

SCIENCE & VIE

ÉTHOLOGIE

Les preuves de l'intelligence animale

MÉDICAMENTS

Vers la pilule du bonheur

MÉTÉORITES

Les bombes venues de l'espace

BOSNIE

Les armes high-tech



EXCLUSIF
La carte de France
du béton malade

T 2578 - 919 - 22,00 F





NESTLÉ
LE CHOCOLAT.
AUJOURD'HUI
L'AMOUR PASSION
A SON PETIT
DÉJEUNER.

Nestlé
**c'est fort en
chocolat!**

Nestlé Le Chocolat, le petit déjeuner savoureux

tendre et onctueux. A déguster avec volupté

Superphénix ? Non, vache sacrée

Le gouvernement vient de faire un beau cadeau au CEA (Commissariat à l'énergie atomique) en prolongeant l'agonie du surgénérateur Superphénix. Alors que l'installation de Creys-Malville avait été conçue à l'origine pour produire de l'électricité en brûlant le combustible irradié des centrales nucléaires classiques, cette filière est maintenant abandonnée au profit d'un programme d'expérimentations sur «l'utilisation du plutonium... et la réduction des déchets radioactifs».

Il faudra pour cela que Superphénix fonctionne comme un sous-générateur, ce qui est l'antithèse de sa vocation d'origine. Les aménagements nécessaires prendront au moins quatre ans et beaucoup d'argent... Mais fi de l'avarice pour ce joyau de l'industrie nucléaire, qui a déjà englouti 50 milliards de francs pour cent soixante-quatorze jours de fonctionnement à pleine puissance depuis 1986.

On comprend mal l'entêtement du lobby nucléaire : chaque année, les centrales françaises engendrent 40 tonnes de produits de fission (iode, césium, technétium), 11 tonnes de pluto-

nium et un peu plus d'une tonne d'actinides (américium, neptunium, curium). Pour absorber la production de plutonium des cinquante-cinq centrales nucléaires françaises, il faudrait construire vingt-sept Superphénix. De plus, le "nouveau Superphénix" sera incapable d'incinérer les produits de fission qui sont les déchets radioactifs les plus gênants.

Enfin, on peut se demander pourquoi le ministre de l'Environnement Michel Barnier a approuvé cette filière d'élimination des déchets, alors qu'il défendait au même moment un programme d'enfouissement. Peut-être que les actionnaires étrangers de la Nersa, la société qui exploite Superphénix (dont la

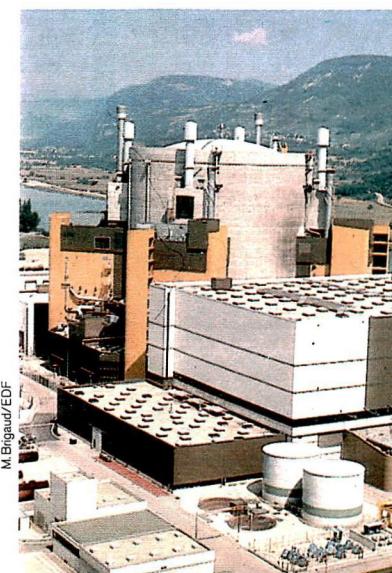
France détient 51 % des parts), n'auraient pas apprécié l'arrêt pur et simple du surgénérateur ?

En attendant, certains physiciens du nucléaire s'interrogent déjà sur la cohérence de la reconversion de Superphénix en "super-laboratoire", d'autant qu'aucun programme de recherche précis n'a été annoncé.

Le "recyclage" de Superphénix souligne à l'évidence l'échec de la filière de sur-génération.

S & V

La super-centrale
sera reconvertie à grands
frais en laboratoire
de recherche.



Publié par Excelsior Publications S.A.
 Capital social : 2 284 000 F - durée : 99 ans.
 1, rue du Colonel-Pierre-Avia,
 75503 Paris Cedex 15.
 Tél. : 1 46 48 48 48. Fax. : 1 46 48 48 67.
 Adresse télexgraphique : Sistem Paris.
 Principaux associés :
 Jacques Dupuy, Yveline Dupuy,
 Paul Dupuy.

DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : Paul Dupuy. Directeur général : Jean-Pierre Beauvalet. Directeur général-adjoint : François Fahys. Directeur financier : Jacques Béhar. Directrice marketing et commercial : Marie-Hélène Arbus. Directeur marketing et commercial-adjoint et directeur des ventes : Jean-Charles Guérault. Directeur des études : Roger Goldberger. Directeur de la fabrication : Pascal Rémy.

