 Sarreguemines Cedex. Rappelons aussi la liste du matériel nécessaire à la construction de ce minimodèle réduit.

Le moteur électrique, type SN.SU 020, se trouve dans la plupart des magasins spécialisés dans

les pièces détachées pour maquettes. On peut aussi se le procurer au BHV, au service des pièces détachées, 13 rue des Archives, 75004 Paris ; sur place 21 F ; par correspondance en joignant un chèque de 35 F.

En plus du polystyrène en feuilles de 0,5, de 1 et de 2 mm d'épaisseur et du moteur il faut :

— fil souple deux conducteurs type miniature, 2,5 m.

— Tige laiton de 3 mm, longueur 60 mm ; fer blanc récupéré sur une boîte de conserve ; 1 barrette de 4 bornes à vis, modèle d'électricien avec trous de passage de 3 mm, longueur 15 mm.

— Chutes de rhodoid, par exemple intercalaires de classeur.

— 6 vis laiton de 3 mm, longueur 30 mm (à couper éventuellement) ; 14 écrous de 3 mm ; corde à piano de 2,5 mm, longueur 580 mm.

— Feuillard de laiton pour découper un disque de 50 mm.

— 1 potentiomètre bobiné de 200 j ; 1 interrupteur-poussoir (appui actif).

Le présent montage utilise trois épaisseurs de polystyrène : 1 mm

pour le corps de l'hélicoptère, 0,5 mm pour l'hélice et le brancard, 2 mm pour le reste du montage. L'hélicoptère étant fait, il reste maintenant à monter le support et la télécommande.

Afin de simplifier la construction, nous avons retenu pour ce support la solution qui consiste à superposer trois piles de 1,5 V type LR20 montées en série dans une colonne — *figure 17*. C'est le poids de l'ensemble qui servira à établir et à maintenir le contact. L'axe vertical du bras reposera sur le plot de la pile supérieure (pôle positif) ; l'extrémité inférieure de l'axe en laiton sera légèrement étamée, ce qui servira de revêtement antiriction et améliorera le contact.

La colonne proprement dite est composée de 7 pièces (de U1 à W3), plus un carré de 125 x 125 mm servant de socle. Elle est surmontée d'un disque découpé dans du feuillard de laiton ; ce disque est percé en son centre d'un trou de 5 mm, et de deux autres trous diamétralement opposés pour sa fixation et son branchement.

## SUPPORT ET TÉLÉCOMMANDE

(Ces dessins ont déjà été publiés dans le n° 873)

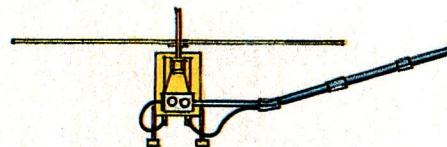


Figure 16. Mise en place des éléments sur le bras.

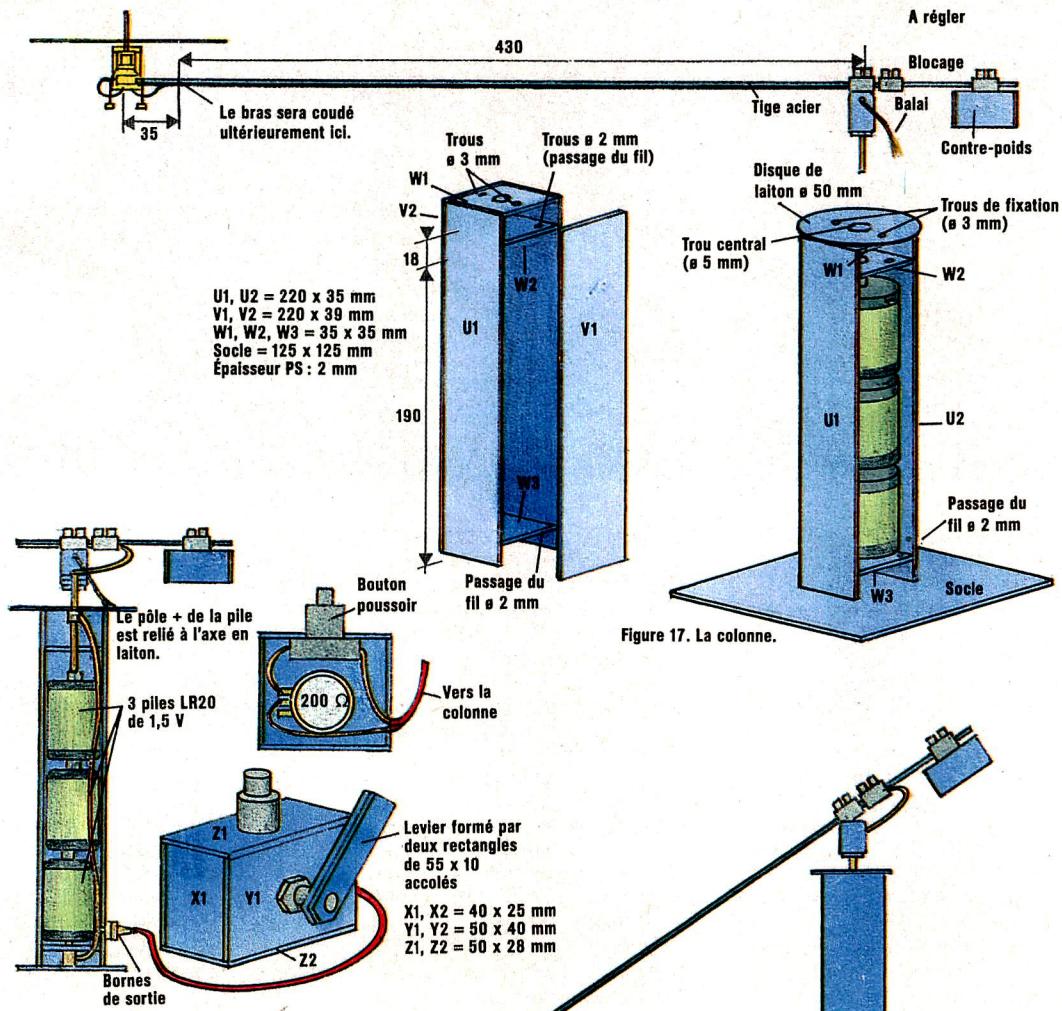


Figure 18. Le boîtier de commande.

Figure 19. Vue générale.

ment. Notons que le trou central est d'un diamètre supérieur à ceux qui servent de paliers (3 mm) sur les pièces W1 et W2.

On commencera par percer le disque de laiton, puis les trois trous de W1 ; W2 comportera un trou central (second palier), et un trou dans un angle qui permettra le passage d'un fil ; W3 sera percé de la même façon de deux trous, le trou central servant cette fois-ci à établir le contact avec le pôle négatif de la pile inférieure.

Les vis et écrous servant de relais de connexion ont tous 3 mm de diamètre ; leur longueur est à régler selon l'espace disponible. En se reportant à la *figure 17*, on verra que deux boulons servent à fixer le disque de laiton sur W1, dont l'un est muni d'un fil qui est relié à l'une des bornes de sortie en bas de la colonne ; un autre boulon, au centre de W3, sert à établir le contact négatif et il est relié par un fil à l'autre borne de sortie. Ces deux bornes de sortie sont constituées par deux boulons.

Toutes les pièces étant percées et équipées de leurs boulons, on assemblera V2, U1, W1, W2, W3, U2 en respectant les cotes indiquées *figure 17* et on les collera sur le socle. La pièce V1, servant de couvercle, ne sera pas collée ; elle sera maintenue en place par deux bracelets de caoutchouc, car il faudra bien, de temps en temps, changer les piles.

Après vérification des connexions, il restera à mettre en place les trois piles, à fermer le couvercle et à introduire l'axe vertical dans son logement. Le balai sera réglé de telle façon qu'il repose à frottement doux sur le disque de cuivre, tandis que le bras opère un tour complet. Pour vérifier si le courant passe, il suffira de relier les deux bornes de sortie : l'hélice doit tourner aussitôt à sa vitesse maximale. Avant d'effectuer ces réglages, il reste à construire le boîtier de commande.

Afin de permettre la télécommande de l'engin, nous avons choisi de faire varier sa vitesse. Certes, ses degrés de liberté sont limités, cependant on s'apercevra vite qu'ils permettent des manœuvres intéressantes comme on le verra par la suite. La variation de vitesse est obtenue en intercalant dans le circuit un simple potentiomètre

bobiné (et non à piste carbonée) de 200 ohms monté en rhéostat.

Pour éviter de laisser par mégarde le moteur sous tension alors que l'hélice ne tourne pas et que tout le courant est absorbé par la résistance du potentiomètre, nous avons également introduit un interrupteur à bouton-poussoir du type sonnette, c'est-à-dire à appui actif. Les pièces constituant le boîtier, ainsi que leur disposition relative, sont décrites *figure 18*.

Le potentiomètre est fixé sur Y1 par un trou dont le diamètre devra correspondre à celui du modèle utilisé ; il en sera de même pour le bouton-poussoir, qui sera fixé sur Z1. Il restera à câbler et à relier un fil double de 1,50 m environ aux deux bornes de sortie de la colonne. Un levier constitué de deux rectangles de polystyrène superposés (2 mm d'épaisseur), et percé comme indiqué sur la même figure, servira à faire tourner l'axe du potentiomètre ; il y sera fixé avec une colle cyanocrylate.

Si l'ensemble a été correctement assemblé, il suffira d'appuyer sur le poussoir et de manœuvrer le levier pour voir l'hélice se mettre à tourner ; on a une chance sur deux pour que ce soit dans le bon sens. Bien entendu, il faut que le flux d'air créé par l'hélice soit dirigé vers le bas ; si ce n'était pas le cas, il resterait à intervertir les fils connectés aux cosses du moteur — d'où l'intérêt de ne les souder qu'après avoir vérifié le sens de rotation.

Ensuite, en saisissant le bras à 35 mm de son extrémité avec une pince universelle, on le coudera de façon que l'hélicoptère soit parallèle au sol comme indiqué *figure 19*. Lors de ce réglage, on fera coulisser le contrepoids afin que l'engin ait un léger excès de poids. C'est le réglage de ce poids relatif qui va donner la sensibilité du système : s'il est trop élevé, le moteur ne suffira pas à soulever l'hélicoptère ; s'il est insuffisant, il ne touchera pas le sol lorsque le moteur sera arrêté.

Dès qu'on juge que ce réglage est bon, on s'exerce à faire décoller et atterrir l'appareil, qui doit répondre à toute sollicitation du levier. Ce faisant, on constatera une inertie des commandes assez semblable à celle que l'on rencontre sur un appareil grandeur nature. Ainsi,

pour le faire atterrir en douceur, il faut réduire la puissance de manière progressive et la remonter quand il est près du sol, mais en dosant bien, faute de quoi l'engin tombe ou remonte d'un coup.

Si l'on veut maintenant que l'hélicoptère avance, il va falloir lui donner une légère inclinaison vers l'avant ; la traction oblique du rotor le soulèvera alors tout en le tirant en avant. Ce réglage s'opérera en dévissant et en bloquant la vis de la borne située contre la cabine de l'hélicoptère ; plus il sera incliné vers l'avant, plus il ira vite. On s'apercevra toutefois que les bons réglages d'incidence et de poids relatif demandent un certain temps, car il y a une rétroaction de l'un sur l'autre.

Ce n'est qu'après les avoir trouvés que l'on pourra vraiment profiter au mieux des possibilités du montage. Le premier exercice consistera à disposer une plate-forme

## RAPPEL

Les expériences les plus marquantes et les plus importantes de cette rubrique ont été regroupées dans l'ouvrage *la Physique amusante*. En vente à *Science & Vie*, 5 rue de La Baume, 75008 Paris. Prix : 75 F (85 F par envoi direct).

sur la trajectoire virtuelle de l'engin, par exemple un dictionnaire posé à plat, et à essayer de s'y poser. C'est alors que l'on s'apercevra des difficultés qu'il y a à anticiper l'effet dû à une modification de la puissance.

Selon la vitesse, il faudra ralentir plus ou moins longtemps avant. Si l'on met un obstacle — une pile de livres avant le dictionnaire et qui le dépasse en hauteur —, les choses seront encore plus difficiles. Mais la performance consiste à confectionner une sorte de brancard muni d'une poignée avec quelques morceaux de polystyrène de 1 mm d'épaisseur (voir *figure 20*) et à le faire enlever par les patins de l'hélicoptère. C'est possible ainsi que nous l'avons vérifié, mais cela demande un certain apprentissage.

**Renaud de La Taille**  
Modèle Pierre Courbier

# Un générateur de graphiques pour Amstrad

## INFORMATIQUE AMUSANTE

Le programme que nous vous proposons ce mois-ci a pour vocation de vous aider à produire vos caractères graphiques sur Amstrad. En effet, une telle opération est souvent fastidieuse à effectuer manuellement ; la valeur de chaque groupe de point composant le dessin devant être calculée en binaire puis traduite en décimale en fonction des emplacements qu'ils occupent sur un octet, et ce

pour chaque ligne. De plus, l'Amstrad comportant trois modes d'affichage différents, le résultat peut dans bien des cas être tout autre que celui escompté en raison de la modification des proportions du tracé. Notons enfin que, dans de nombreux cas, le dessin souhaité ne peut tenir sur la grille de base que fournit un unique caractère. Pour notre programme, il sera possible de dessiner sur quatre caractères à la fois. Si, toutefois, ce nombre reste encore insuffisant, il faudra décomposer le dessin de base en plusieurs éléments, qui seront, par la suite, assemblés entre eux. Notons qu'avant chaque calcul de tracé le programme demandera le nombre de cases de base-caractère que vous souhaitez utiliser pour sa réalisation, ainsi que le mode d'affichage qui sera utilisé lors de son emploi ; cela afin que les proportions programmées soient respectées.

Ces quelques points précisés, passons à l'écriture de notre programme. Afin de ne pas modifier le fonctionnement normal du clavier, l'ensemble des symboles graphiques seront redéfinis après 128 ; d'où l'instruction SYMBOL AFTER 128. Le premier symbole graphique redéfini sera d'ailleurs celui servant à pré-

```

10 CLEAR:MODE 1
20 REM ****
30 REM *
40 REM * CHOIX DU MODE D'AFFICHAGE *
50 REM *
60 REM ****
70 LOCATE 10,5: PRINT "BONJOUR,"
80 LOCATE 1,8: PRINT "Sous quel mode desirez
VOUS TRAVAILLER"
90 LOCATE 10,10: PRINT "0, 1 OU 2."
100 LET K$=INKEY$
110 IF K$<>"0" AND K$<>"1" AND K$<>"2" THEN
GOTO 100
120 LET M=(ASC(K$))-48
130 MODE M
140 REM ****
150 REM *
160 REM * CREATION DES TABLEAUX DE *
170 REM * MEMORISATION DES POINTS. *
180 REM *
190 REM ****
200 DIM A(16,16):DIM R(8,4)
210 REM ****
220 REM *
230 REM * CREATION DES SYMBOLES *
240 REM * DE LA GRILLE DE TRAVAIL *
250 REM *
260 REM ****
270 SYMBOL AFTER 127
280 SYMBOL 128,255,129,129,129,129,129,129,129,2
55
290 SYMBOL 129,255,255,255,255,255,255,255,255,2
55
300 REM ****
310 REM *
320 REM * CHOIX DU NOMBRE DE SYMBOLES *
330 REM * A GENERER EN MEMETEMPS. *
340 REM *
350 REM ****
360 LOCATE 1,1: PRINT "GENERATION DE"
370 LOCATE 1,3: PRINT "SYMBOLES GRAPHIQUES."
380 LOCATE 1,8: PRINT "NOMBRE DE CASES"
390 LOCATE 1,10: PRINT "HORIZONTALES (1, 2)"
400 LET K$=INKEY$
```

```

410 IF K$<>"1" AND K$<>"2" THEN GOTO 400
420 LET XG=(ASC(K$))-48
430 LOCATE 1,15: PRINT "NOMBRE DE CASES"
440 LOCATE 1,17: PRINT "VERTICALES (1 OU 2)"
450 LET K$=INKEY$
460 IF K$<>"1" AND K$<>"2" THEN GOTO 450
470 LET YG=(ASC(K$))-48
480 CLS
490 REM ****
500 REM *
510 REM * TRACE DE LA GRILLE DE TRAVAIL *
520 REM *
530 REM ****
540 FOR H=0 TO XG-1
550 FOR V=0 TO YG-1
560 FOR N=1 TO 8
570 FOR M=1 TO 8
580 LOCATE (N+(H*8)),(M+(8*V)):PRINT CHR$(12
8)
590 NEXT M
600 NEXT N
610 NEXT V
620 NEXT H
630 LOCATE 1,18: PRINT "JE SUIS PRET;"
640 LOCATE 1,20: PRINT "+FLECHES="
650 LOCATE 1,21: PRINT "DEPLACEMENT"
660 LOCATE 1,22: PRINT "+ESPACE="
670 LOCATE 1,23: PRINT "POINT BLANC"
680 LOCATE 1,24: PRINT "+ENTER="
690 LOCATE 1,25: PRINT "VALIDATION TRACE."
700 REM ****
710 REM *
720 REM * SAISIE DU TRACE. *
730 REM *
740 REM ****
750 LET YC=1
760 LET XC=1
770 LET K$=INKEY$
780 IF K$="" THEN GOTO 860
790 LET K=ASC(K$)
800 LET XC=XC-(K=243)+(K=242):LOCATE 20,20
810 LET YC=YC+(K=240)-(K=241)
820 IF XC<1 THEN LET XC=1
830 IF YC<1 THEN LET YC=1
840 IF XC>8*H THEN LET XC=XC-1
```

senter sur l'écran notre quadrillage de tracé. Le second un carré blanc utilisé pour marquer les points à remplir. Le premier symbole redéfini par le programme portera donc le numéro du 130 et ainsi de suite pour les suivants.