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Jean-René Germain, assisté de Marie-Anne Guffroy. Rédacteur en chef-adjoint : Gérald Messadié. Rédacteur en chef-adjoint : Gérard Morice, assisté de Monique Vogt. Rédacteur en chef-adjoint : Jean-François Robredo. Rédacteur en chef édition : Elias Awad. Secrétaires de rédaction : Françoise Sergent, Nadine Raguet, Agnès Marillier. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Alexandre Dorozynski, Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet, Roger Bellone, Jean-Michel Bader, Didier Dubrana, Henri-Pierre Penel, Marc Mennessier, Isabelle Boundjal, Thierry Pilorge, Daniel Tarnowski, Hélène Guillermot, Germain Chambost. Secrétaire : Paule Darcognat. Maquette : Lionel Croson, Elisabeth de Garigues, Michel Souday. Service photo : Anne Levy. Correspondante à New York : Sheila Kraft, P.O. Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA, 18428 Etats-Unis.

RELATIONS EXTRÉMIERES

Michele Hilling, assistée de Guylaine Bréhin.

SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Saradell. Marketing : Pierre Wavant. Chef de produit : Marie Cribier. Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 10 70 Bruxelles.

PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, 93200 Levallois-Perret, tél. : 1 41 34 92 08. Directeur commercial publicité : Yves Langlois. Directrice de la publicité : Sophie Nettier. Directrice de clientèle : Isabelle Sommet.

A NOS LECTEURS

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

ABONNEMENTS

Relations abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h). Tarifs : 1 an, douze numéros, 242 F ; 1 an, douze numéros + quatre hors-série, 317 F. Au Canada : Periodica Inc. - C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale 1211, Genève 1, Suisse. Autres pays : nous consulter.

A NOS ABONNES

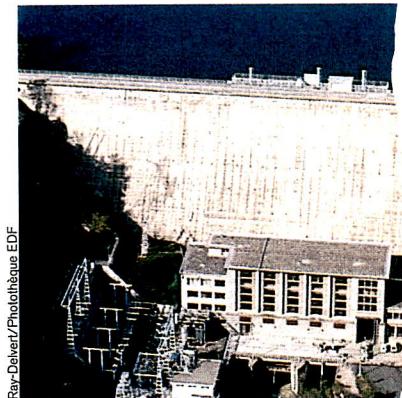
Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,80 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec *Science & Vie* sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus. La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous.

Copyright 1989 *Science & Vie*.



M. Capovilla/Istituto Psicologia CNR Roma



Ray-Delvèse/Photothèque EDF

Le rire n'est pas le propre de l'homme. Ni l'intelligence - ni même le mensonge. Et la parole ne manque peut-être à l'animal que par l'absence de larynx... p. 61

n° 919
avril
1994

SOMMAIRE

ARMEMENTS
Bosnie : les limites de la technologie ... 36
Germain Chambost

ASTRONOMIE
**Météorites : les Américains
lèvent le secret 44**
Renaud de La Taille

PHYSIQUE
Le piège se referme sur la masse 50
Daniel Tarnowski

CHIMIE
Les atomes sans nom 56
Daniel Tarnowski

ÉVOLUTION
Quand les baleines avaient des pattes... 58
Thierry Pilorge

ÉTHOLOGIE
**Intelligence animale
Les nouvelles preuves 61**
Gerald Messadié

- **L'instinct, cache-sexé
de l'intelligence 62**
- **Homme et animal,
mêmes capacités mentales 66**
- **Le langage rend intelligent 70**

GÉNÉTIQUE
**Un faux virus accélère
la thérapie génique 72**
Pierre Rossion

MÉDECINE
Peptides : les super-antibactériens 76
Jean-Michel Bader

PHARMACOLOGIE
Le bonheur sur ordonnance 84
Marc Mennessier

Photo de
couverture :
US Army
photo VIA IDR



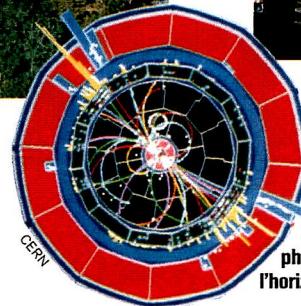
Recevez
Science & Vie
chez vous.
Votre bulletin
d'abonnement
est en page 35.
Vous pouvez
aussi vous
abonner par
minutel en
téléphonant au
n° 3615
ABON.



La maladie le ronge. Le béton de nos barrages et autres ponts gonfle et se fissure.
Sournoisement, lentement, mais sûrement. p. 100



J.E. Borde



Propulsez des particules les unes contre les autres, et découvrez la masse de la matière.
Une promesse des physiciens à l'horizon 2002.

p. 50

Le ciel nous tombait sur la tête et nous ne le savions pas...
Le "secret Défense" sur les météorites qui explosent chaque année dans l'atmosphère est enfin levé.

p. 44

Un petit souci ? Un coup de cafard ?
Un gros chagrin ? Prozac, pilule du bonheur.
Inquiétant, non ?

p. 84



R. Sabatier

AVRILOGIE

- C'est le bavardage qui cause l'effet de serre !** 88
Jonathan Swift

ANTHROPOLOGIE

- Un enfant de 1 800 000 ans chambarde l'histoire humaine** 90
Alexandre Dorozyński

ARCHÉOLOGIE

- L'Afrique aussi a eu son âge du fer** 92
Pierre Rossion

NUCLÉAIRE

- Vers des essais sans bombe** 96
Germain Chambost

CONSTRUCTION

- Le cancer du béton** 100
Didier Dubrana

TECHNOLOGIE

- La révolution des matériaux intelligents** 106
Serge Brosselin

AUTOMOBILE

- Voiture de l'an 2000**
Le rêve prend forme lentement 112
Luc Augier

CONCOURS

- Imaginez la voiture de vos rêves** 116

ACOUSTIQUE

- Une puce à l'oreille** 118
Henri-Pierre Penel

L'événement du MOIS 1

FORUM 6

échos de LA RECHERCHE 16
dirigés par Gerald Messadié

échos de L'ENVIRONNEMENT 26
dirigés par Didier Dubrana

industrie & INNOVATION 122
dirigé par Gérard Morice

comment ÇA MARCHE 132
Renaud de La Taille

ELECTRONIQUE amusante 136
Henri-Pierre Penel

INFORMATIQUE amusante 138
Henri-Pierre Penel

BIOLOGIE amusante 140
Didier Pol

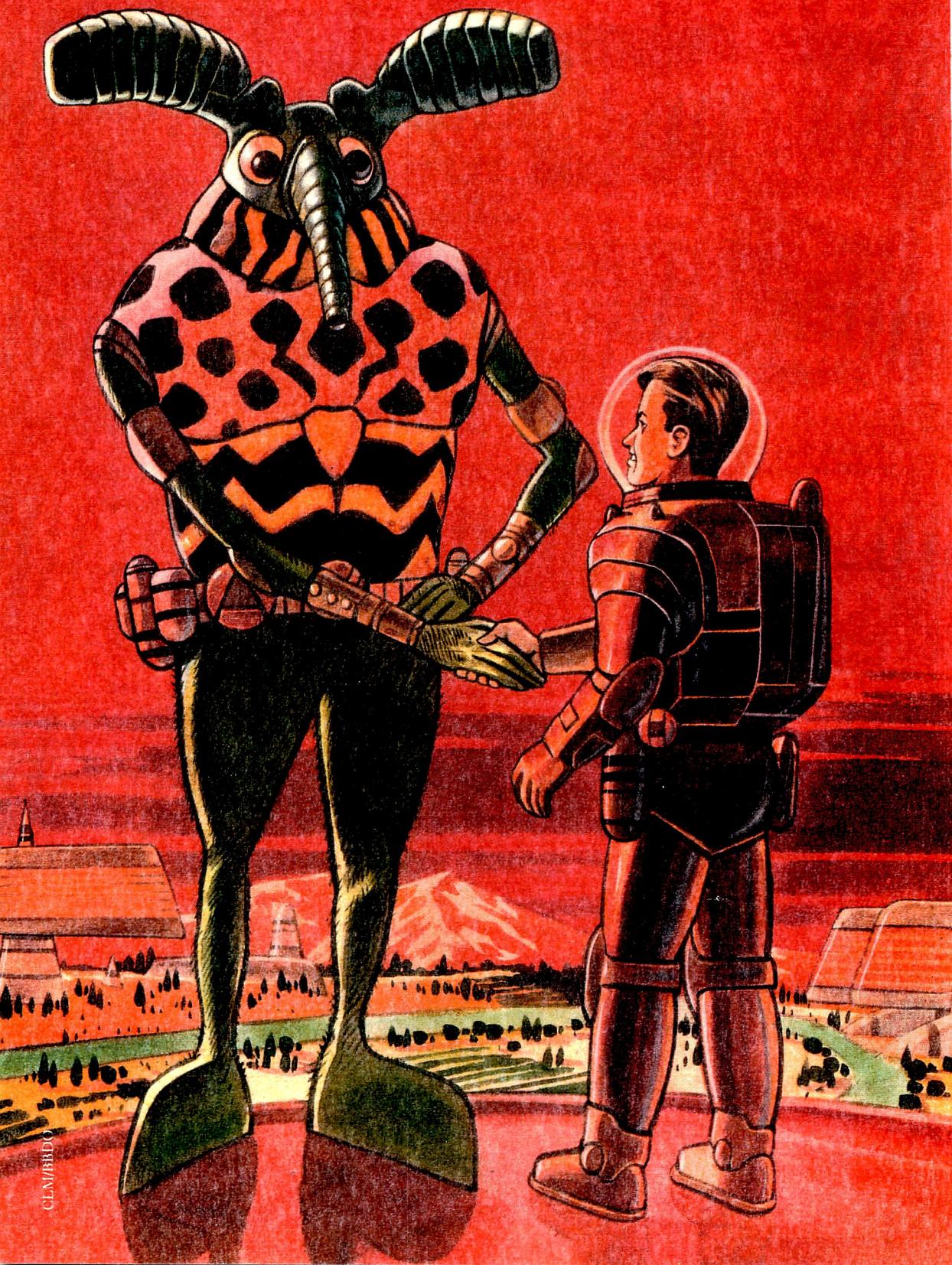
journal de L'ASTRONOME 142
Yves Delaye

ECHECS & maths 146
Alain Ledoux et Louis Thépault

SCIENCE & VIE PRATIQUE 148
Roger Bellone

LIVRES 155

Science & Vie IL Y A... 160
Marielle Véteau



La guerre des mondes n'aura pas lieu.

Que vous utilisiez MS-DOS, Windows ou Macintosh, vous pouvez enfin partager le même ordinateur : Power Macintosh™ *.

Power Macintosh 6100/60

Apple est heureux de vous présenter Power Macintosh™, qui permet de passer de MS-DOS à Windows et à Macintosh*. Partager des informations et des fichiers devient excessivement simple : dans de nombreux cas, il vous suffit de copier et de coller.