Une première page d'accueil demandera de préciser le mode d'affichage sous lequel vous désirez tracer votre dessin. Il faudra choisir entre 0, 1 ou 2. Ensuite, le programme demandera le nombre de cases composant le tracé ; donc de 1 à 4. Ces renseignements fournis, et après contrôle de leur compatibilité avec les possibilités du programme, la grille de tracage sera affichée sur l'écran. La flèche vers la droite permet de faire avancer le curseur sur le quadrillage. De même, les trois autres flèches, gauche, bas, haut, seront utilisées pour son déplace-

ment dans la direction souhaitée. Dès que l'on souhaitera remplir un point de base, il suffira de taper ESPACE. Si un point a été placé par erreur, il est possible de l'effacer. Pour cela, il suffira de faire de nouveau passer le curseur dessus sans frapper ESPACE. Une fois le tracé terminé, ENTER sera frappé pour lancer son codage. Notons que la case sur laquelle se trouve le curseur lorsque ENTER est demandé sera considérée comme vierge lors du cadrage. Si, pour une raison ou une autre, l'ensemble des points doivent être marqués, signalons que le fait de taper ESPACE sur la dernière case de quadrillage (en bas, à droite) provoque automatiquement la validation du tracé et, cette fois, le point sera considéré comme blanc. En fonction du nombre de cases de base utilisées,

de une à quatre instructions SYMBOL N,X,X,X,X,X,X,X seront affichées, où N représente le numéro du symbole correspondant et X les valeurs décimales correspondantes à l'emplacement des points. Parallèlement à cela, le dessin, dans sa totalité, sera présenté, sous le mode choisi, en haut à gauche de l'écran.

La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier. Notons cependant qu'il a été étudié pour fonctionner uniquement sur Amstrad 464, 664, 6128, etc. Il ne donnerait aucun résultat sur d'autres machines, le procédé de redéfinition de symboles graphiques étant totalement différent. Néanmoins, nous espérons qu'il vous donnera toute satisfaction pour la conception de dessins, voire d'animations.

Henri-Pierre Penel

```

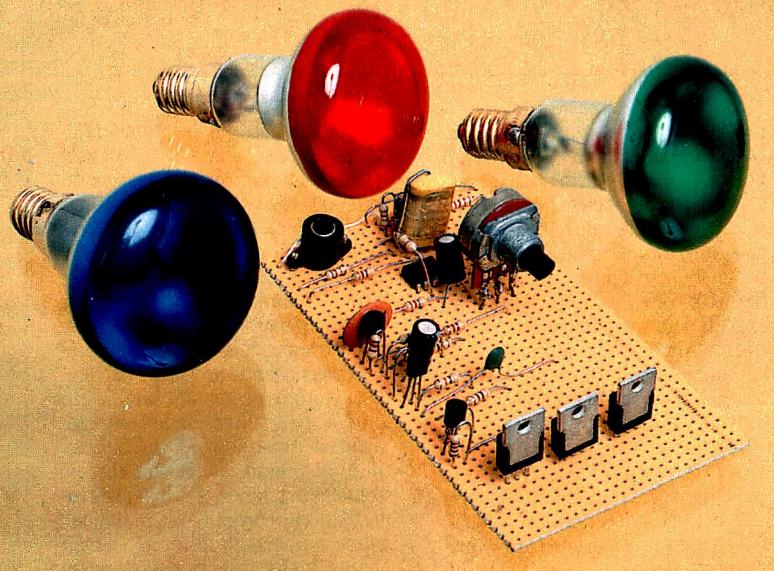
850 IF YC>8*V THEN LET YC=YC-1
860 LOCATE XC, YC:PRINT CHR$(129)
870 IF K=32 THEN GOTO 950
880 FOR T=1 TO 50:NEXT T
890 LOCATE XC, YC:PRINT CHR$(128)
900 LET A(XC, YC)=0
910 IF K=13 THEN GOTO 1060
920 FOR T=1 TO 20:NEXT T
930 IF K=32 THEN GOTO 950
940 GOTO 770
950 LOCATE XC, YC:PRINT CHR$(129)
960 LET A(XC, YC)=1
970 LET XC=XC+1
980 IF XC>8*H THEN LET XC=1:LET YC=YC+1
990 IF YC>8*V THEN GOTO 1060
1000 LET K=0:GOTO 770
1010 REM ****
1020 REM *
1030 REM * CHOIX DU NUMERO DE SYMBOLE.
1040 REM *
1050 REM ****
1060 LOCATE 1, 19:PRINT "(de 130 a 250)": CHR
$7)
1070 LOCATE 1, 18:INPUT "SYMBOL AFTER":N
1080 IF N<130 OR N>250 THEN GOTO 1060
1090 FOR I=1 TO 19
1100 FOR J=18 TO 25
1110 LOCATE I, J
1120 PRINT " "
1130 NEXT J
1140 NEXT I
1150 REM ****
1160 REM *
1170 REM * CALCUL DE LA TRANSCRIPTION *
1180 REM * NUMERIQUE DE CHAQUE TRACE. *
1190 REM *
1200 REM ****
1210 FOR V=0 TO YG-1
1220 FOR H=0 TO XG-1
1230 FOR L=1 TO 8
1240 FOR C=0 TO 7
1250 LET R(L, (H+(2*V)+1))=R(L, (H+(2*V)+1))+(
2*(7-C)*A((C+1)+(8*H), L+(8*V)))
1260 LOCATE C+(H*8)+1, L+(V*8):PRINT "O"
1270 IF A((C+1)+(8*H), L+(8*V))=1 THEN LOCATE

```

```

C+(H*8)+1, L+(V*8):PRINT CHR$(128)
1280 NEXT C
1290 NEXT L
1300 LET P=1+H+(2*V):LET NS=N+P-1
1310 REM ****
1320 REM *
1330 REM * AFFICHAGE EN TEMPS REEL DES *
1340 REM * NOUVEAUX SYMBOLES GRAPHIQUES. *
1350 REM *
1360 REM ****
1370 SYMBOL NS, R(1,P), R(2,P), R(3,P), R(4,P), R
(5,P), R(6,P), R(7,P), R(8,P)
1380 LOCATE 1, 18:PRINT "LE RESULTAT: "
1390 LOCATE 8+H, 20+V:PRINT CHR$(NS)
1400 NEXT H
1410 NEXT V
1420 LOCATE 1, 23:PRINT "POUR LES DONNEES"
1430 LOCATE 1, 25:PRINT "TAPER UNE TOUCHE. "
1440 IF INKEY$="" THEN GOTO 1440
1450 REM ****
1460 REM *
1470 REM * AFFICHAGE DES DONNEES *
1480 REM * NUMERIQUES ET SYNTAXE *
1490 REM *
1500 REM ****
1510 MODE 2
1520 FOR I= 1 TO P
1530 LOCATE 1, (2*I)
1540 PRINT "SYMBOL"; N+I; ","
1550 FOR J=1 TO 8
1560 PRINT R(J, I);
1570 IF J<8 THEN PRINT ",";
1580 NEXT J
1590 NEXT I
1600 REM ****
1610 REM *
1620 REM * REBOUCLAGE DU PROGRAMME *
1630 REM * SUR LA FRAPPE D'UNE TOUCHE. *
1640 REM *
1650 REM ****
1660 LOCATE 1, 15: PRINT "POUR GENERER D'AUTR
ES SYMBOLES TAPER UNE TOUCHE. "
1670 IF INKEY$="" THEN GOTO 1670
1680 GOTO 10

```



## Un modulateur psychédélique sans connexion (suite)

ELECTRONIQUE AMUSANTE

**A**près avoir réalisé notre préamplificateur micro, nous nous attacherons, ce mois-ci, à la réalisation de l'étage de puissance. Il comporte un jeu de filtres, le pilotage du canal négatif et, enfin, les triacs. Le jeu de filtre nous permettra de créer deux canaux de modulation différents. L'un ne répondra qu'aux sons graves, l'autre aux aigus. Les triacs seront les éléments de puissance ayant pour mission de commander l'allumage des lampes.

En premier lieu, nous trouverons, à l'entrée de notre module de

puissance, un potentiomètre. Celui-ci permettra d'ajuster la sensibilité générale de notre montage en fonction du volume d'écoute de la musique. Ensuite, nous trouverons les filtres. Réalisés à l'aide d'un jeu de résistances et de condensateurs, l'un sera du type passe-bas, canal graves, l'autre du type passe-haut, canal aigus. Etant donné que le courant disponible en sortie de ces derniers est très insuffisant pour piloter directement les triacs, un transistor sera placé à la suite de chaque filtre. De même, un troisième transistor inversera le signal disponible en sortie du filtre "graves". Nous l'utiliserons pour commander le canal négatif.

Le signal issu de chaque transistor sera désormais appliqué à la gâchette des triacs. Nous utiliserons un condensateur de liaison pour les deux canaux positifs ; en revanche, la liaison sera directe pour le canal négatif. Dans ce dernier cas, en effet, il reste indispensable de pouvoir commander le triac en absence de musique, donc à partir d'une tension continue, fonction qu'interdirait la présence d'un condensateur.

Le câblage de ce module de puissance reste relativement simple. Cependant, étant donné qu'il est directement relié au secteur, le plus

grand soin devra lui être apporté, notamment en ce qui concerne le câblage des triacs. Notons, à propos de ces derniers, que d'une marque à l'autre leur brochage (A1, A2 et gâchette) peut comporter des différences. Il sera donc vivement conseillé de faire préciser ce brochage par votre détaillant lors de l'achat.

Par ailleurs, pour pouvoir fonctionner, notre préamplificateur ainsi que les transistors nécessitent une source de tension continue. Ici, deux possibilités vous sont offertes. Il vous sera possible soit d'utiliser un adaptateur secteur fournissant une tension de 12 volts sous 300 mA, soit de réaliser la petite alimentation que nous vous proposons à partir d'un transformateur 220 V/12 V d'une puissance de 5 VA.

En ce qui concerne le raccordement des lampes, nous vous conseillons de brancher la lampe rouge au canal négatif, la verte sur les graves et la bleue sur les aigus. Cela, cependant, n'est qu'un conseil ; cette disposition nous a paru être celle donnant le résultat le plus probant, mais il est possible d'adopter une autre répartition des couleurs en fonction de "l'ambiance lumineuse" que vous recherchez. Si, par exemple, la lampe verte est pilotée par le canal négatif, cela donnera une impression d'ambiance plus froide.

Une fois le câblage terminé, nous pourrons passer à l'utilisation de notre modulateur. Etant donné la présence du secteur sur l'ensemble du montage, il sera impératif avant tout raccordement au secteur de l'habiller d'un boîtier isolant, plastique ou autre, dont seul dépassera l'axe du potentiomètre. De même, ce dernier devra obligatoirement être muni d'un axe en plastique. Le modulateur devra également être systématiquement débranché avant toute intervention sur le câblage. Ces quelques précautions respectées, nous placerons notre montage à proximité de l'un des haut-parleurs de la chaîne hi-fi. Le potentiomètre sera placé à la sensibilité maximale, à fond dans le sens des aiguilles d'une montre, et la fiche secteur sera branchée. Aussitôt, la lampe du canal négatif s'allumera. Dès la présence de musique à un niveau sonore suffisant, les trois lampes devront scintiller. On pourra alors

### OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

△ MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris, tél. (1) 43 79 39 88

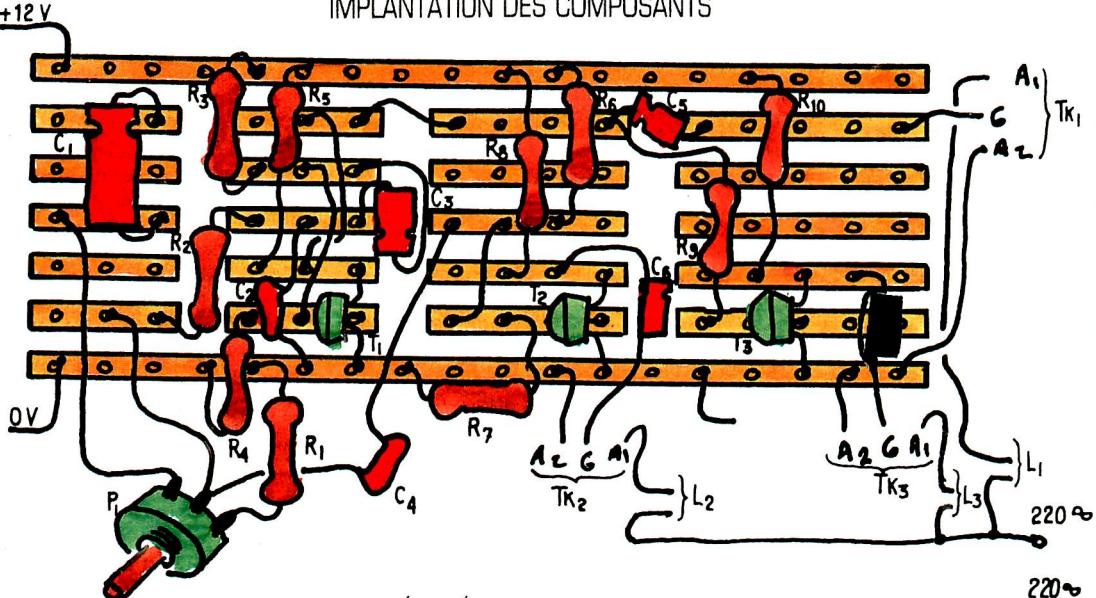
△ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris, tél. 43 36 26 05

△ T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville, tél. 34 13 37 52

△ URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon Suisse.

△ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

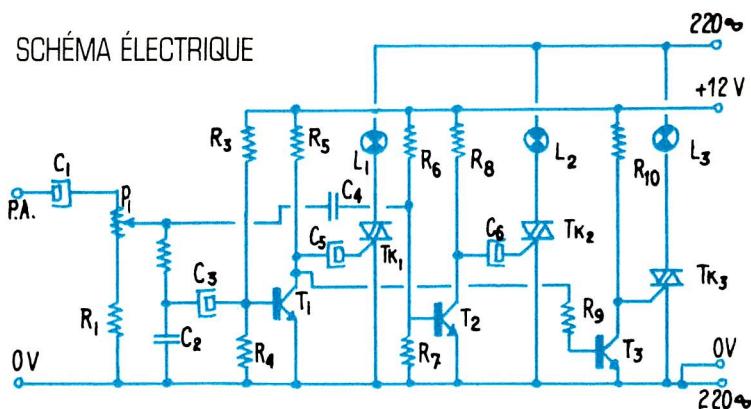
## IMPLANTATION DES COMPOSANTS



## NOMENCLATURE

$C_1 = 4,7 \mu F$   
 $C_2 = 100 nF$   
 $C_3 = 4,7 \mu F$   
 $C_4 = 10 nF$   
 $C_5 = 4,7 \mu F$   
 $C_6 = 4,7 \mu F$   
 $R_1 = R_5 = R_8 = R_{10} = 2,2 k\Omega$  (rouge, rouge, rouge, or)  
 $R_2 = 4,7 k\Omega$  (jaune, violet, rouge, or)  
 $R_3 = R_4 = R_6 = 100 k\Omega$  (brun, noir, jaune, or)  
 $R_7 = 47 k\Omega$  (jaune, violet, orange, or)  
 $R_9 = 22 k\Omega$  (rouge, rouge, orange, or)  
 $P_1$  : potentiomètre 10 k $\Omega$   
 $T_1 = T_2 = T_3 = 2N 3904$  ou équivalent  
 $TK_1 = TK_2 = TK_3$  : triacs  
 $L_1 = L_2 = L_3$  : lampes 220 V  
 $L_1$  : graves  
 $L_2$  : aigus  
 $L_3$  : négatif

## SCHÉMA ÉLECTRIQUE

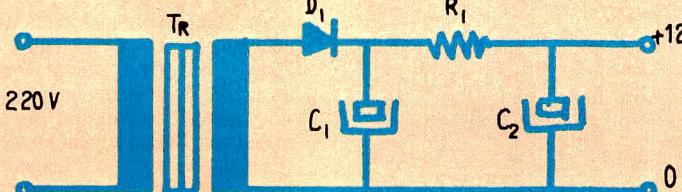


agir sur le potentiomètre de manière à ajuster au mieux le scintillement au niveau d'écoute de la musique. Ce simple contrôle effectué, notre montage sera prêt à l'emploi. Enfin, en ce qui concerne la puissance des lampes commandées, si celle-ci reste inférieure à 200 watts par canal, les triacs n'auront nullement besoin de radiateur pour pouvoir fonctionner sans risque de

surchauffe. En cas contraire, il sera indispensable de munir chaque triac d'un radiateur et de vérifier qu'aucun contact ne risque de s'établir entre deux radiateurs adjacents. Dans ces conditions, il sera possible de piloter jusqu'à 1 500 watts par canal si la fiche secteur utilisée est en mesure de fournir au moins 15 A, donc une fiche "force".