Vous ne changez rien à vos habitudes de travail. Car le logiciel SoftWindows associé à la puissance de Power Macintosh™ vous permet d'exécuter plus vite que jamais sur Macintosh la plupart des applications Windows et MS-DOS*.

Bénéficiant de la simplicité d'utilisation du système 7, Power Macintosh est facile à configurer, à exploiter et toujours aussi convivial. Bien entendu, la plupart des

The image shows three Apple iMac G4 desktop computers arranged side-by-side. Each computer features a hemispherical flat-panel LCD monitor on top of a silver cylindrical base. The monitors display various screens, including a game menu, a Windows-like desktop, and a web browser. The bases have the Apple logo and the word "iMac" printed on them. The keyboards and mice are white and integrated into the base units.

*Des applications Windows, MS-DOS et Macintosh sur un même ordinateur**.

**Power Macintosh™ : aujourd'hui,
le micro-ordinateur le plus puissant du monde**
100/60 est un Macintosh®.

Tout simplement grâce
au nouveau microprocesseur
PowerPC 601.

intosh sur un même ordinateur. Issu d'une collaboration développée depuis 3 ans par Apple, IBM et Motorola, il est le premier né d'une nouvelle famille de puces à très haute performance. Aujourd'hui, cette puce apporte les performances de la technologie RISC au monde de la micro-informatique.

Ainsi, avec de nouvelles applications optimisées, Power Macintosh™ offre des performances en moyenne de 2 à 4 fois supérieures à celles obtenues sur les plus rapides des Macintosh existants (Quadra 950).

Autre innovation : Power Macintosh™ intègre en standard la plupart des technologies audio-vidéo (le son stéréo 16 bits de qualité CD et l'architecture GéoPort dédiée aux télécommunications).

Oubliez les stations spatiales,
aujourd'hui le futur commence à 12 650 F HT ***
(unité centrale seule).

En soi le prix de Power Macintosh™ est aussi une innovation. Ajoutez à cela toutes ses fonctions standard : le réseau Ethernet, l'architecture Géoport, le logiciel intégré de partage de fichiers, le son stéréo qualité CD, le support vidéo couleur 16 bits sur le moniteur 14 pouces Apple, etc.