Henri-Pierre Penel

## SCHÉMA ÉLECTRIQUE - ALIMENTATION



## NOMENCLATURE

$Tr$  = transformateur 220 V/12 V, 5 VA  
 $D_1$  = IN 4001  
 $R_1 = 47 W$  (jaune, violet, noir, or)  
 $C_1 = C_2 = 470 \mu F, 12 V$

# Notre galaxie

JOURNAL DE L'ASTRONOME

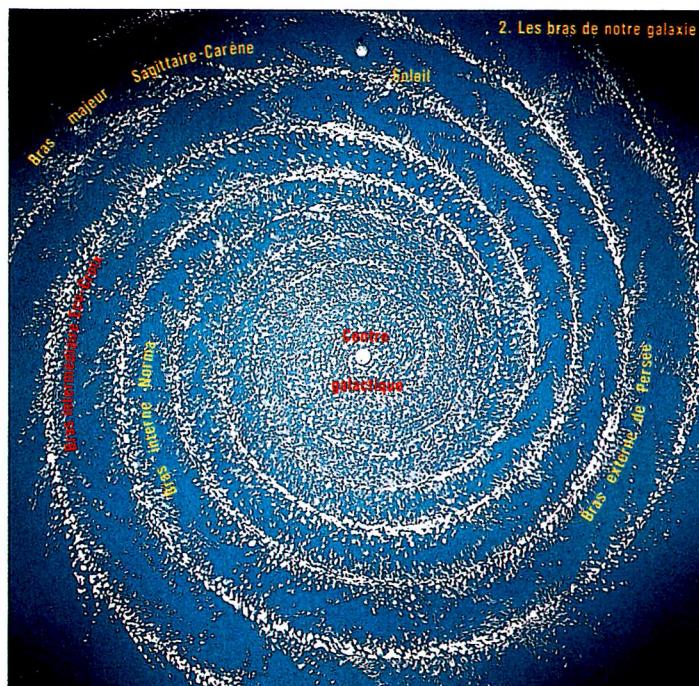
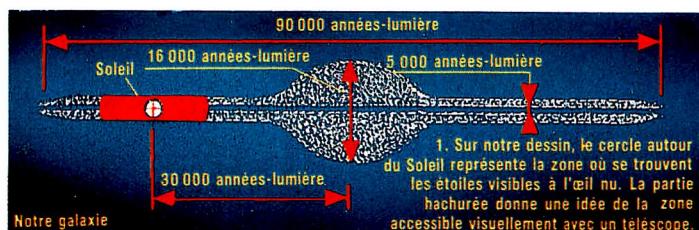
**L**orsque le calme d'une nuit d'été succède au bruissement sourd des chaleurs du jour, qui n'a pas porté son regard vers la coupole constellée d'étoiles qui nous entourent ? Le regard, errant d'étoiles en constellations, plonge littéralement dans les entrailles de notre Univers. En juillet, aux alentours de minuit, on se surprend alors à suivre une arche de lumière, qui, partant de l'horizon sud, enjambe la voûte céleste jusqu'au nord. Tantôt rectiligne comme un fleuve tranquille, tantôt sinueuse comme un torrent, on devine par endroits des amincissements friant la disparition complète ou bien une séparation en deux bras

comme à l'approche d'un delta.

La mythologie voit dans cette trainée blanchâtre la trace d'une goutte de lait échappée du sein de Junon qu'elle donnait à Hercule, alors qu'elle apprit que ce dernier n'était qu'un bâtard de son époux Jupiter, d'où son nom actuel de Voie lactée.

Pour d'autres, c'est le reste d'un cataclysme cosmique. Phaéton, fils du Soleil, avait emprunté le char de son père. Volant de constellation en constellation, il admirait tant ces merveilles qu'il quitta la route céleste et embrasa le ciel ; la Voie lactée serait les cendres de cet incendie.

Les Chinois ou les Arabes y



virent le fleuve céleste, et les Indiens d'Amérique le chemin des âmes. Dans nos campagnes, on la nomme encore souvent le Chemin de saint Jacques, survivance du Moyen Age, période où, durant les beaux jours, les pèlerins partaient en foule vers Saint-Jacques de Compostelle, à l'extrémité de la péninsule ibérique. La nuit, la Voie lactée indiquait approximativement la route à suivre depuis Paris et le nord de l'Europe, soit le sud-est.

**La galaxie.** Jolis noms, belles légendes, la Voie lactée n'en cache pas moins une réalité fascinante. Si, de nos jours, il est facile, à l'aide d'une simple paire de jumelles, de se rendre compte qu'elle est constituée d'une concentration d'étoiles, il faut bien entendu attendre l'invention de la lunette astronomique pour aboutir à cette conclusion. C'est donc, une fois de plus, à Galilée que nous devons cette "découverte". Les premières études sérieuses furent faites par William Herschell vers 1780, qui, à l'aide de son puissant télescope, entreprit le comptage des étoiles. L'opération consistait à recenser les étoiles par magnitude et degrés carrés dans différentes régions de la voûte céleste.

Herschell constata deux choses. Tout d'abord, le nombre d'étoiles augmente au fur et à mesure qu'on se rapproche de la Voie lactée ; ensuite, cet accroissement de la densité stellaire est beaucoup plus important pour les étoiles faibles que pour les étoiles brillantes. Autrement dit, les étoiles visibles à l'œil nu sont réparties à peu près uniformément sur la voûte céleste, alors que les plus faibles visibles au télescope sont plus concentrées au plan moyen de la Voie lactée. L'explication que l'astronome anglais donne de ces résultats, sans être exacte, se rapprochait néanmoins de la vérité : pour Herschell, les étoiles formaient un vaste ensemble en forme de boîte aplatie, dont le système solaire occupait le centre.

S'il est bien aplati, nous savons maintenant qu'il ressemble à deux soucoupes renversées l'une sur l'autre, avec un renflement marqué au centre, le Soleil et son cortège de planètes occupant une position excentrée. Cet ensemble est appelé la Galaxie, avec un G majuscule, pour la différencier des autres mil-

liards de galaxies qui peuplent l'Univers.

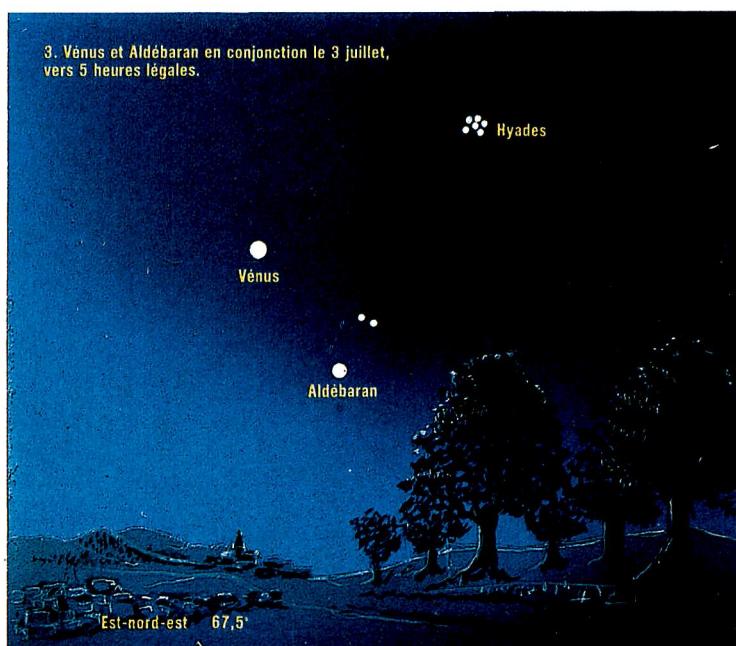
C'est notre position périphérique dans la Galaxie qui explique la Voie lactée. En effet, lorsque nous regardons perpendiculairement au plan de la Galaxie, nous explorons des régions peu denses qui nous apparaissent donc clairsemées d'étoiles. En revanche, lorsque le regard se porte dans le plan galactique, l'accumulation d'étoiles est telle que l'œil ne les "sépare" pas toutes les unes des autres et c'est ce que nous appelons la Voie lactée.

**Structure galactique.** La Galaxie a un diamètre d'environ 90 000 années-lumière et une épaisseur moyenne de 5 000. Au centre, se trouve un renflement d'environ 16 000 années-lumière de diamètre. Le Soleil se situe à peu près à 30 000 années-lumière du centre, un peu au-dessus du plan galactique. Il faut noter que le centre de la Galaxie est difficile à préciser, car il n'est pas directement observable en raison de la présence, entre lui et notre système solaire, d'une grande quantité de matière, gaz et poussières, absorbant les rayonnements. Ce n'est donc que par des méthodes indirectes qu'on peut l'étudier (**figure 1**).

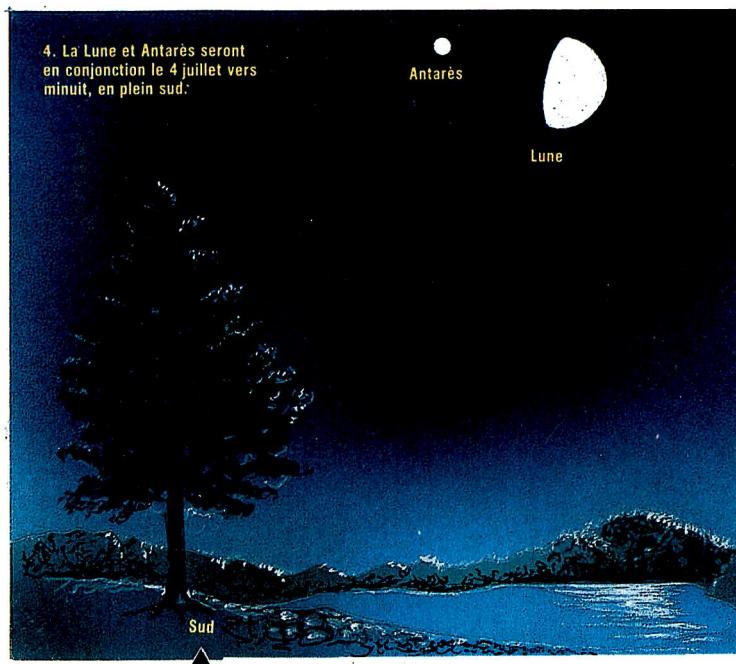
On estime que 150 milliards d'étoiles forment la Galaxie, dont seulement un ou deux milliards sont observables dans les télescopes terrestres. Le problème était ensuite de savoir comment ces étoiles étaient organisées à l'intérieur de ce vaste ensemble. Comme nous sommes à l'intérieur du système, il nous est impossible de nous rendre compte de sa structure, de même que le promeneur dans la forêt ne peut réaliser la disposition des arbres qui la constituent ; en revanche, il peut faire une analogie avec une forêt visible au loin.

C'est ce que les astronomes ont fait. Les autres galaxies de l'Univers présentent très souvent une structure spirale. La forme générale est circulaire, mais montre un bulbe central à partir duquel se développent les bras, s'enroulant en spirale autour du centre. On a constaté dans ces galaxies spirales que les bras sont formés d'étoiles relativement jeunes, dites de population 1, associées à des nuages d'hydrogène ionisé. L'idée fut donc

3. Vénus et Aldébaran en conjonction le 3 juillet, vers 5 heures légales.



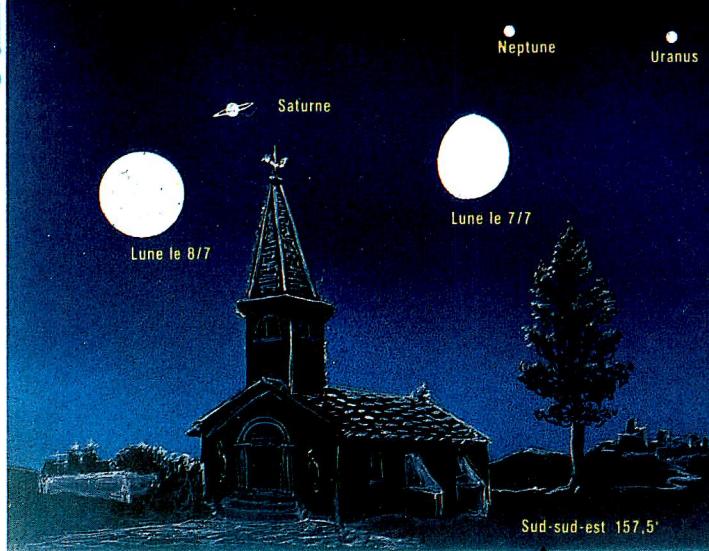
4. La Lune et Antarès seront en conjonction le 4 juillet vers minuit, en plein sud.



d'étudier la répartition des étoiles de population 1 et des nuages d'hydrogène ionisé dans notre Galaxie. On fit appel pour cela à l'astronomie optique, mais aussi à la radioastronomie, car les ondes radio ne sont pas absorbées, ou moins que la lumière. C'est ainsi que nous

apparut une vision de la Galaxie "vue de l'extérieur" et montrant nettement une structure spirale à quatre bras : un bras majeur, dit Sagittaire-Carène, un bras intermédiaire de l'Écu et de la Croix, un bras interne symétrique du majeur, dit de Norme, et un bras externe

5. La Lune, Saturne, Uranus et Neptune se sont donnés rendez-vous les 7 et 8 juillet à minuit.



symétrique du bras intermédiaire, dit de Persée. Le système solaire se trouve entre le bras majeur et l'extrémité du bras externe (**figure 2**).

La Galaxie tourne sur elle-même en environ 225 millions d'années, déterminant ainsi ce qu'on appelle l'année cosmique. Depuis sa formation, elle a déjà accompli près de cinquante-cinq rotations ! Nottons enfin qu'un système de coordonnées se réfère à la Galaxie ; il s'agit des coordonnées galactiques.

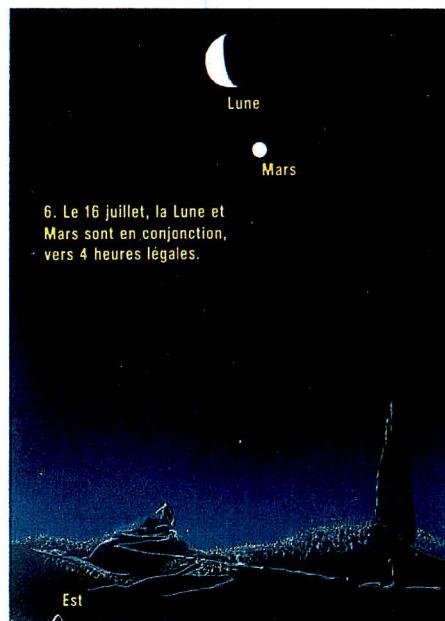
Le plan de base est celui de la Galaxie. On définit une longitude galactique, qui se mesure à partir de la direction du centre galactique, et une latitude galactique, dont le pôle nord se trouve dans la Chevelure de Bérénice et le pôle sud dans la constellation du Sculpteur.

**Balade dans la Voie lactée.** Rien de plus simple que d'observer la Voie lactée. La "promenade" peut commencer à l'œil nu. On s'attachera à définir ses limites, les

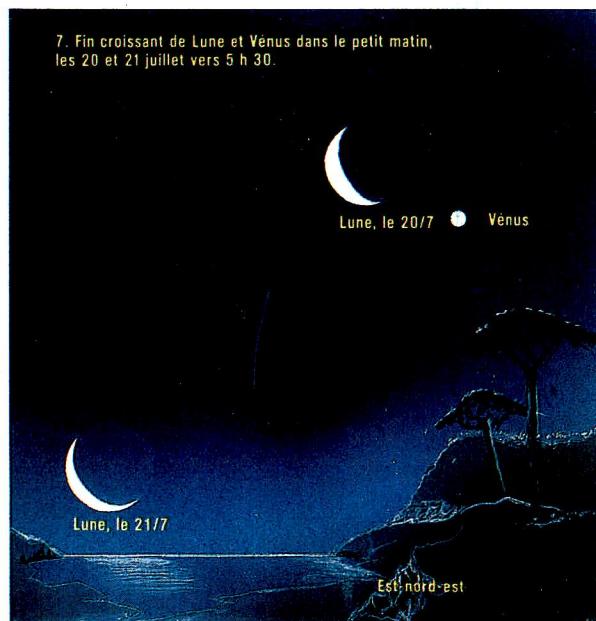
concentrations principales, la séparation en deux bras au niveau du Cygne. Les plus artistes pourront s'exercer à la dessiner, voire à la peindre !

Bien entendu, choisissez un endroit dépourvu de lumières parasites et, en juillet, une nuit sans lune aux alentours de minuit, c'est-à-dire à partir du 15. Pour la contempler sans fatigue vers le zénith, le mieux est encore de s'allonger sur une chaise longue ou, tout simplement, sur une couverture à même le sol. Alors, tout repère terrestre étant hors du champ de vision, vous aurez l'impression de flotter parmi les étoiles !

Avec une paire de jumelles, le spectacle est somptueux. Partant de l'horizon nord, nous démarrons dans Persée ; on remarque l'amas ouvert M 34 de bêta-Persée puis, au nord de la constellation, le double amas discernable à l'œil nu. Vient ensuite Cassiopée, reconnaissable à sa forme en W ; là aussi, deux ou trois amas ouverts sont reconnaissables. C'est maintenant Céphée et le Lézard, riches en étoiles doubles et variables. Voici le Cygne aux ailes déployées, avec Dénéb, étoile supergéante de magnitude 1, près de laquelle se trouve la nébuleuse Amérique. Ici, la Voie lactée se divise en deux bras : l'un effleure la Lyre puis continue



6. Le 16 juillet, la Lune et Mars sont en conjonction, vers 4 heures légales.



7. Fin croissant de Lune et Vénus dans le petit matin, les 20 et 21 juillet vers 5 h 30.

sur le Serpent et Ophiucus pour se diluer au niveau du Scorpion où trône la rouge Antarès, l'autre traverse l'Aigle, et baisse alors de luminosité, mais se renforce en arrivant au Sagittaire. Zone magnifique qui mérite un arrêt prolongé en raison de sa richesse en amas et nébuleuses bien visibles aux jumelles. Sous nos latitudes, le parcours se termine là, mais dans les régions plus proches de l'équateur, voire dans l'hémisphère austral, nous pourrions suivre le chemin parallèle des deux bras jusqu'au Centaure, où ils se réunissent, puis la Croix du Sud bizarrement percée d'une zone sombre, ensuite la Carrène, les Voiles et la Poupe obscurcie de matières absorbantes. C'est au tour du Grand Chien et de Sirius de recevoir le fleuve céleste qui baigne plus au nord le pied d'Orion et le Cocher. Mais ce sont là des constellations visibles de France... l'hiver prochain !

**Les rendez-vous de juillet.** Le mois commence avec un rapprochement de Vénus et d'Aldébaran du Taureau le 3, vers 5 heures légales. On notera la proximité de l'amas des Hyades (*figure 3*).