Vous avez le choix entre 3 modèles :

Power Macintosh™ 6100/60, Power Macintosh™ 7100/66
et Power Macintosh™ 8100/80.

Pour recevoir plus d'informations ou connaître l'adresse de votre revendeur Apple téléphonez au 69 86 32 10 ou tapez 3615 Apple (1,27 F/mn).



*Power Macintosh 7100/66****

* A condition d'utiliser SoftWindows, logiciel qui est livré en standard sur certaines configurations. L'utilisation de ce logiciel requiert un Power Macintosh™ équipé d'au moins 16 Mo de mémoire vive.** Parmi les micro-ordinateurs dont le prix généralement constaté est inférieur à 50 000 F HT pour l'unité centrale seule, n'utilisant pas un système d'exploitation principalement orienté vers les stations de travail ou les serveurs. Il s'agit du Power Macintosh 8100/80 utilisant le processeur Power PC 601 fréquence à 80 MHz. Puissance exprimée en SpecMark 92 pour les calculs en entier et en virgules flottantes.*** Prix indicatif, soit un prix TTC de 15 003 F chez les revendeurs Apple : Prix valable exclusivement pour l'unité centrale Power Macintosh™ 6100/60 8 Mo. Apple rappelle que tous ses revendeurs sont indépendants et restent libres de leur politique tarifaire et notamment des prix de vente qu'ils pratiquent. ** Les périphériques présentés sont vendus séparément. Apple, le logo Apple, Macintosh, Macintosh Quadra, Power Macintosh™, Système 7, PlainTalk et QuickTime sont des marques déposées d'Apple Computer, Inc. PowerPC, le logo PowerPC, utilisés sous licence et IBM sont des marques déposées de International Business Machines Corp. MOTOROLA est une marque déposée de MOTOROLA. Microsoft Windows, MS-DOS et Microsoft Excel sont des marques déposées de Microsoft Corporation. Persuasion est une marque déposée d'Altus. QuarkXPress est une marque déposée de Quark, Inc. ClarisWorks est une marque déposée de Claris Corporation. SoftWindows est une marque de fabrique d'Insignia Solutions, Inc. utilisée sous licence.

FORUM

Violence et télé : et la sottise ?

M. F.G., de Nice, approuve notre enquête sur les effets de la violence à la télé. «Je ne vous tiendrais rigueur que d'une chose, écrit-il, c'est de ne pas avoir évoqué les effets de la télévision sur le quotient intellectuel. L'article que je vous adresse en a, lui, tenu compte.»

Il s'agit d'une série d'interviews, par notre confrère *la Repubblica*, de psychologues et pédagogues. Un avertissement de Marina d'Amato, de la faculté de sociologie de Rome, auteur de deux ouvrages sur la télévision, est mis en exergue : «Attention à l'idiotie, c'est la pire violence.»

M. G.M., de Paris, nous adresse la copie d'un article cruel autant que pertinent de William Raspberry, paru dans *l'International Herald Tribune* du 3 février 1994 : «Un écran blanc vaudrait mieux.» Rapportant les travaux d'Arnold Goldstein, de l'université de Syracuse (Etat de New York), ce journaliste signale qu'il existe 188 études différentes, portant sur 244 000 personnes et démontrant qu'un pourcentage élevé de téléspectateurs deviennent plus violents après avoir assisté à des scènes de violence.

Raspberry évoque la menace, souvent exprimée, de supprimer la publicité pour les séries télévisées qui comportent trop de violence. Or, beaucoup de séries télévisées, parmi les plus violentes, sont câblées et sont indépendantes de la publicité.

«Prétendre que la télé est sans effet sur les comportements est nier l'intelligence

des annonceurs qui l'utilisent», écrit

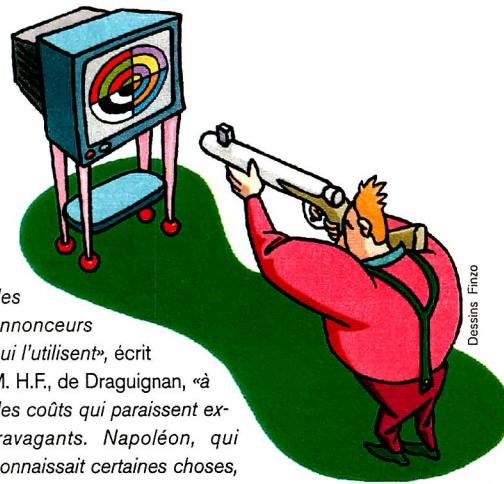
M. H.F., de Draguignan, «à des coûts qui paraissent extravagants. Napoléon, qui connaissait certaines choses, disait : "La guerre, c'est de l'argent, encore de l'argent, toujours de l'argent." Cet argent est donc un bon critère d'expertise de la force d'impact. Quand on sait qu'un spot de trente secondes sur une seule chaîne peut coûter 40 000 F, alors qu'un obus en coûte 4 000, le rapprochement est tentant : c'est Verdun tous les jours.»

de l'hépatopathie et de toutes les pseudo-sciences et superstitions qui entravent la diffusion de la connaissance objective.

»En famille, en société, au travail, le blurg opiniâtre ne manque pas de revenir inslassablement sur le tapis (...). Beaucoup de mes collègues et moi-même, nous vous serions reconnaissants de consacrer l'un de vos numéros hors-série aux blurges, ce qui nous permettrait de rassembler ces arguments dispersés dans plusieurs numéros.»

Nous y songerons !

Un autre lecteur, M. S.C., de Bourges, l'utilise aussi à propos de l'adjonction de bromure dans le vin des soldats. «Je précise», écrit-il à propos du démenti d'un autre lecteur, pharmacien de l'armée, «qu'à l'époque où M. G.M. faisait l'inventaire des médicaments renvoyés d'Indochine et recueillait le témoignage de ses chefs de service, pharmaciens capitaines de leur état, je commençais moi-même une carrière de médecin militaire, que j'ai menée à son terme en 1981, sans avoir jamais utilisé, vu utiliser ou entendu parler de l'utilisation d'une goutte de bromure, même à titre strictement thérapeutique. Merci d'avoir contribué à ébrécher une légende qui court dans l'inconscient collectif.»



Dessins Firmino

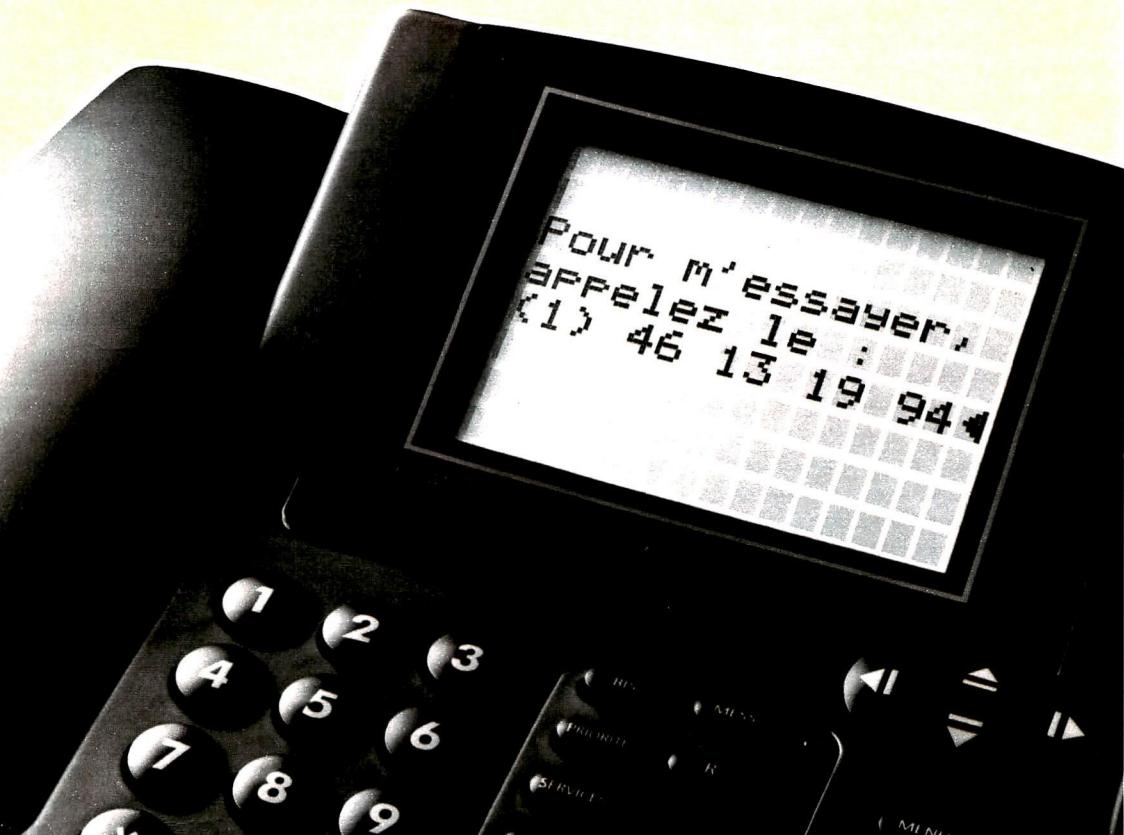
Armes à feu (1) : le droit et les chiffres