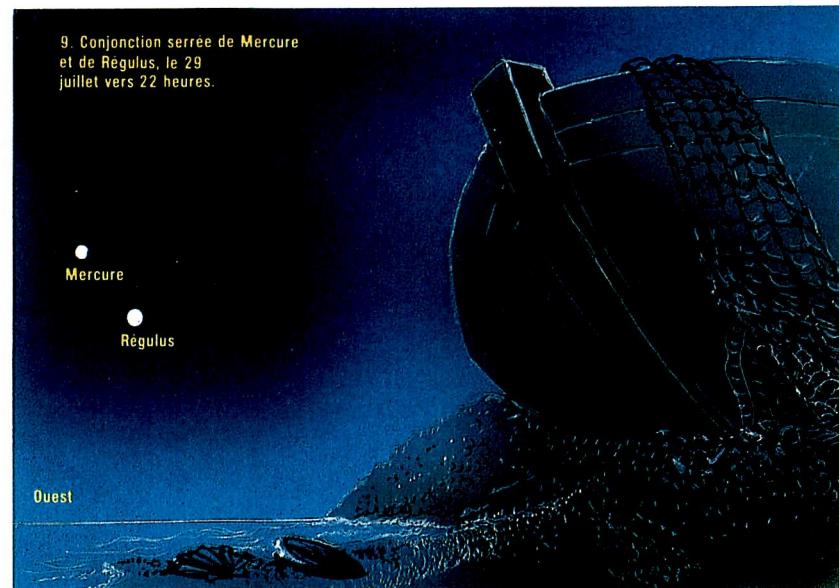
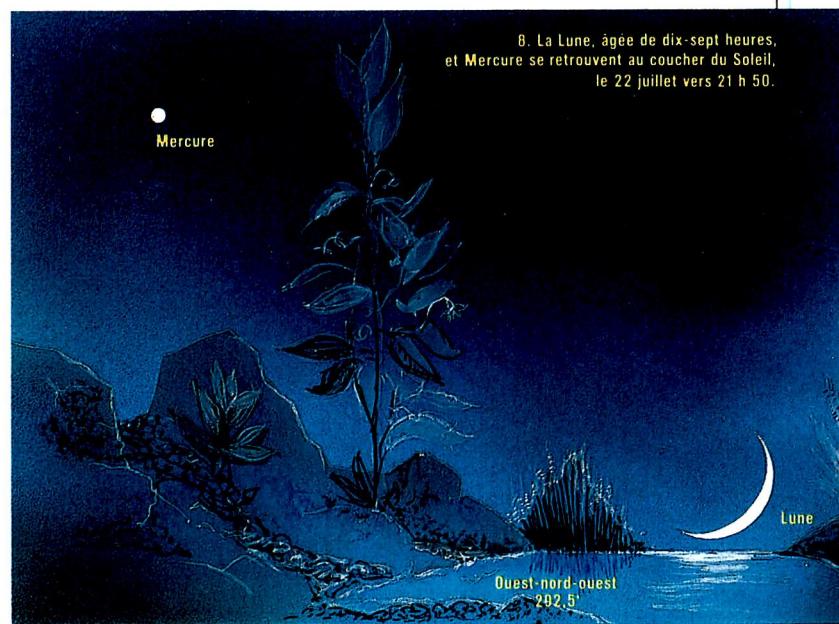
Le 4, vers minuit, nouvelle conjonction de la Lune et d'Antarès du Scorpion. Les deux astres seront à moins de 1°30'. Ceux qui se trouvent en Amérique du Sud pourront même assister à une occultation (*figure 4*).

Les 7 et 8, on remarquera en milieu de nuit les conjonctions successives de la Lune avec Uranus, Neptune puis Saturne (*figure 5*). Ce sera le tour de Mars le 16, vers 4 heures du matin (*figure 6*).

Beaux spectacles aux alentours de la nouvelle lune : le 20, tout d'abord, vers 5 h 30, soit une demi-heure avant le lever du Soleil, on s'aidera de jumelles pour repérer dans l'aube un croissant lunaire à proximité de Vénus. Le lendemain, à la même heure, possibilité de voir un fin croissant de lune à moins de vingt-trois heures de la nouvelle lune (*figure 7*).

Cette nouvelle lune sera marquée par une éclipse totale de soleil, visible depuis la Finlande et le nord de l'URSS.

Enfin, le 22 (*figure 8*), qui parviendra à observer un très fin croissant de lune âgé de dix-sept heures, en conjonction avec Mercure, mais dix minutes seulement



après le coucher du Soleil ?

La même Mercure sera en jonction serrée avec Régulus le 29. Observation possible aux jumelles ou au télescope, vers 22 heures, une demi-heure après le coucher du Soleil (*figure 9*). Les deux astres ne sont séparés que par un demi-degré.

Jupiter, qui était inobservables en

raison de sa conjonction avec le Soleil le 15, fera sa réapparition le 30. On tentera de la localiser sur l'horizon nord-est, vers 5 heures, vingt minutes avant le lever du Soleil, vers l'azimut 63°. **Yves Delaive**

● Cartes célestes mobiles pour toutes latitudes, utiles aux voyageurs et aux vacanciers, en vente à La Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris.

# Vous avez dit difficile ?

## JEUX MATHÉMATIQUES

Votre réaction aux problèmes posés le mois dernier a sans doute été celle des milliers de demi-finalistes qui s'y sont trouvés confrontés, le 28 avril dernier : bigrement difficile ! En ce qui vous concerne, pourtant, vous avez eu un mois pour les résoudre et non les "courtes" six heures de l'épreuve. Battons notre coup de coeur et promettons que la demi-finale sera moins ardue l'année prochaine. Le jury s'y est, en tout cas, engagé solennellement. Quoi qu'il en soit, vous trouverez dans ce numéro les solutions. Et pour faire bonne mesure, je vous propose également trois problèmes plus faciles, qui ont été posés dans la catégorie C2, lors des demi-finales.

Un mot encore : si vous lisez ces lignes avant le 7 juillet, jour de la finale à la Cité des sciences, rappelez-vous que vous pouvez en résoudre les problèmes en vous connectant sur Minitel 3615 JEULOGIC, et —

pourquoi pas ? — gagner les calculatrices Hewlett-Packard et les livres Hatier mis en jeu (les voyages, collections *Encyclopaedia Universalis* et IBM PS2 sont réservés aux lauréats de la finale).

Je voudrais enfin signaler à tous ceux d'entre vous qui m'ont écrit que je ne peux, malheureusement, leur répondre personnellement, mais que j'apprécie leurs encouragements, et que toutes leurs suggestions de problèmes sont examinées par le jury du championnat de France. Peut-être auront-ils l'heureuse surprise de voir une de leurs propositions utilisées, et, dans ce cas, ils recevront un chèque de 250 F de droits d'auteur. Quant à ceux qui estiment qu'il y a des erreurs dans certaines solutions, qu'ils soient rassurés : toutes les réponses données pour les éliminatoires du IV<sup>e</sup> championnat sont exactes.

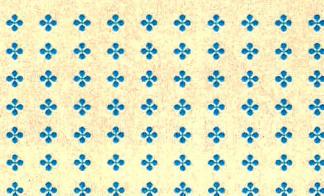
Gilles Cohen ▲

### A VOUS DE JOUER

#### Casse-tête gaulois

Placez neuf menhirs sur certains des points repérés par le druide Mathématix, de manière à former dix alignements de trois menhirs, sans que jamais quatre de ces menhirs ne soient alignés.

On entourera les points choisis et on tracera les dix alignements.



#### Le cancer

Bougredane fait consciencieusement une multiplication de deux nombres à trois chiffres pour répondre à un petit problème, puis, fier de lui, appelle son instituteur !

Celui-ci, en voyant le calcul de l'élève, explose :

« Mais, Bougredane, ton raisonnement est faux ; pour résoudre ce problème il suffisait d'ajouter ces deux nombres ! Et, de plus, le résultat de ta multiplication est inexact. Tu trouves 5 894 569 au lieu de 596 269, car tu as commis une erreur de décalage dans ton troisième produit partiel (en multipliant par le chiffre des centaines). »

Quelle est la réponse au problème de Bougredane ?

#### Le caissier imprudent

Les frères Rapesou essaient d'ouvrir le coffre de la banque Pi-quetout. La combinaison est une suite croissante de trois chiffres (non nuls). Dans les poches du caissier ligoté, ils découvrent les deux indications suivantes :

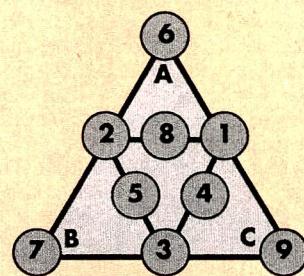
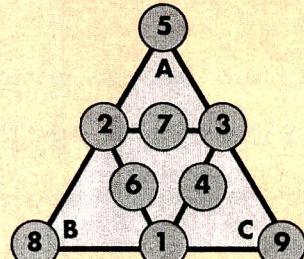
- la somme des chiffres est 17
- le produit de deux quelconques d'entre eux augmenté du troisième est un carré.

Quelle est la combinaison du coffre ?

### LES SOLUTIONS DES DEMI-FINALES

**Le goût du risque** : 12 h 10 min

**La forteresse** (deux solutions)



**Les crayons** : un crayon

**Le square carré de Quad-City** (deux solutions) : 703 et 297

**L'étoile magique** : 290 cm<sup>2</sup>

**Magie des différences** (deux solutions)

8	3	7	4
6	1	5	2
14	9	13	10
16	11	15	12

8	3	7	4
6	1	5	2
13	10	14	9
16	11	15	12

# LIVRES

Grigori Medvedev

## La Vérité sur Tchernobyl

Albin Michel, 318 p., 110 F.

L'auteur est un responsable éminent des programmes nucléaires soviétiques, mais il n'a passé qu'une semaine sur le site du désastre, et le titre français de son livre est trompeur : une trentaine de pages à peine portent sur cette période, et encore sous forme d'entretiens reconstitués avec quelques-uns des protagonistes et futurs accusés du procès de 1987.

L'ouvrage débute par une mise en situation de Tchernobyl dans l'histoire des accidents nucléaires ; on est frappé par les erreurs et les lacunes sur l'accident de Three Mile Island, en mars 1979, et notamment sur l'état réel du cœur et sur le coût des opérations de liquidation, qui sont sous-évalués. Comment savoir alors si la liste, en soi édifiante, des accidents graves de centrales soviétiques, depuis la catastrophe de Kyshtym, dans l'Oural, ne comporterait pas des erreurs similaires ?

Suit une démolition de la technologie du RBMK, pourtant en service depuis 1954, ce qui ne surprend guère depuis l'explosion du bloc IV de la centrale ukrainienne. Medvedev procède par habiles retours en arrière, qui mettent en valeur sa propre clairvoyance sur le danger de cette filière et sur l'insuffisance des responsables de ce secteur de l'industrie atomique soviétique et des directeurs de Tchernobyl.

Le cœur du livre est consacré à la reconstitution de la journée fatale du 26 avril 1986. Le montage en est manichéen, les idiots et les lâches d'un côté, les héros obscurs de l'autre ; entre les deux, les victimes ignorantes. Mais le récit reste

hallucinant, tant par la précipitation des événements que par la sottise de ceux qui crurent pendant plus de dix heures que le réacteur était intact. Dans ses notes, l'académicien Valeri Legassov, qui resta plusieurs mois à la direction des opérations sur le site et qui se suicida deux ans plus tard, jour pour jour, indique que le message codé envoyé à Moscou juste après l'explosion signifiait : « Nucléaire, explosion, incendie et irradiation. » Peut-on d'ailleurs imaginer que le pouvoir aurait été réuni en moins de trois heures, avant 4 heures du matin, pour nommer une commission gouvernementale, si le réacteur avait été indemne ? Cette incohérence hiérarchique et politique ne semble pourtant pas gêner l'auteur, ou, du moins, ne lui inspire pas de commentaires. On regrette que Medvedev n'ait pas donné la parole à Legassov, et l'on se prend à évoquer les trucages de photos chers à l'époque stalinienne.

Si les dialogues imaginaires et les témoignages vrais sont émouvants, le récit n'est donc pas totalement convaincant. L'impression est renforcée par le contexte où paraît ce livre. Pourquoi une préface de cet apôtre du nucléaire que fut Andrei Sakharov ? Pourquoi EDF-International a-t-il favorisé la publication et soutient-il ce livre, dont on dit que l'Etat soviétique aurait bloqué la publication pendant deux ans ? Ne serait-ce pas pour créer en France l'impression que Tchernobyl est un accident « étranger », qui ne condamne qu'une technologie étrangère elle aussi, sans portée sur le programme français ?

En URSS, en tout cas, les gens avertis ne voient dans le livre de Medvedev qu'une thèse opportuniste, celle d'un apparatchik qui reprend la version de l'accusation au

procès de Tchernobyl, où l'avocat, troublé par les contradictions, brilla par son absence. Il faut dire qu'à cet égard, la perestroïka n'a pas atteint la technocratie nucléaire soviétique, qui conserve ses bonnes vieilles méthodes de désinformation.

On est plus fin en France, ou, du moins, EDF est plus fin que le CEA, qui organisa un coûteux battage autour du pamphlet sans substance de Parker et Lecerf (*le Dossier Tchernobyl : la guerre des rumeurs*, PUF, 1987).

Néanmoins, l'ouvrage est utile à ceux qui entendent constituer un dossier sur la désinformation.

Yves Lenoir

Oliver Sacks

## Des yeux pour entendre

Voyage au pays des sourds  
Seuil, 224 p., 129 F.

L'auteur est celui de *l'Homme qui prenait sa femme pour un chapeau*. Ce livre est touchant quand il raconte comment, grâce à des gens tels que l'abbé de l'Epée, les sourds ont atteint à la dignité qui doit être la leur ; car être sourd ne signifie certes pas qu'on soit incapable de participer à la même culture que les autres. Néanmoins, il existe chez les sourds une tendance dangereuse à l'auto-dépréciation. Toujours est-il que c'est à l'intérêt croissant des neurologues et des linguistes pour la surdité qu'on a créé aux Etats-Unis la première université pour sourds. Sacks est le plus intéressant quand il expose les dernières données sur les structures du langage des signes chez les sourds et les conséquences de la surdité sur le système nerveux. En effet, la surdité déplace la latéralisation du cerveau, car elle entraînerait le transfert des fonctions langagières et visualo-cognitives vers l'hémisphère gauche. L'étude de la surdité en a donc appris sur la plasticité fonctionnelle du cerveau, que ce soit, comme le soutient Changeux, le neurone qui soit l'unité d'adaptation ou, comme le soutient Edelman, le groupe de neurones. Ce livre, écrit avec une grande clarté, a l'immense mérite pour tous de révéler la richesse et l'intérêt des travaux qui commencent à être faits sur la surdité.

Gerald Messadié

**Edouard Bonnefous**  
**Réconcilier l'homme**  
**et la nature**  
PUF, 255 p., 135 F.

Les nombreux titres de l'académicien Edouard Bonnefous ne sont pas seulement honorifiques ; ils lui permettent aussi d'être au confluent de courants d'information privilégiés et de recueillir des faits peu connus du public. Ce sont ces faits, autant que les réflexions qui les accompagnent, qui prêtent du relief à un sujet apparemment banal et même ressassé : l'impérative nécessité pour la race humaine de contrôler ses activités pour ne pas obérer son avenir à plus ou moins long terme.

Au moment où s'engage une discussion de fond (et d'humours politiques) sur le schéma directeur de Paris, il est utile, mais ce n'est là qu'un exemple, de lire son chapitre sur le "bilan de la croissance urbaine". On y apprend des faits déroutants : alors que le prix du mètre carré, en propriété ou en location, bat des records, Paris se dépeuple : près d'un million d'habitants s'en sont exilés depuis 1921. On dira que c'est là l'effet de la loi du marché et l'on croira qu'il est normal que les gens s'en aillent, puisque, justement, le terrain y est devenu cher. C'est le genre d'arguments qu'on s'entend opposer (et avec une vigueur inattendue) par des autorités ministérielles, comme cela a été notre cas. Or, démontre le sénateur Bonnefous, cette argumentation est digne de l'autruche : l'extension des banlieues résidentielles a entraîné en seulement quinze ans la disparition de quelque 8 500 ha d'espaces ouverts, de 48 000 ha de terres agricoles et de 33 000 ha d'espaces ruraux non cultivés. Parlons donc de protection de la nature ! Un contrôle des prix à Paris et du développement de la capitale eût évité ce saccage. Evidemment, la spéculation n'y eût pas fait son beurre.

Dans sa modération, bien compréhensible chez un homme qui assume bien des responsabilités, l'auteur se garde certes d'un ton trop aigu lorsqu'il évoque les sacages et les désastres causés par le mercantilisme, l'égoïsme et les idéologies désuètes : faim dans le monde, surnatalité, pollution ; il se

borne à donner les faits dans leur froide réalité. Il est assez scandaleux, ainsi, que seulement 3,7% de la surface totale cultivée en Amérique du Sud appartiennent aux petits exploitants, ou encore que certaines autorités religieuses s'opposent à la contraception dans des pays où la démographie est catastrophique.

Mais le tableau est clair, élloquent, et c'est là un dossier de référence.

G.M.

**Laurent Degos**  
**Le Don reçu**  
Plon, 156 p., 95 F.

Dans ce petit livre, très vivant, mais aussi très technique, c'est toute l'aventure des groupes tissulaires HLA, de leur découverte à la compréhension de leur rôle dans les greffes, qui est racontée. Le narrateur, expert en la matière, fut à la fois acteur et témoin de cette aventure. Bien évidemment, il rend hommage au Pr Jean Dausset, qu'un Nobel récompensa en 1980 pour la découverte du système HLA, et rappelle les répercussions de cette découverte, pratiques telles que la création de France Transplants, qui a beaucoup facilité le choix et la réalisation des greffes, fondamentales telles que la possibilité de prédiction des maladies, et ethnologiques telles que la reconstitution de l'histoire des peuples. Ouvrage à la fois précis et profond, et dont la réflexion sur l'éthique des greffes vient à point nommé. Utile à tout étudiant en médecine, mais non interdit à ceux qui veulent goûter le plaisir de savoir.

Pierre Rossion

**Le Livre de l'Europe**  
**Atlas géopolitique**  
Editions n° 1/Stock, 317 p., 198 F.

Compendium des données historiques, démographiques, culturelles, industrielles, militaires, administratives, judiciaires, etc., actuellement disponibles sur la communauté qui prendra corps en 1992. Beaucoup de graphiques, de cartes et des commentaires clairs sur les problèmes et les orientations. Utile à de très nombreuses professions et sans doute à tous les étudiants.

**Alain Beltran et Pascal Griset**  
**Histoire des techniques**  
**aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles**  
Armand Colin, 192 p., 69 F.

Ce n'est que l'un des nombreux titres de la collection de l'éditeur réservée au premier cycle universitaire et aux cours préparatoires. L'ouvrage est correct et clair, le style dépasse un peu la banalité de circonstance et les exposés techniques sont corrects. Le seul point réellement faible est le préambule historique. A propos du béton, par exemple, il est écrit : « Bien qu'un premier brevet daté de 1796... », ce qui donnerait à croire que le béton a été inventé au XVIII<sup>e</sup> siècle ; erreur ! Les Romains construisaient déjà des jetées en béton, comme l'ont prouvé les fouilles entreprises à Césarée. Idem pour l'histoire de la vapeur. Il est faux que « l'histoire de la vapeur concerne (sic) tout d'abord les véhicules routiers » ; la machine de Newcomen, qui date de 1698, était fixe et... antérieure. Les premiers hauts fourneaux ne remontent pas au XVIII<sup>e</sup> siècle, mais au X<sup>e</sup> siècle avant notre ère. Etc. Etant donné qu'en dépôt du titre les auteurs remontent souvent aux siècles antérieurs au XIX<sup>e</sup>, deux ou trois lignes de rappel leur auraient évité des tournures pour le moins ambiguës.

**La Querelle**  
**du déterminisme**  
Le Débat/Gallimard, 287 p., 110 F.

Il serait dommage que ce numéro spécial de la revue *le Débat* n'atteignit pas le grand nombre de lecteurs qu'il mérite. Le sujet (le hasard existe-t-il ?) est au cœur de tout problème scientifique de quelque ampleur. Impossible de considérer des données cosmologiques, physiques ou biologiques sans achopper dessus tôt ou tard. Y a-t-il un ordre dans le monde ? Et cet ordre suit-il un plan ? Dans ce cas, lequel ?

La douzaine d'auteurs qui en traitent n'est pas seulement bien choisi (on y relève les noms d'Henri Atlan, d'Edgar Morin, d'Ilya Prigogine, de René Thom), mais encore les textes présentés sont d'une qualité rare. Sans que notre choix comporte rien de dis-

criminatoire, nous relèverons, en particulier, l'article verveux et percutant de Thom, "Halte au hasard, silence au bruit", qui fourmille de vues et de formules aussi originales qu'étonnantes. La vigueur avec laquelle Thom se dégage des modes est superbe. Qu'on nous permette de citer : « Le hasard est un concept entièrement négatif, vide, donc sans intérêt scientifique... On s'est un peu trop pressé... de danser la danse du scalp autour du déterminisme laplacien... » Sans emphase, on peut affirmer qu'il s'agit là d'un ouvrage de référence.

G.M.

## D. Brodbeck et J.-F. Mongibeaux **Choc et Toc : le vrai livre des contrefaçons**

*Balland, 412 p., 179 F.*

On croyait tout savoir sur la contrefaçon et l'on en ignorait l'essentiel. D'abord qu'elle sévit dans plus de 60 pays et qu'elle affecte tous les produits ; non seulement ceux de prestige, mais d'autres beaucoup plus modestes, détergents, équipements médicaux, biscuits, pièces détachées d'avions et d'hélicoptères, voire les décorations civiles et militaires !

L'ennui de la contrefaçon est que, si elle crée de la main-d'œuvre (mal payée) d'un côté, de l'autre elle engendre un chômage injuste : bon an mal an, elle fait disparaître une centaine de milliers d'emplois dans la CEE, dont plus de 30 000 en France, évidemment spécialiste de produits de qualité.

Pis : elle sert à financer le trafic de drogue, en permettant de blanchir de l'argent ; elle finance également le trafic d'armes et même le terrorisme international, de quelque bord qu'il soit (en témoigne un rapport d'Interpol). Elle est, en effet, financée par de grands groupes criminels internationaux, de la mafia aux yakuza du Japon et à la Triade occidentale.

Son audace surprend : elle s'est même lancée dans la fabrication de fausses automobiles, Porsche, Renault, Ferrari, de fausses et défectueuses plaquettes de freins Volvo, de dangereuses copies de pneumatiques. Il y a de faux médicaments, parfois des placebos inopérants, parfois des copies dangereuses. Si en gros la contrefaçon

est complice du crime, elle peut en particulier tuer son propre client.

Ultime surprise, de grosses entreprises se lancent, elles aussi, et sans vergogne, dans la contrefaçon dès que le jeu en vaut la chandelle. Certains supermarchés, en premier, qui, lorsqu'un produit connaît un vrai succès, en sortent des contremarques, la distribution tenant le marché à la gorge. On ne peut quasiment pas les distinguer à la vitesse où l'on fait d'ordinaire ses courses. Si le fabricant de la marque originale menace de procès, les contrefacteurs ne s'en inquiètent pas : cela peut durer des années et, au bout du jugement, ils cesseront tout simplement de distribuer le produit après avoir fait de beaux bénéfices et réglé une amende somme toute modeste dans bien des cas.

Le scandale est que même des meneurs de l'industrie mondiale ne reculent pas devant le procédé, tels Mitsubishi, qui fabrique une Cocotte-Minute SBC qui ressemble curieusement à SEB, ou Pepsi-Cola, Nabisco, United Biscuits, qui copient un biscuit au chocolat mis au point par Procter & Gamble, lequel, contrairement à ce qu'on pourrait croire, ne fabrique pas que des lessives. A la suite d'un long procès, l'on transigea donc ; Procter & Gamble reçut un dédommagement de 125 millions de dollars. Comme le biscuit est aussi une industrie lourde...

Anecdote : un Brésilien lance une contrefaçon quasi parfaite des produits de Paco Rabanne, couturier et parfumeur. Quasi parfaite ? C'est Rabanne qui le dit ! S'étant rendu au siège parisien de la société, le contrefacteur observa tout, mobilier, moquette, etc. De retour à Rio, il transforma entièrement ses bureaux pour reproduire ceux de son modèle, des couleurs des tentures jusqu'aux meubles et tableaux !

Un regret : les auteurs publient un véritable annuaire des contrefaçons : quels produits, où les acheter, combien les payer, ce qui pourrait presque passer pour un encouragement.

On sait bien qu'à l'instar de l'hypocrisie, qui est un hommage que le vice rend à la vertu, le faux est un hommage que la malfaçon et l'appât du lucre rendent à la qualité. Mais encore faut-il ne pas les

encourager. Il faut même sévir.

Gérard Morice

**Jean-Michel Varenne et  
Zéno Bianu**

**L'Esprit des jeux**  
*Albin Michel, 350 p., 55 F.*

Les compilations plaisent, en voici une sur le jeu, qui permet de faire le point sur cette activité humaine fondamentale. Pas de théorie, les auteurs conduisent le lecteur d'emblée dans l'univers du jeu, en commençant par l'enfant et l'instinct du jeu, puis en passant aux jeux populaires et à l'initiation aux grands jeux de société, enfin au jeu contre la machine, au jeu à l'argent, au jeu à la mort, et terminant sur les jeux d'esprit, les jeux divinatoires et le jeu comme création du monde.

Ils offrent ainsi l'occasion de suivre la naissance et l'histoire des jeux et de connaître les points de vue d'auteurs qui en ont parlé, comme Valéry.

Peut-être les auteurs eussent-ils pu rendre les règles de certains jeux un peu plus intelligibles, puisqu'ils se sont chargés de nous les communiquer ; ainsi les règles du jeu de go nous sont restées, confessons-le, hermétiques.

Rappelons enfin l'existence de ce classique sur le jeu qu'est *l'Homo ludens* de Huizinga (Galimard, Essais). Au vu de ce dernier livre on est tenté de remplacer l'expression *Homo sapiens* par *Homo ludens*.

Michel Brassine

**Jean-Paul Binet**

**L'Acte chirurgical**  
*Odile Jacob, 199 p., 140 F.*

L'ouvrage est fascinant, par la richesse et la diversité des actes chirurgicaux que l'auteur, un des plus éminents chirurgiens contemporains, y décrit l'un après l'autre, sur la main, le cœur, l'intestin grêle, le foie, le cerveau.... On se prend à songer qu'il n'est plus un centimètre cube du corps humain qui n'ait été touché par le scalpel et qui ne lui reste désormais accessible.

Le Pr Binet ne se livre pourtant pas à un étalage de connaissances, dont il n'a nul besoin, et les pages que voilà ne sont pas non plus destinées à des confrères savants ; leur but est d'initier le lecteur ordi-

naire à l'extraordinaire richesse de possibilités de la chirurgie en cette fin de siècle. Il est banal de rappeler que la chirurgie est, en effet, le domaine médical qui a le plus progressé depuis les origines de la médecine ; il est plus rare qu'on rappelle que cette évolution est relativement récente : neuf sur dix des grossesses extra-utérines et des appendicites perforantes et dix sur dix des ulcères perforés étaient autrefois mortels, alors que, de nos jours, dix sur dix des grossesses extra-utérines, neuf sur dix des appendicites perforantes et huit ou neuf sur dix des ulcères perforés guériront. Effet paradoxalement de ces succès, le chirurgien n'est plus aujourd'hui que « l'hôte de passage, oublié d'autant plus rapidement qu'il a été plus efficace ». Les examens pré-opératoires et la réanimation post-opératoire sont réservés aux soins jaloux des médecins spécialistes.

Pourtant, et c'est finalement là l'objet secret de l'ouvrage, aucun perfectionnement ne peut remplacer la main du chirurgien, et l'étrangeté de la chirurgie tient au fait que l'évolution des techniques ne vaut pas un clou sans le talent du chirurgien. Pour tout public.

### Dorothy Stein

### Ada Byron

*Seghers, 368 p., 195 F.*

Ada Byron, comtesse Lovelace, est un des personnages les plus fascinants de l'histoire de la science. Elle était la fille de l'illustre Byron, mais elle a passé à la postérité comme la mathématicienne qui exposa la première, et clairement, le principe de la machine analytique de Charles Babbage, ancêtre de nos ordinateurs, et donc comme la créatrice de la logique informatique. Ada aurait inventé le langage binaire pour faire comprendre au public le principe de la machine de Babbage. L'intérêt du présent ouvrage est qu'il restitue une réalité un peu moins romanesque, car Ada n'est pas la créatrice du langage binaire, qui lui fut offert par sa petite-fille Judith Wentworth, laquelle l'avait inventé pour aider Ada à comprendre la généalogie de son élevage de chevaux arabes.

La comtesse Lovelace sut toutefois maîtriser pleinement ce langa-

ge pour expliquer la prodigieuse invention de Babbage, dérivée des géniales inventions de Pascal (la machine elle-même) et de Vaucanson (la carte perforée). La vie d'Ada Byron, reconstituée ici dans la grande tradition universitaire anglo-saxonne, fut par ailleurs extrêmement malheureuse.

### Michel Encausse

### Imprimer

*Groupement des métiers de l'imprimerie, 5 rue de Crussol, 75011 Paris, gratuit contre envoi de 20 F en timbres-poste.*

C'est vrai, un livre gratuit ! Et bien fait : il apprend en termes précis et clairs les rudiments sur le papier, la composition, la mise en page, la maquette, la photogravure, l'impression, le façonnage, le choix de l'imprimeur, les contraintes légales qui régissent l'impression. A recommander à tous les jeunes qui s'intéressent au mot imprimé ou qui cherchent un métier. Mille fois bravo au Groupement des métiers de l'imprimerie !

### Jean-François Picard

### La République des savants

*La recherche française et le CNRS*

*Flammarion, 339 p., 109 F.*

C'est en 1901 que le sénateur Audiffred créa le premier fonds de la recherche scientifique, en 1939 que le CNRS fut créé. L'auteur retrace l'histoire fluctuante de cet organisme, qui a joué un rôle fondamental dans la "professionalisation" de la recherche et dans lequel a pris corps la volonté de l'Etat d'avoir une vraie politique de recherche. Le CNRS fut, en effet, créé par la volonté d'un Jean Perrin et d'un Jean Zay d'avoir un organisme indépendant de recherche fondamentale. L'auteur explique bien, également, les raisons de l'attitude réservée, voire franchement acariâtre, de certains autres organismes à l'égard du CNRS, telles les facultés et les universités. Il explique enfin pourquoi le CNRS reste menacé d'une réforme générale : ses statuts ne prévoient pas que ses chercheurs puissent être détachés pour être affectés à d'autre

organismes. Or, cela semble contradictoire avec la polarisation des activités scientifiques en France vers les laboratoires publics, le milieu industriel et l'enseignement. En d'autres termes, et pour dire crûment ce que certains disent de manière indirecte, quelques-uns voudraient ou bien que le CNRS servît à la recherche appliquée (on dit aujourd'hui "finalisée"), ou bien qu'il fût un réservoir à la disposition des autres organismes de recherche fondamentale.

### Rémy Chauvin

### Une étrange passion

*Une vie pour les insectes*

*Le Pré aux Clercs, 259 p., 120 F.*

Rémy Chauvin, biologiste, n'est pas des nôtres. Il croit à la sourcellerie, à la télépathie et à la télékinésie, et même, p. 113 de ce livre, il s'en prend en termes voilés à « un périodique coutumier des insinuations malveillantes à l'égard des hommes de science qui lui paraissent abandonner la foi rationnaliste », c'est-à-dire à *Science & Vie*. La phrase est malheureuse : justement, la raison n'est pas une foi et son usage exclut au préalable toute attitude de foi dans le sujet traité. Par ailleurs, le propre de la science est d'user de raison et si l'on se met à croire avant de savoir, patatras ! De plus, ce que nous contestons dans des domaines tels que la sourcellerie ou la télépathie, ce sont les "preuves" et les protocoles qu'on s'obstine à présenter comme "scientifiques", alors qu'ils ne le sont pas. Nous l'avons déjà dit : si l'on établit un jour formellement, comme le fait la science la plus ordinaire, que la force de la pensée peut détriquer un compteur Geiger, comme l'affirme Chauvin, nous en rendrons compte. N'empêche ! nous ne sommes pas fanatiques et dirons que ce livre comporte de bien jolies pages, notamment celles qui expliquent la passion de Chauvin pour les insectes ; c'est parce que les insectes des prés et des champs furent ses premiers compagnons, dans une enfance fort mélancolique, que Chauvin leur est resté fidèle. Elles devraient figurer dans un choix des textes qui expliquent les passions de certains savants pour tel ou tel sujet.

G.M. ▶

## 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 :

- Examens européens de langues
- Chambre de Commerce Etrangères
- 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 5035  
35, rue Collange - 92303 Levallois.

Tél. : (1) 42.70.81.88

## VOTRE ASSURANCE AUTO TROP CHERE ?



*Vérifiez !* **3615 REFLEX**

ou TÉL. : (1) 40 21 10 10

SOCIÉTÉ OCCIDENTALE D'ASSURANCE DIRECTE  
116, bd Richard-Lenoir, 75011 Paris  
Entreprise régie par le Code des Assurances

Etes-vous capable de réciter cette annonce après l'avoir lue 1 fois ?...



... Alors développez  
votre mémoire  
avec la méthode  
**CHEST !**

Testez votre mémoire !  
Tapez 36.15 code PLV

Oui ! Il vous suffit pour cela de faire fonctionner au maximum les capacités de votre mémoire. Avec la méthode CHEST basée sur de nouvelles techniques et un suivi personnalisé, vous y arriverez très rapidement. Simple, pratique, accessible à tous, elle vous permet de retenir facilement N° de téléphone, formules, textes, série de nombres, noms propres, langues étrangères... La méthode CHEST est un excellent outil pour améliorer vos relations sociales et familiales et réussir encore mieux dans vos examens et votre vie professionnelle.

**INSTITUT PSYCHOLOGIQUE MODERNE**

445, boulevard Gambetta - 59200 TOURCOING

### DEMANDE D'INFORMATION GRATUITE

à retourner à I.P.M. - 445, boulevard Gambetta - 59200 TOURCOING

OUI ! Je souhaite déculper ma mémoire et recevoir sans engagement de ma part une documentation complète sur la méthode CHEST. Je joins à ma commande 2 timbres à 2,30 F ou 2 coupons-réponse internationaux.

Nom .....

Prénom .....

Date de naissance .....

Adresse .....

Code postal  Localité .....

Il est entendu qu'aucun démarcheur ne me rendra visite.



SV 7.90

# ECHOS DE LA VIE PRATIQUE



SON

## Une chaîne hi-fi presque sans bruits parasites

La firme japonaise Technics (groupe Matsushita) lance, en octobre prochain, des éléments de chaîne haute-fidélité de classe professionnelle, un lecteur de disques à laser SL-PA 10 et un amplificateur de puissance numérique SU-MA 10 de 210 W efficaces par canal (sur 4 ohms).