Notre "Forum" sur les armes à feu et les mesures de restriction de leur détention prises par le gouvernement des Etats-Unis a contrarié certains lecteurs ; témoin M. et Mme S.B. et leur fils, de Mantes-la-Ville, qui nous adressent le compte-rendu d'un ouvrage de Pierre Lemieux, *le Droit de porter des armes* (éd. Les Belles-lettres, paradoxalement). Le compte-rendu, évidemment paru dans une revue d'amateurs d'armes de tir, est instructif, quoique fortement partisan du droit de détenir des armes à feu. On y apprend que, de Charlemagne à la République, en passant par Philippe le Bel et François 1^e (taxé de présomption par l'auteur !), les gouvernements de la France ont été hostiles à la détention d'armes par des citoyens.

L'interprétation des chiffres dans ce compte-rendu nous paraît contestable : il y est écrit que, «sur les 150 millions d'armes détenues par des Américains, environ un million sont utilisées chaque année, mettant hors d'état de nuire plus de 10 000 malfaiteurs : un résultat nettement supérieur à ceux enregistrés par la police.»

Chiffres inexacts : il y a 211 millions d'armes à feu détenues par des Américains, soit une pour chaque homme, femme et enfant vivant en Amérique. Dans la seule année 1990, par exemple, selon une étude épidémiologique du *Journal of the American Medical Association*, les accidents par arme à feu ont causé plus de 36 000 morts (16 000 homicides volontaires, 19 000 suicides et 1 400 morts non inten-

Alcatel 2592. Essayez-le pendant 15 jours, et demandez-vous comment vous avez pu vous en passer.



Répondeur, répertoire, rappel des rendez-vous, écran interactif...

Jamais un téléphone n'en a fait autant pour vous.

Longue est la liste des services qu'Alcatel 2592 peut vous rendre : répertoire de 150 noms et numéros, affichage de la durée de communication, répondeur numérique avec horodatage, rappel des rendez-vous...

Alcatel 2592 existe en version une ou deux lignes.



Mais plutôt que de vous en parler, nous vous invitons à l'essayer tranquillement, chez vous. Si vous n'en étiez pas totalement satisfait dans les quinze jours, nous vous le reprendrions sans condition et vous rembourserions intégralement. Et vu son prix, pourquoi vous priver de tant d'avantages technologiques. Un petit essai vaut mieux qu'un long discours.

ALCATEL

FORUM

suite de la page 6

tionnelles). Le nombre de crimes commis avec des armes à feu fut de 640 000, et cela a coûté à l'économie américaine 14 milliards de dollars ! Le nombre de blessures par arme à feu subies par des moins de 16 ans a doublé entre 1987 et 1990, et un adulte sur six aux Etats-Unis a vu des enfants jouer avec des armes à feu chargées.

Veut-on mieux ? La mortalité par arme à feu rejoint actuelle-

ment celle par accident de la route et représente la deuxième cause de mortalité des jeunes de moins de 18 ans. Depuis 1975, les armes à feu ont causé aux Etats-Unis plus de morts que les guerres du Viêt-nam et du Golfe.

Nous demandons pardon aux lecteurs de l'abondance de ces chiffres, mais ils ont le mérite, pour paraphraser Samuel Johnson, de changer l'opinion en savoir.

Armes à feu (2) : ce ne sont ni le sport ni la chasse qui sont visés

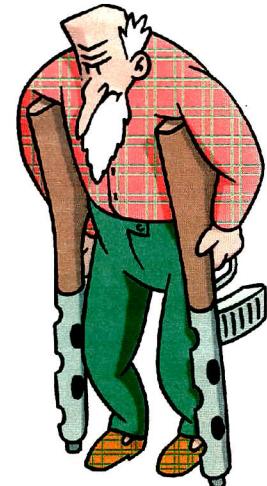
M. G.S., de Castanet, partisan lui aussi du droit à la détention d'armes à feu, s'étonne : «Pour ce qui est de votre référence, à Time, c'est la première fois que je vois un journal essayer de montrer le bien-fondé d'une opinion en donnant comme "preuve" la couverture d'un confrère !»