## Un camescope professionnel pour amateurs

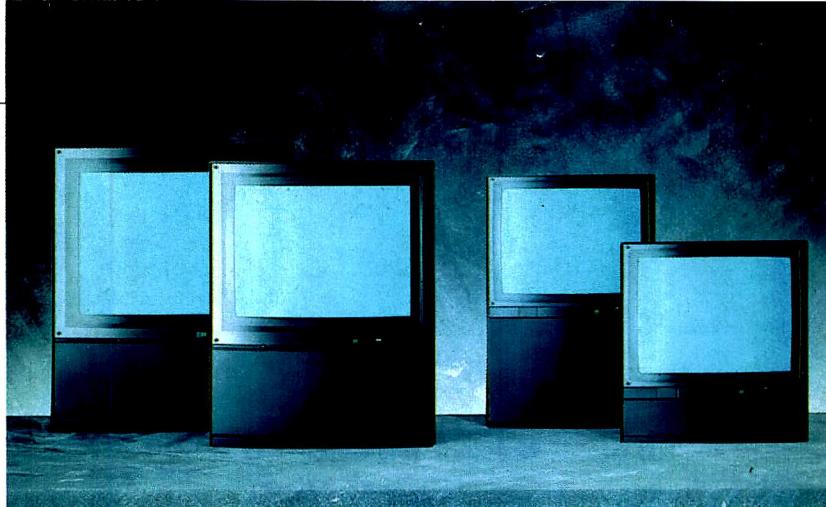
Sony lance ce mois-ci sur le marché français le CCD-V5 000, premier camescope 8 mm d'épaule dans le standard couleurs Hi-8. C'est le camescope amateur le plus lumineux du monde, puisque 2 lux suffisent pour filmer. C'est aussi celui qui possède la plus haute définition : plus de 450 lignes horizontalement, grâce à un analyseur à transfert de charge de 495 000 cellules. C'est encore le seul appareil amateur doté de caractéristiques professionnelles : effets spéciaux numériques (solarisation, enregistrement d'images fixes, fondu enchaîné), arrêt sur image, vue par vue, ralenti, tous réglages automatiques et manuels, deux titrages par incrustation numérique, insertion d'image, etc. Bien entendu, le son est stéréophonique et de classe haute-fidélité. Il est enregistré sur les pistes FM et numériques. Après enregistrement, il est possible d'effectuer un doublage sur la piste numérique stéréophonique sans toucher à la piste FM stéréophonique, ce qui permet, à la lecture, de choisir entre le son original ou celui du doublage. Prix : 20 000 F.

PHOTO

## Un objectif macro pour format 6 × 6

La firme d'optique allemande Schneider vient de commercialiser l'Apo-Symmar 4,6/150 mm Makro HFT, premier objectif pour photo-macrographie destiné aux appareils 6 × 6 Rollei Systems 6006 et 6008. Afin que le piqué soit satisfaisant, cet objectif offre à la fois une couverture parfaite du format et des caractéristiques de résolution/contraste comparables à celles d'un objectif 24 × 36. Pour conjurer ces caractéristiques jusqu'ici incompatibles, Schneider a doté l'Apo-Symmar Makro d'une formule optique symétrique bien connue dans le monde du grand format pour sa couverture et son absence de distorsion. De plus, des lentilles en verre spécial assurent une correction totale de l'aberration chromatique.

Une rampe hélicoïdale permet une utilisation sans soufflet de l'infini au rapport 1/2,2, en conjonction avec les différents tubes allongés de la gamme (68, 34, 17 et 9 mm, la bague de 64 mm étant alors utilisée pour obtenir le tirage de base nécessaire au fonctionnement à l'infini). Mais c'est avec le soufflet (entièrement automatique ; obturateur et diaphragme sont actionnés par des moteurs électriques linéaires placés dans l'objectif et ne nécessitent donc aucune liaison mécanique avec le boîtier), que l'objectif montre toutes ses possibilités, autorisant ainsi en continu la prise de vue de l'infini jusqu'au rapport 1/1,1. Prix : environ 22 000 F.



VIDÉO

## Enfin des téléviseurs D2-MAC

*Le seul téléviseur jusqu'ici capable de recevoir directement les programmes dans le nouveau standard couleurs D2-MAC Paquet (à la condition de disposer de l'antenne satellite) était proposé par*

*Thomson. Une autre marque, Loewe, lance aujourd'hui plusieurs modèles : ART 63 SAT, ART 70 SAT, ART TV 70 SAT, ART 84 SAT et ART 95 SAT.*

*Les nombres désignant ces récepteurs correspondent à la diagonale de l'écran. Tous sont à traitement numérique et reçoivent le son stéréophonique numérique des émissions D2-MAC.*

*Le téléspectateur peut choisir parmi les quatre ou huit langues diffusées par satellite, par exemple écouter un programme en français pendant qu'une autre personne, munie d'un casque, reçoit le même programme en anglais.*

*Tous ces téléviseurs ont les mêmes caractéristiques :*

- la réception multinorme est prévue pour les six systèmes télévisés les plus importants du monde (PAL B/G, PAL I, SECAM Est et Ouest, NTSC TV et Vidéo).
  - Le raccordement de tous les appareils vidéo aux deux prises Péritel et à l'entrée S-VHS permet de lire ou d'enregistrer sur caméscope, sur magnétoscope ou sur ordinateur.
  - Comme les pages d'un journal, différentes informations peuvent être feuilletées grâce au système Télétexte.
    - Une mémoire de 50 chaînes programmables.
    - Grâce à l'affichage sur l'écran, toutes les fonctions sont indiquées en clair et en quatre langues (français, allemand, anglais, italien).
    - Une clé électronique permet, si nécessaire, d'empêcher les enfants de regarder la télévision.
- Les prix moyens s'échelonnent de 10 990 F, le modèle 63 SAT, à 29 990 F, le 95 SAT.*



SON

## La hi-fi avec l'ambiance des salles de concert

*Avec la Passion 5 500 CD, Sony vient de lancer la plus prestigieuse de ses chaînes haute-fidélité au format "mini". Elle comporte un lecteur à laser de disque compact, un amplificateur numérique de 45 W par canal, un tuner FM, PO, GO, une platine double-cassette et deux enceintes trois voies.*

*Doté de 12 ambiances mémorisées, l'amplificateur numérique peut recréer un univers musical : un jazz club, l'Opéra, une salle de cinéma... De plus, 6 ambiances peuvent être créées par l'utilisateur et mémorisées. Par ailleurs, les divers éléments de la chaîne sont équipés de tous les automatismes courants qui caractérisent les appareils de haute-fidélité actuels. Prix : 9 000 F.*

PHOTO

## Flashes pour Minolta et Canon

La firme Prestinox International lance deux flashes destinés l'un aux appareils photographiques Minolta de la série I (Optar 7300 AFI), l'autre aux appareils Canon EOS 620 et 650 (Optar 7650 AFS). Les caractéristiques de ces flashes sont, pour l'essentiel, identiques : fonctionnement automatique par mesure de la lumière de l'éclair sur le film durant l'exposition, puissance réglable jusqu'à 1/16 de la puissance totale, tête orientable sur 90°, ainsi qu'à -5° en photo rapprochée, réflecteur réglable pour couvrir 3 focales (28, 50 et 85 mm), ainsi que celle de 24 mm avec un diffuseur, mesure de la distance par infrarouge dans l'obscurité, économiseur d'énergie à thyristor. Prix : 790 F.

Seul le nombre-guide (33 pour le 7300 AFI et 36 pour le 7650 AFS à 100 ISO) les distingue. De ce fait, la portée maximale atteint 16 m pour le premier flash et 18 m pour le second. Tous deux sont alimentés avec 4 piles de 1,5 V.

PHOTO

## Cinq programmes flash sur un compact

L'appareil 24 x 36 compact Olympus AZ 300 Super-zoom, dont 65 000 exemplaires ont été vendus en France en deux ans, est remplacé par un modèle AZ 330 Super-zoom. Outre l'ergonomie du boîtier, qui a été améliorée, l'AZ 330 possède un nouveau système de flash électronique à microprocesseur qui, à partir de la distance mesurée par le dispositif de mise au point automatique, dose l'éclair afin d'assurer une exposition correcte du film. La puissance du microprocesseur a permis d'offrir au photographe 5 modes de fonctionnement :

- **mode Auto S.** Le flash émet une vingtaine de prééclairs dans la seconde précédant l'éclair principal. Cela provoque la contraction des pupilles des yeux du sujet en réduisant le risque d'apparition du

phénomène des "yeux rouges" (du à la lumière qui éclaire la rétine).

- **Mode Auto.** C'est le réglage automatique classique de l'éclair.

- **Mode Fill-In Flash.** L'éclair est obtenu même en plein soleil, afin que les ombres d'un contre-jour ou d'un éclairage latéral soient saisis.

- **Mode Flash Slow-Synchro-Fill-In.**

Dans le cas de vues

de nuit, le flash se déclenche pour éclairer le sujet du premier plan, tandis que la vitesse d'obturation lente assure l'exposition correcte de l'arrière-plan.

- **Mode Flash Off.** C'est le débrayage du flash afin d'opérer en lumière ambiante, même si celle-ci est faible.

Les autres caractéristiques principales de l'AZ 330 sont celles du précédent modèle : zoom 4,5-6 de 38-105 mm, obturateur électronique, viseur de type Kepler couplé au zoom, mise au point et exposition automatiques. Prix : 2 990 F environ.



## PHOTO

# Un grand angulaire à lentilles asphériques

Un objectif Summilux 1,4/35 mm constitué de 9 lentilles, a été créé par Leica pour ses appareils de la gamme M. Doté de deux lentilles asphériques, il permet, dès la pleine ouverture, une qualité d'image jamais atteinte par ce type d'optique. Le contraste et la définition sont élevés. Ce Summilux-M 1,4/35 mm Aspherical conserve ses qualités en mise au point rapprochée jusqu'à 0,70 m. Le vignetage, très faible, disparaît totalement dès qu'on diaphragme à 1 : 4. Sur la période 1990-1991, cet objectif sera fabriqué à 2 000 exemplaires. Prix : 21 000 F environ.



**L'Institut des technologies avancées et le gouvernement coréen** ont établi un plan de coordination pour le développement de la télévision à haute définition (TVHD). Le prototype d'un récepteur de TVHD sera achevé en 1993 et sa production en série débutera en 1995.

**Sony a passé un accord de transfert** de technologie en faveur des Etats-Unis, concernant les circuits intégrés ultraminiaturisés. Un accord de collaboration avec l'industrie américaine pour la réalisation de circuits CMOS de 0,5 micromètre a été également conclu.



## VIDEO

# Premier système modulaire en super-VHS

*L'extrême miniaturisation d'un ensemble caméra-magnétoscope-moniteur a été obtenue par Matsushita en séparant ces trois appareils. Ainsi, la caméra vidéo (SL-R 100) atteint à peine 160 g et tient dans une main, le magnétoscope (SC-F 100) pèse 530 g et a la taille d'un livre et le moniteur (SC-P 100), qui se branche sur ce magnétoscope et qui comporte un tuner de réception télévision, pèse tout juste 165 g. Son écran couleurs est à cristaux liquides. Tout le système est conçu pour le standard couleurs S-VHS, et le magnétoscope reçoit la cassette compacte S-VHS-C.*

## VIDEO

# Un camescope pour effets spéciaux

Avec le modèle 90'S-VKR est né le premier camescope Super VHS de Radiola. Assurant une définition de plus de 400 lignes, il utilise la cassette S-VHS-C. L'appareil est équipé d'une mémoire pouvant stocker 3 images en 9 couleurs. Combinée à un circuit de traitement, cette mémoire permet la réalisation de titrages et de surimpressions. Le camescope, doté d'un zoom 8 fois, comporte par ailleurs tous les perfectionnements aujour-

d'hui classiques sur ce type de matériel. Prix : 14 000 F.



**1**  
**UN FIL À PÊCHE INCASSABLE**  
De 60 à 75 F,  
chez Copémer,  
39 rue Louveau  
92300 Châtillon



**3**  
**TONDRE LA PELOUSE SANS BOUGER DE SON FAUTEUIL**  
30 000 F environ, fin 1990,  
chez Sabre, BP 96,  
76203 Dieppe Cedex



**2**  
**UNE VOILE DANS UN SAC A DOS**  
De 3 000 à 12 000 F,  
chez Fabrice André  
25520  
Saint-Gorgon-Main



## LES OBJETS DU MOIS

**1** Destiné jusqu'ici à des usages militaires, le fil tressé Top Mer sert aujourd'hui à la pêche au lancer. Constitué d'une torsade de 5 000 fibres en matériaux composites, il est souple et résiste à l'usure. Selon le fabricant, sa résistance serait deux fois supérieure à celle de l'acier et trois fois à celle du Nylon : il convient pour les thonidés, les raies et tous les autres poissons combattifs.

**2** Spécialiste des sports de montagne, Fabrice André lance le "sac à voile", sorte de sac à dos léger conçu pour se transformer en voile : sur simple commande, une armature télescopique du sac devient un mât et une toile se déplie, formant la voile. Ce dispositif ingénieux a de multiples utilisations, entre autres le mât peut servir d'armature de tente et la toile de tapis de sol pour le bivouac, ou de frein aéroplanant. Munie d'un arceau, cette voile peut aussi supporter une antenne radio. Ce système utilise au mieux la force du vent — permettant par exemple à un skieur (ou à un cycliste ou à un planchiste) d'augmenter sa vitesse de déplacement et de réussir une performance de 110 km/heure, de franchir des crevasses ou de descendre des pistes très dénivélées. Fermé, il repose sur la sangle abdominale du sac à dos (de 3 à 6 kg, c'est le poids global du sac — système mât et voile). Cette invention a remporté la médaille d'argent lors du concours Lépine 1990.

**3** Créée par la firme japonaise Kaaz, Futuba est une tondeuse à gazon à radio-commande. De son fauteuil et dans un rayon de 50 m, l'opérateur peut faire démarrer sa machine, embrayer la lame, régler l'allure en marche avant ou arrière et guider l'engin. Cette tondeuse présente par ailleurs des caractéristi-

ques classiques, elle est équipée d'un moteur Kawasaki de 153 cm<sup>3</sup>, 4 temps, à soupapes en tête. Sa largeur de coupe est de 53 cm. La télécommande portable fonctionne sur piles.

**4** Pour ouvrir les boîtes de conserves, Moulinex a conçu l'Open-Master, un instrument qui dessert au lieu de découper le métal et évite ainsi les bords tranchants. Ce système supprime le contact d'une lame avec le contenu. Aussi les aliments risquent-ils moins d'être contaminés et le couvercle peut être reposé sur la boîte.

**5** Au tennis ou au squash, il existe toujours un risque de recevoir une balle dans l'œil. Pour réduire ses fâcheuses conséquences, des opticiens ont créé une monture de lunettes en Lexan, polycarbonate de haute résistance, capable d'absorber le choc d'une balle projetée à grande vitesse (jusqu'à 180 km/h). Epaisse de 6 mm, sa forme respecte le champ de vision du joueur. Son nez renforcé protège également la cloison nasale. Pour le confort, la face interne est capitonnée de mousse. Cette monture s'adapte aussi bien aux adultes qu'aux enfants.

**6** Le bois destiné à une sculpture ou à un ouvrage d'ébénisterie est-il suffisamment sec ? Pour répondre à cette question, un fabricant suisse, Brookvis, propose le FMD, un ordinateur de mesure de l'humidité du bois. Cet appareil comporte une sonde équipée de deux poignées munies de six pointes isolées et de vingt pointes courtes, qui traversent les bois superficiellement durs. Grâce à un numéro de code pré-programmé, on sélectionne l'essence parmi les 61 proposées. La teneur en humidité est déterminée en fonction de la température ambiante. Enfin, l'instrument calcule les taux moyens et permet ainsi de vérifier si'ils sont corrects.

**5**

**DES LUNETTES CONTRE  
LES MAUVAIS COUPS**  
160 F, chez les opticiens  
Lynx Optique

**4**

**L'OUVRE-BOÎTE  
QUI DESSERTIT**

250 F, dans les grands  
magasins et les boutiques  
en électroménager

**6**

**UN CONTRÔLEUR  
D'HUMIDITÉ DU BOIS**  
1 990 F, chez Hurzeler  
Elektronische Geräte  
CH 8613 Uster 3,  
Suisse



**7** Aux dimensions des enfants de 5 à 8 ans, l'unité médicale Feber comporte un ensemble d'accessoires qui leur permet de jouer au docteur tout en éveillant leur intérêt pour les soins et l'hygiène. Sont ainsi proposés une table d'auscultation (106 x 23 x 45 cm), un tabouret avec une table auxiliaire, un centre actif doté de 8 "instruments" : électrocardiogramme, seringue, flacon à perfusion, stérilisateur, stéthoscope, thermomètre, radiographie et bouton d'appel d'une ambulance ! Lors de l'utilisation, chaque fonction est signalée au tableau de bord par l'allumage d'une lampe ou l'émission d'un bruit électronique. Une armoire contient des instruments complémentaires, tels un miroir pour observer les dents, un marteau à réflexes, un masque de chirurgien, des pinces. La table Feber fonctionne avec quatre piles de 1,5 V.

**7**

**QUAND LES ENFANTS  
JOUENT AU DOCTEUR**  
1 550 F environ, fin 1990,  
auprès des Ets Meng,  
47 impasse du Beauvoir,  
45160 Olivet

## Utiliser



**8**

**DES LAMES EN CÉRAMIQUE**  
De 150 à 350 F  
chez GTI,  
17 rue d'Enghien,  
75010 Paris

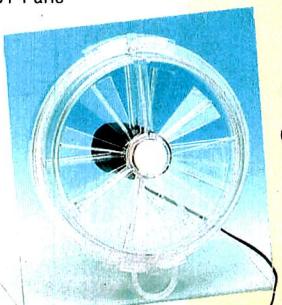
**9**

**ÊTES-VOUS AU COURANT ?**  
100 F, chez Dekeirel  
et Hardebolle, BP 4206,  
59378 Dunkerque Cedex



**10**

**UN AÉRATEUR SOLAIRE**  
295 F, à la Samaritaine,  
1 rue de la Monnaie,  
75001 Paris



**10** Autogyre est un aérateur, au premier abord très classique, doté d'un ventilateur, et qui s'encastre dans une fenêtre. Mais ce sont des cellules solaires qui alimentent son moteur de 1,5 V et font tourner les ailettes de ventilation. L'ensemble se fixe sur une vitre perforée (diamètre 15,6 cm) dans une maison, une caravane, un bateau, etc.

**11**

**DES JUMELLES POUR VOIR LA NUIT**  
10 700 F, à la Maison  
de l'astronomie,  
33 rue de Rivoli  
75004 Paris



## LES OBJETS DU MOIS

**8**

Déjà connues dans les industries de pointe, les néocéramiques font leur entrée sur le marché de grande consommation pour remplacer les lames d'acier des couteaux, des ciseaux et des outils (voir *Science & Vie* n° 842, p. 82, "Tous ces objets sont en céramique"). Ces lames ont un tranchant particulièrement fin, qui n'exige pratiquement pas d'affûtage, et sont sans effet sur le goût des aliments. Le nitride de titane (TiN), par exemple, est trois fois plus dur que l'acier et résiste dix fois mieux à l'usure. Cette matière est utilisée pour des couteaux et des ciseaux vendus sous la marque Ceracook. Sous une autre marque, New Stone Age, sont proposés des couteaux et des ciseaux dont les lames sont en fine céramique appelée zirconie (Zr O<sub>2</sub>), carbure de silicium (SiC) ou nitride de titane. Ces objets peuvent être personnalisés par gravure au laser d'une signature.

**9**

Emporter avec soi des appareils électriques à l'étranger comporte toujours le risque de ne pouvoir les utiliser faute d'une prise adéquate. L'adaptateur Traveller résout tous ces problèmes, car il se branche sur les quatre types de prises existant dans le monde : broches rondes (Europe), broches plates (Etats-Unis), broches en biais (Australie) et fiches rectangulaires (Grande-Bretagne, Hong Kong). Il suffit donc de brancher l'appareil (uniquement bi-tension, sans prise de terre) d'un côté de l'adaptateur, et de l'autre un système coulissant permet de sélectionner la fiche adéquate.

**11**

Jusqu'ici réservées à des utilisations professionnelles, les jumelles amplificateurs de lumière, qui permettent de voir dans l'obscurité, sont désormais proposées aux particuliers. Le modèle BH-453 autorise une vision nocturne nette dans un champ de 150 à 1 000 m (grossissement × 3,2). Outre leur optique traditionnelle (objectif de 53 mm, angle de champ de 8°, réglage d'oculaire à plus ou moins 4 dioptries), ces jumelles contiennent un capteur à transfert de charge associé à un amplificateur de brillance : il multiplie par un facteur déterminé la très faible lumière reçue par le capteur et transmet l'image sur deux petits écrans. Contrairement aux instruments classiques, l'utilisateur ne voit donc pas une image à travers une optique, mais une image reconstituée, comme à travers une caméra vidéo. Ajoutons que les jumelles BH-453 peuvent s'utiliser à des températures comprises entre -30°C et +40°C. Elles sont alimentées par un accumulateur et sont livrées avec un chargeur secteur (sept heures).

**12**

Le Power Glove de Mattel est un gant doté de détecteurs électroniques qui calculent la position de la main placée à l'intérieur, donc dans un espace à trois dimensions. Relié à une console de jeu Nintendo branchée sur un téléviseur, il remplace la manette habituelle des jeux vidéo et permet de commander le mouvement des personnages ou des objets sur l'écran. Power Glove étant en outre équipé d'un clavier programmable, les possibilités d'interaction avec l'écran peuvent être modifiées. Selon le jeu choisi (cassettes vidéo), l'utilisateur pourra donner un coup de poing, tirer plus ou moins vite avec une arme ou faire agir ses personnages.

**13**

Destiné à l'entraînement des joueurs de golf, l'appareil Joytec est d'abord un ordinateur avec un écran vidéo. Il est équipé d'une balle de golf fixée à l'extrémité d'une tige



**12**

**LA MAIN MAGIQUE**

900 F, dans les grands magasins et boutiques de jouets

métallique et que l'on frappe, comme sur un green. Selon le programme choisi, le joueur se trouve sur un parcours programmé filmé en vidéo et peut donc suivre, sur l'écran, le trajet de sa balle. Les informations sur l'environnement utiles au jeu s'affichent également : distance, direction du vent, emplacement du drapeau, bunkers, forêt, rivière, etc. En fonction du niveau sélectionné, le Joytec précise aussi quel type de club ou de fer choisir pour un parcours donné. Dimensions : 1,75 m x 1,2 m x 1,5 m ; l'appareil demande un espace d'utilisation d'environ 5 m x 5 m.

**Le "Temple de la douche"** de la société Hansgrohe (20 av. de l'Énergie, ZI, BP 103, 67800 Strasbourg-Bischheim) est une cabine de plexiglas de 1,63 m de diamètre sur 2,35 m de haut ; entre ses parois, quatre colonnes, dont deux équipées de trois jets latéraux, un jet central et une douchelette mobile sur barre murale, forment un système qui permet de passer de la douche relaxante au jet de massage. Un rotor à l'intérieur des pommes de douche propulse l'eau par jets intermittents de 2 000 à 5 000 impulsions/minute. Le réglage des jets s'effectue sur un tableau de commande électronique. Prix : 66 500 F avec l'installation.

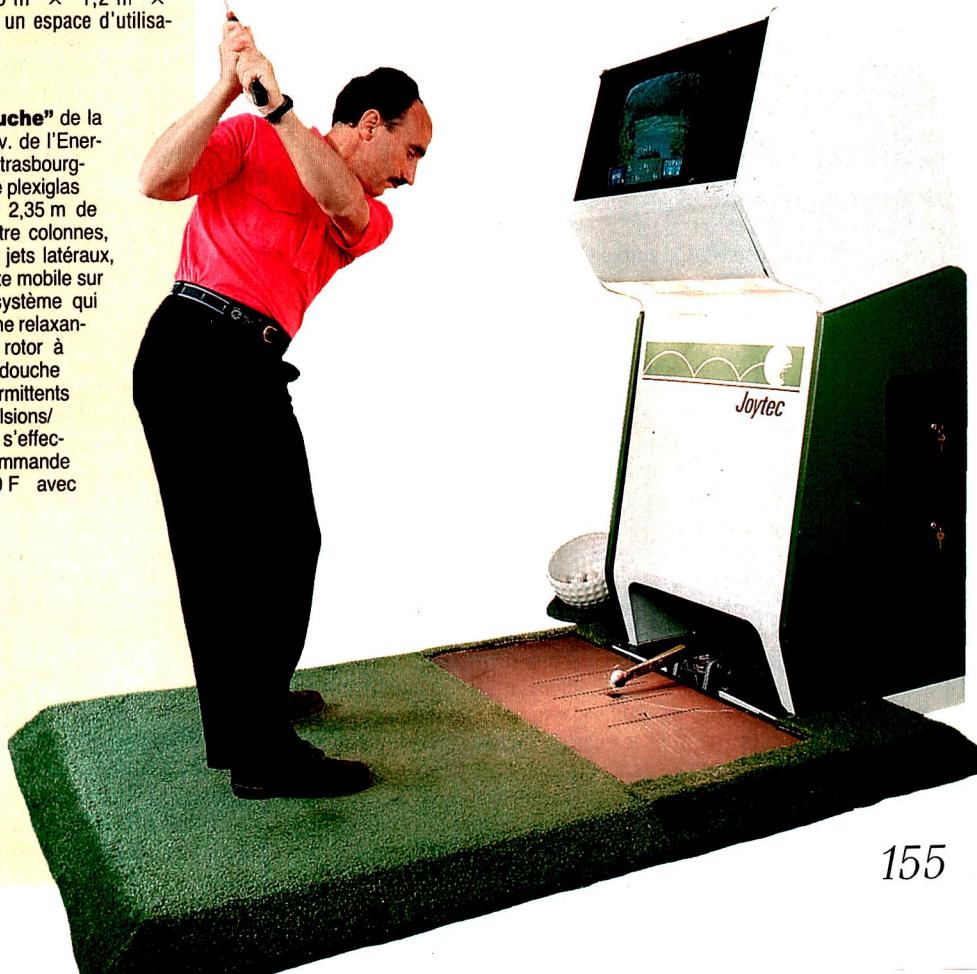
**Les textes des Echos de la vie pratique** ont été réalisés par Roger Bellone, Pierre Courbier, Lionel Dersot, Laurent Douek, Habib El-jari et Christine Mercier.



**13**

**UN ORDINATEUR DE GOLF**

250 000 F environ, chez Tunmer,  
5 place St-Augustin,  
75008 Paris



## LES GRENOUILLES NOUS QUITTENT

(suite de la page 45)

animaux : déplacement d'amphibiens d'une mare condamnée vers un autre point d'eau moins menacé ; repeuplement des mares avec des têtards élevés à l'abri des prédateurs ; ou encore construction de passages souterrains pour que les batraciens franchissent les routes sans danger à la saison des amours. Mais cela ne suffit pas, et le déclin s'accélère, même au sein de certaines espèces qui ne semblent pas souffrir de la dégradation de leur habitat ni de la pêche. C'est qu'il existe d'autres causes que celles que nous avons énumérées et que l'on n'a pas réussi à déterminer.

Certaines espèces, en des points distants du globe, disparaissent mystérieusement. En Australie, par exemple, la petite grenouille *Rheobatrachus silus*, qui élève sa progéniture dans son estomac et qui est à l'origine d'un nouveau traitement de l'ulcère, a complètement déserté son habitat. Dans plusieurs endroits de la forêt protégée du Costa Rica, les populations de salamandres dorées sont en déclin accéléré ; une biologiste qui avait observé 1 000 mâles dans un site déterminé en 1987 n'en a retrouvé qu'un seul en 1988 et en 1989.

A l'automne 1989, A. Dubois, directeur du laboratoire de zoologie des reptiles et des amphibiens du Muséum d'histoire naturel à Paris, fait part de ces inquiétudes à son confrère D. Wake, de l'université de Berkeley, en Californie. Une espèce de crapaud sonneur, *Bombina variegata*, présent il y a vingt ans dans le Massif central, y est devenue très rare ; bizarrement, d'autres espèces, partageant les mêmes conditions de vie, ne semblent pas affectées.

Wake était déjà alerté ; il avait l'habitude d'envoyer des étudiants observer telle ou telle espèce dans le lieu où elle abondait. Or, ces étudiants revenaient de plus en plus souvent bredouilles. Au début des années 1980, il se bornait à les traiter de mauvais naturalistes. Puis il s'visa que, dans les montagnes Rocheuses, ou plus à l'ouest, dans la Sierra Nevada, et même dans les parcs nationaux où l'on observait autrefois de nombreux batraciens, il n'y avait vraiment plus rien. Dans une forêt de pins, près d'Oaxaca, au Mexique, Wake lui-même a été surpris de ne trouver qu'un ou deux spécimens d'une espèce locale de salamandre terrestre en une journée, là où, il y a dix ans, il en voyait une centaine en retournant simplement une souche d'arbre. De retour en Californie, le naturaliste et ses collègues reprirent les cartes anciennes de répartition des amphibiens américains et retournèrent systématiquement sur les sites chers aux batraciens. Sur la moitié de ces sites, plusieurs espèces ont disparu, et cela même dans des parcs nationaux, là où ni la destruction de l'habitat, ni l'introduction récente de

prédateurs, ni la pollution des points d'eau, ni les pesticides ne peuvent être incriminés.

A la conférence organisée par Wake sur l'incitation du Board of Biology of the National Research Council (académie des sciences américaine), on a vu des spécialistes des amphibiens, des biologistes, un généticien et un climatologue. Une centaine de témoignages ont confirmé et le déclin de nombreuses espèces de batraciens et son caractère mondial. Et l'on a signalé des causes auxquelles on n'avait pas encore pensé. J. Harte, de l'université de Berkeley, avance, par exemple, que les salamandres tigrées du Colorado disparaissent parce que des eaux acides provenant de la fonte des neiges se déversent, chaque printemps, dans les lacs pendant la période de développement des œufs. En effet, l'acidité est nocive pour les œufs et les têtards.

Mais il y a à coup sûr d'autres explications : la grenouille des bois d'Amérique du Nord disparaît elle aussi, alors qu'elle supporte bien l'acidité. Par ailleurs, les mesures de pH de certains points d'eau de la Sierra Nevada sont normales. Il y a également les sécheresses prolongées : elles expliqueraient la disparition de *Rheobatrachus silus*, par exemple, qui se déshydrate à mort en moins d'un minute, et qui a disparu. Dans les terres arides, comme dans le Queensland, en Australie, où il vivait, la saison des pluies est souvent retardée et écourtée, et les mares sont parfois à sec deux ans de suite. Autant pour la reproduction des amphibiens des zones désertiques, qui subissaient déjà des conditions de vie précaires : ils estivent la plus grande partie de l'année enfouis dans la terre, et n'en sortent que très peu de temps, voire une seule nuit, pour se reproduire et pondre leurs œufs dans des points d'eau eux-mêmes éphémères.

L'amincissement de la couche d'ozone a également été incriminé. On a vérifié, en laboratoire, que les embryons de batraciens sont extrêmement sensibles aux rayonnements ultraviolets. Reste à prouver que les amphibiens ont souffert d'une augmentation anormale de ces rayonnements ; or, durant la dernière décennie, on n'a pas relevé pareil accroissement.

Faut-il un facteur clef, on pense provisoirement que les amphibiens sont victimes d'agressions brèves, mais violentes, comme les pluies acides, qui d'ailleurs ont bon dos ces dernières années. Il faut, évidemment, approfondir le mystère. Un Institut mondial de surveillance des amphibiens va donc être créé. La bibliographie amassée depuis deux siècles sera dépouillée à des fins de comparaison. En vingt points du globe, on dressera des états des populations et des états locaux de l'environnement.

Voilà beaucoup de soins, de frais, de science aussi. C'est que ces batraciens sont comparables aux fameuses oies du Capitole, dont les cris éveillèrent les assiégés et les prévinrent d'une attaque.

Muriel Martineau

## LES MOTS CONFIRMENT LES GÈNES

(suite de la page 40)

indo-européenne, qui aurait déposé à leur place le sanskrit. Seuls le sud de l'Inde et une région isolée du Pakistan, peuplée par les Brahouis, auraient été épargnés. De ce fait, on continue toujours d'y parler le dravidien. Enfin, il a été prouvé que l'élamite, une langue aujourd'hui éteinte mais parlée autrefois (vers 3 000 ans av. J.-C.) dans le royaume d'Elam (actuel Khouzistan, au sud-ouest de l'Iran), présente de grandes analogies avec la famille des langues dravidiennes. Il s'agit là d'un argument supplémentaire en faveur de la pénétration des langues dravidiennes en Inde, via l'Iran.

Il y a vingt ans, deux linguistes soviétiques, Vladislav Illich-Svitych et Aron Dolgopolsky, avaient émis l'hypothèse révolutionnaire que les langues indo-européennes, afro-asiatiques et dravidiennes appartenaient à une superfamille, dite nostratique. Le fait que ces langues ont eu pour point de départ une même région, le Proche-Orient, tend donc à confirmer cette hypothèse. Mais il existe un autre argument, décisif celui-là, c'est la mise en évidence d'une étroite relation génétique entre les locuteurs des langues indo-européennes, afro-asiatiques et dravidiennes. Elle fut établie par analyse statistique des groupes sanguins d'échantillons de populations, par Luca Cavalli-Sforza et Allan Wilson, de l'université de Californie, à Berkeley aux Etats-Unis.

En ce qui concerne les populations d'Afrique et d'Asie, on est encore dans l'incertitude. On pense qu'elles seraient issues de trois vagues migratoires parties, elles aussi, du Proche-Orient, à l'époque paléolithique, il y a environ 100 000 ans. Les deux premières auraient inondé l'Asie, l'une par le sud, l'autre par le nord, laquelle aurait ensuite gagné l'Amérique, par le détroit de Behring, alors à sec. La troisième aurait envahi l'Arabie, l'Afrique centrale et l'Afrique du Sud.

La migration du nord de l'Asie aurait donné naissance aux langues uraliques, altaïques et d'Amérique (avant l'arrivée des Européens, bien sûr). Celle du sud de l'Asie aurait été à l'origine des langues asiatiques et du Pacifique. Enfin, la migration africaine aurait donné les parlers khoisan, nilo-saharien, et niger-kordofanien (*voir cartes p. 36, 37, 38 et 39*).

Le mystère des Hongrois, des Turcs, des Lapons, des Tibétains est maintenant, en partie, élucidé.

**Les Hongrois.** Au IX<sup>e</sup> siècle, les Magyars, nomades originaires de Sibérie occidentale, ont traversé à cheval les Carpates et se sont installés en Hongrie où ils ont imposé leur langue, l'uralique, qui a pris la place de la langue indo-européenne parlée jusqu'alors. Pourtant, actuellement, on ne trouve chez les Hongrois que 10 % de gènes magyars. Cela s'explique par le fait qu'en arrivant en Hongrie les Magyars étaient insuffisamment nombreux pour pouvoir modifier le substrat génétique indigène. En revanche, ils étaient

suffisamment forts pour dominer le pays et lui imposer leur propre langue.

**Les Turcs.** La langue turque est une langue altaïque, imposée au IX<sup>e</sup> siècle par des cavaliers venus de la lointaine Mongolie. Cependant, ces guerriers étaient, eux aussi, trop peu nombreux pour parvenir à modifier le substrat génétique indigène.

**Les Lapons.** Les généticiens ont montré qu'ils sont un mélange de gènes caucasoïdes et uraliques, alors que leur langue est d'origine uralique.

**Les Tibétains.** Au III<sup>e</sup> siècle, venant de Mongolie, ils sont arrivés à cheval au Tibet, qui était alors presque désertique. Cela explique qu'ils sont toujours génétiquement mongols à 100 %. Cependant sous la pression des Célestes, leurs voisins, ils parlent aujourd'hui une langue apparentée aux dialectes du sud de la Chine.

Que nous réserve l'avenir ? Au cours de l'Histoire, les grandes migrations n'ont jamais cessé, même si elles ont pris, après le Moyen Age, d'autres formes que le déferlement de hordes à cheval. Elles sont sans doute en train de se poursuivre, encore à notre insu, sous des formes nouvelles (avec ou sans cartes de séjour en règle). On peut envisager un métissage de toutes les populations du monde qui adopteraient une langue unique. Ce serait un retour à l'humanité originelle, celle qui a précédé la tour de Babel. Mais bien d'autres scénarios sont possibles. **Pierre Rossion**

**LE PLUS GRAND CENTRE D'ESSAI DU MONDE :**

**3615 AAT**

Quelle sera votre prochaine voiture ? Vous hésitez ? C'est normal. Pour bien choisir, il faudrait les essayer toutes. Comment faire ? Tapez 3615 AAT. Immédiatement sur votre Minitel, vous avez les résultats du travail permanent de toute l'équipe de L'ACTION AUTOMOBILE.

- BANCS D'ESSAI : 400 modèles testés pour vous.
- MATCHS : 30.000 confrontations possibles.
- PETITES ANNONCES : 2.000 occasions au choix chaque semaine.
- PRIX DU NEUF ET COTE DE L'OCCASION.

## ADAM ÉTAIT-IL SÉROPOSITIF ?

(suite de la page 55)

bles. Curieusement, tous ces malades étaient de sexe masculin, et Naples était, à l'époque, un lieu privilégié pour les rencontres des homosexuels.

Dans les années 1900, une autre petite épidémie de sarcomes de Kaposi put être retrouvée dans la littérature médicale. Dans cette série, de nombreux cas correspondaient à ce qui justifierait aujourd'hui le diagnostic de sida. Il s'agissait d'hommes jeunes, atteints d'une altération générale avec amaigrissement et diarrhées. La maladie entraînait la mort dans des délais variant de quelques mois à quelques années.

En Afrique, le sarcome de Kaposi est connu depuis longtemps. De nombreux médecins coloniaux avaient remarqué plusieurs cas en Ouganda ou au Congo, mais l'importance de l'épidémie ne devint évidente que dans la deuxième moitié de notre siècle. C'est à la même époque que l'on peut retrouver la trace de cas probables de sida dans les dossiers médicaux américains. Grmek rapporte notamment le cas d'un patient de 28 ans admis à l'hôpital de Memphis, dans le Tennessee, en février 1952. Et qui mourut d'une succession d'infections multiples dont une probable pneumonie à *Pneumocystis carinii*. Un autre cas fut publié en 1957 au Mexique. Celui d'un homme de 43 ans dont l'autopsie révéla un sarcome de Kaposi viscéral.

En Europe, le cas le plus ancien de malade présentant des symptômes typiques du sida est celui d'un marin anglais décédé en 1959. Âgé de 25 ans, celui-ci présentait depuis un an une infection buccale ainsi que de multiples lésions cutanées et une grave infection pulmonaire. On posa alors le diagnostic de tuberculose. Cependant il ne fut pas trouvé de bacilles de Koch dans ses crachats. Aucune amélioration ne fut apportée par les traitements antibiotiques, les corticoïdes ou la radiothérapie. Plus tard, dans les années 1970, on rapporta le cas d'un marin norvégien âgé de 20 ans qui présenta des infections multiples et récidivantes, et des signes neurologiques très évocateurs de sida. Ce malade était marié et avait trois enfants. À la même époque, sa femme présenta des troubles très proches de ceux qui entraînèrent la mort de son mari. Ce fut aussi le cas d'un des trois enfants du couple. Des tests avaient été effectués sur des échantillons de sérum qui avaient été prélevés chez ces trois malades bien avant que le nom du sida ait jamais été prononcé. Le père avait donc été contaminé avant 1966, peut-être dans un port d'Afrique. Il avait transmis le virus à sa femme et celle-ci l'avait transmis pendant la grossesse à leur fille. Les deux sœurs aînées de cette enfant sont séronégatives et n'ont jusqu'à aujourd'hui présenté aucun signe de sida.

L'analyse rétrospective révèle ainsi de nombreux cas dans les années 1960 et surtout 1970 en Europe. Certains des cas pouvaient être rattachés à un séjour en Afrique, mais ils n'ont pas suffi à déclencher l'épidémie européenne. Cette dernière n'a vraisemblablement débuté qu'après l'arrivée massive du virus en provenance des Etats-Unis. En effet, la plupart des homosexuels parisiens qui constituaient le noyau de l'épidémie de sida en 1981-1982 avaient eu des contacts avec l'Amérique du Nord. Ces éléments sont confirmés par l'enquête menée par le Pr Essex et ses collaborateurs (les mêmes chercheurs responsables de l'imbroglio des singes verts — voir plus haut) sur un millier de plasmas prélevés en Afrique dans les années 1960. Une vingtaine d'échantillons sont apparus positifs, mais la certitude de cette positivité n'a pu être confirmée que dans un cas.

Cette enquête aboutit à trois conclusions. La première est que le virus HIV était présent au Zaïre en 1959. La deuxième est que l'épidémie de sida a touché l'Afrique récemment, car la prévalence de ce virus est très basse jusqu'en 1980. La troisième est que certains tests de séropositivité posent de nombreux problèmes techniques lorsqu'on les applique à d'anciens sérum congelés, notamment s'ils sont d'origine africaine ; il faut alors se méfier de résultats faussement positifs.

Si le sida existait déjà dans le passé, comment expliquer que l'épidémie ait explosé seulement de nos jours ? Il y a deux réponses : soit par la mutation d'un virus qui serait devenu beaucoup plus pathogène, soit par les multiples changements sociaux qui sont survenus récemment sur notre planète : les mouvements importants de population, la multiplication des voyages, la libéralisation des mœurs, la propagation des drogues par piqûres intraveineuses, le développement de la transfusion sanguine. Il est aussi important de noter les modifications profondes qui ont récemment touché l'Afrique, qui, en quelques années, est passée d'un mode de vie rural à un mode de vie urbain. Or rien n'est plus propice qu'une ville à l'élosion d'une épidémie.

Finallement, on comprend que l'origine du sida n'est pas dans le chimpanzé, mais plutôt dans l'homme. Ce grand singe-là modifie l'environnement et crée en permanence de nouvelles niches écologiques, propices à son propre développement, mais aussi à celui des formes de vie qui le parasitent.

Christine Lefèvre

(1) Le virus découvert chez ces deux singes par les chercheurs de l'Institut Pasteur a été baptisé SIVcpz (*Simian Immuno-deficiency Virus-chimpanzee*).

(2) Les rétrovirus font partie des virus à ARN. Mais ils sont capables, grâce à l'enzyme transcriptase, réverse, de transcrire leur ARN en ADN (à l'inverse des virus à ADN, d'où leur nom de rétrovirus) et pouvoir ainsi insérer celui-ci dans l'ADN de la cellule qu'ils infectent.

(3) Mirko Grmek, *Histoire du sida*, Editions Payot.

## L'ALLUMEUR DES FEUX FOLLETS

(suite de la page 48)

qu'une infime partie de leur métabolisme. On ne les utilisera pas de si tôt comme miniusines à fabriquer des hormones humaines ou autres produits de manipulation, actuellement très prisés. Hormis la dépollution des eaux usées, leur emploi se restreint à l'heure actuelle au matériel de laboratoire et d'analyse biologique (elles fournissent en particulier la polymérase thermostable utilisée dans les réactions de polymérisation en chaîne—PCR). Cependant, ces enzymes représentent un intérêt certain comme modèle pour la conception et la production de nouvelles molécules (par exemple thermostables) qui pourraient être construites par génie génétique.

Au-delà de ces applications pratiques, les archaeobactéries intriguent et passionnent les scientifiques. Elles ouvrent une voie pour comprendre enfin les formes de vie les plus primitives, leur métabolisme, leur apparition et peut-être même pour évaluer ce que pourrait être la création sous d'autres cieux moins cléments, ou sur d'autres planètes. Là où il n'y a ni eau ni oxygène et où sévissent des chaleurs effroyables. Conditions longtemps considérées, à tort, comme incompatibles avec la vie. **Marie-Françoise Lantiéri**

## 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 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 7102, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63

 **BON D'INFORMATION GRATUITE**

à compléter et retourner à ICF, service 7102  
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation compléte sur votre méthode.

Nom : .....

Adresse : .....

.....

## ZOOM SUR LES ZOOMS 35-70 mm

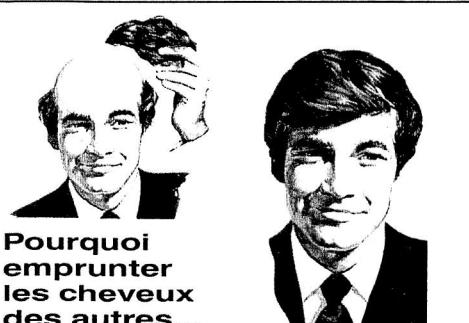
(suite de la page 123)

notre **tableau p. 123**. Outre la FTM et l'astigmatisme, figure aussi le vignetage, soit l'assombrissement de l'image dans les angles (assombrissement dû aux pertes de lumière provoquées par la courbure de champ et les absorptions de rayons lumineux par la monture de l'objectif). Ce défaut est donné en pourcentage de lumière perdue à 18 mm du centre et par rapport à ce centre.

Une dernière mesure a été faite par le laboratoire, celle de la distorsion géométrique qui se traduit sur les bords de l'image par une représentation courbe des lignes droites d'une grille. Mais ce défaut n'a pas été pris en compte, car il est négligeable pour tous les zooms essayés (inférieur à 3%).

Enfin, nous avons attribué de 0 à 3 étoiles aux résultats de FTM et d'astigmatisme et de 0 à 2 étoiles à ceux concernant le vignetage. Le total d'étoiles fait ainsi apparaître un classement des zooms en fonction de leurs performances. Mais la valeur de ce classement ne saurait être que relative, car, nous l'avons vu, les résultats peuvent varier légèrement d'un exemplaire d'objectif à un autre.

**Roger Bellone**



**Pourquoi emprunter les cheveux des autres...**

**n'allez pas chercher ailleurs ce que vous possédez déjà**

**la chirurgie esthétique**  
vous fera retrouver par une technique  
**simple - efficace et indolore**  
votre **VRAIE** chevelure

poussant naturellement souple et vivante,  
s'éclaircissant au soleil et s'argantant avec  
l'âge, car jamais plus vos cheveux ne tomberont.

**CLINIQUE DU ROND-POINT  
DES CHAMPS-ÉLYSÉES**  
(Autorisation Ministère de la Santé du 23-10-1950)  
61, AV. F.-D. ROOSEVELT, 75008 PARIS - 43 59 49 06 / 71 63  
Consultation gratuite et documentation envoyée sur demande

NOM .....  
ADRESSE .....  
.....

## LA CHASSE AUX DÉCIMALES DE $\pi$

(suite de la page 29)

loppement décimal de  $\pi$ . Les chiffres semblent n'obéir à aucune règle, et apparaître au hasard comme si on lançait un dé à dix faces sur le tapis pour déterminer la succession des décimales ; les mathématiciens se sont demandé si la suite des décimales n'était pas justement une "suite de nombre au hasard" (le terme mathématique est "suite aléatoire"). Encore faut-il donner un sens précis à cette expression !

La question n'est pas tranchée et fait l'objet de recherches. On peut montrer qu'une définition raisonnable mais trop restrictive de ce qu'est "une suite de nombre au hasard" exclurait la suite des décimales de  $\pi$ . Par ailleurs, l'une des conditions les plus faibles à exiger paraît être que chacun des nombres de 0 à 9 apparaît "autant de fois" que les autres (7) dans l'écriture de  $\pi$ . Tous les tests effectués sur des dizaines de millions de décimales semblent indiquer qu'il en est bien ainsi, mais il n'existe aucune preuve mathématique. On ne sait même pas si chacun des chiffres de 0 à 9 apparaît une infinité de fois dans l'écriture de  $\pi$ .

Ainsi, même si la connaissance numérique de  $\pi$  atteint aujourd'hui des précisions inimaginables, du point de vue du mathématicien tous ses mystères ne sont pas élucidés.

**Jean-Michel Kantor**

(7) Plus précisément on demande que si le chiffre 3, par exemple, apparaît  $n$  fois dans les  $N$  premières décimales de  $\pi$ , le quotient  $n/N$  ait pour limite 1/10 quand  $N$  augmente indéfiniment.

## PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas).

Couverture : P. Eden/Image Bank ; p. 2 : US Army — H. Lame/SIPA — P. Lestienne ; p. 3 : J. Bellenger — J.M. Labat/Jacana ; p. 14/15 : G. Champlong/Image Bank — Visum/Cosmos ; p. 17 : B. Couderc ; p. 19 : Univ. of Pennsylvania ; p. 20/21 : B. Couderc ; p. 22/23 : ESO ; p. 24 : Keystone-Usis — Observatoire de Paris ; p. 26 : Explorer Archives ; p. 28 : Collection Viollet — Boyer-Viollet ; p. 29 : Boyer-Viollet — Palais de la Découverte ; p. 30/31 : I. Python ; p. 35 : G. Uferas/Vu ; p. 36/37/38/39 : G. Delpit ; p. 42/43 : Dalton/Sunset ; p. 44 : A. Deubois — Erwin/Sunset ; p. 45 : Krasemann/Sunset ; p. 46/47 : D. Pudles ; p. 51 : Giraudon ; p. 52/53/54 : C. Kocher ; p. 55 : G. Lacz/Sunset ; p. 56 : D. Bellet ; p. 57/58/59 : J.M. Bader ; p. 60 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 63 : I. Python ; p. 67 : Giraudon ; p. 68 : Bulloz ; p. 69 : F.R. ; p. 72/73 : R. Sabatier ; p. 74 : Monsanto ; p. 75 : W.M. Tingey/Cornell — Monsanto ; p. 76 : GNIS ; p. 77 : L. Douek ; p. 78 : Expansen ; p. 79 : PGS ; p. 82/83 : Decoux/REA — Pardi/Ecole vét. de Maisons-Alfort ; P. 85/86/87 : B. Couderc ; p. 90/91 : North News Pictures/SIPA — M. Issaris/Gamma ; p. 92 : F. Schulke/Planet Earth Pictures ; p. 93 : US Army ; p. 95 : F. Schulke/P.E.P. ; p. 96 : Orbital Sciences Corp. ; p. 97/98/99/101 : C. Lacroix ; p. 105 : N. Papamiliades — G. Kerbaol ; p. 106/107/108/109/110/111 : N. Papamiliades — DR ; p. 112/113/115/117 : L. Douek ; p. 119 : Th. Morin ; p. 124/125 : DR ; p. 127/128/129 : R. Sabatier ; p. 131 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 132 : M. Roux-Saget ; p. 136 : M. Toscas ; p. 138/139/140/141 : M. Roux-Saget ; p. 148/149/150/151 : DR ; p. 152/153 : E. Malemanche — DR ; p. 154/155 : E. Malemanche — DR.

## LE FILS DE CONCORDE ET D'HERMÈS

(suite de la page 104).

associée à la poussée du moteur combiné qui fonctionne alors en régime anaérobiose (moteur fusée) permet donc au véhicule d'atteindre l'orbite choisie pour la mission en exigeant une consommation moindre de l'énergie embarquée (carburant-combustible).

**Les premières orientations.** Les profils de vol et l'exploitation des véhicules mono et bi-étages étant différents, il est évident que leur motorisation ne sera pas identique. Pour équiper un véhicule à deux étages, les chercheurs du Centre national d'études spatiales (CNES), de la SNECMA, de la SEP et de l'ONERA privilégièrent aujourd'hui deux types de moteurs. Le premier est le moteur dit "turbo-expander-stato", qui offrirait un excellent rendement à grande vitesse, mais qui risquerait d'être lourd et complexe à réaliser. Le deuxième moteur envisagé par les chercheurs français est un "turbofusée-stato-fusée" (*dessin B page 100*). Ce type de moteur combine semble être celui qui intéressera le plus les chercheurs français actuellement. En effet, une première expérience (à l'échelle 1/10) aura lieu dans les locaux de l'ONERA (8) au cours de l'automne prochain afin de démontrer la validité du principe d'un ensemble pulsif "fusée-stato".

Pour les lanceurs mono-étage, l'ensemble généralement considéré comme étant le plus prometteur serait le combiné "fusée-stato-fusée" (*dessin A p. 100*). Deux autres concepts de moteurs combinés sont également envisageables pour la propulsion d'un véhicule mono-étage : la fusée à air refroidi ou liquéfié (*dessin D p. 100*), dont pourrait s'inspirer le projet britannique Satan, et le "turbo-expander-stato-fusée" (*dessin C p. 100*).

Les appareils dotés de moteurs combinés devraient avoir un rapport masse/poussée d'environ 0,7. Dans la mesure où la poussée des moteurs sur lesquels s'appuient actuellement les hypothèses de travail est de l'ordre de 40 t (400 kN exactement) et que les véhicules seraient équipés de six moteurs, la masse du lanceur au décollage serait d'environ 340 t, soit approximativement celle d'un Boeing 747 de la première génération avec son plein de passagers. En revanche, leur capacité en passagers sera de 300 environ, soit la capacité d'un DC-10 ou d'un Tristar. Reste à savoir si ces merveilles technologiques seront commercialement viables.

**Serge Brosselin**

(8) Dans ces recherches, l'ONERA joue le rôle d'expert. En effet, l'office a accumulé, il y a une vingtaine d'années, une solide expérience en matière de combustion supersonique, notamment lors de la campagne d'expérimentation ESOPE en 1964. Dès 1964, l'ONERA a fait voler un véhicule expérimental, le Stataletx, à Mach 5 et 35 000 m d'altitude.

SCIENCE & VIE JUNIOR

# LES DOSSIERS

TRIMESTRIEL HORS SÉRIE

N°1

Le XXI<sup>e</sup>  
siècle

- Défis
- Conquêtes
- Explorations

10 PAGES DE JEUX

M1485 - 1 - 30,00F



N°1 LE 10 JUILLET

TROIS GAULOISES VRAIMENT BRUNES ET VRAIMENT LEGERES.