La preuve était celle de l'exaspération de l'opinion publique face à l'usage de plus en plus répandu des armes à feu, exaspération qui a motivé le durcissement de la réglementation fédérale en matière d'achat et de détention. Il ne nous semble par ailleurs pas que nos lecteurs s'étonnent de nous voir citer en d'autres domaines des confrères, français ou étrangers. Or, là, il se trouve que c'est la totalité de la presse scientifique et généraliste américaine qui a salué avec une forte approbation les nouvelles mesures.

Désormais, toutes les armes saisies aux Etats-Unis seront purement et simplement fondues.

Tireur sportif à l'arme d'épaule et de poing, M. F.R., de Paris, pose plus sereinement le débat, dans un mémoire argumenté, hélas ! trop long pour être reproduit ici :

«L'interdiction est le meilleur moyen de supprimer un sport (le tir) et des emplois, et de favoriser la création de réseaux parallèles qui, l'histoire le démontre chaque jour, n'attendent que ce genre de législation pour devenir



florissants et anéantir les effets attendus d'une telle législation...»

Il semble évident que la législation américaine ne vise pas le sport en question, qui est un sport d'adresse auquel nous rendons ici l'hommage qui lui revient. Nous saisissons l'occasion pour rappeler que nos critiques (et notre approbation de la réaction américaine) ne s'adressent ni aux tireurs sportifs, ni aux chasseurs, mais à des groupes de population qui ne voient dans l'arme à feu qu'un moyen d'affirmer leurs désirs de violence, ou de satisfaire à un délit de la persécution.

Cela étant, la législation américaine vise à endiguer la marée actuelle d'armes à feu, dont des armes semi-automatiques, dans une population qui se soucie du sport comme d'une guigne. Car cette marée atteint la jeunesse et l'on voit depuis quelque temps, aux Etats-Unis comme en France, des mineurs régler leurs différents par balles. Ce qui est absolument inadmissible dans une société civilisée.

M. E.B., de Nantes craint qu'une législation trop stricte prive «des gens vulnérables physiquement, et isolés, de ►

Ethique et procréation : un lecteur se rebelle

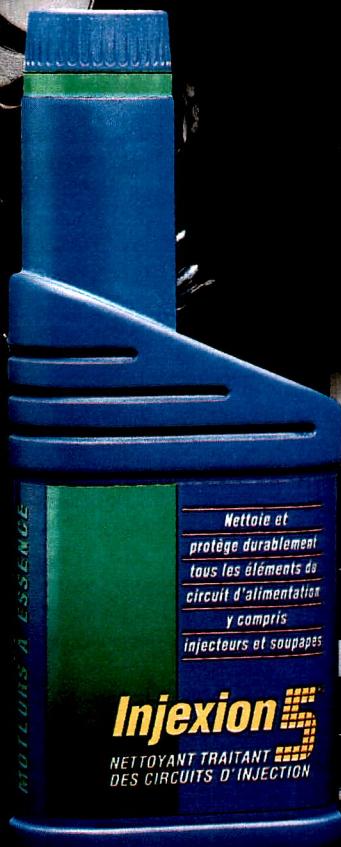
De M. J.-M. L.B., de Strasbourg, à propos de notre éditorial sur la procréation médicalement assistée chez des femmes ménopausées : «Ceux qui se réclament d'une morale pour émettre des interdits commettent de nombreuses erreurs.

D'abord, celle de penser que leur conception de la morale est universelle (le comité d'éthique comprend dix personnes, en regard des quelque 6 milliards de gens qui pourraient avoir un avis sur la question). Ensuite celle de supposer que leur conception de la dignité humaine est la seule valable. Puis celle de donner une définition teintée de religion de ce qui est vivant, donc intouchable ; puis celle de pratiquer de facto ce qu'ils prétendent combattre, témoin ce projet de loi sur les femmes ménopausées, qui est bien de l'eugénisme, puisqu'il est interdit à certaines femmes d'avoir un enfant en fonction de certains critères décrétés par un quartieron de "mentors de la morale publique". Pourquoi ne pas interdire les enfants aux SDF, aux alcooliques, aux droguées, aux cheveux roux ou autres adeptes de la mode grunge ?»

Nous comprenons la rébellion de ce lecteur. Toutefois, il nous semble que les réserves à l'égard de ce que nous avons appelé, dans notre éditorial, "Les mères hors d'âge" se fondent sur des considérations indépendantes des préférences éthiques confessionnelles ou philosophiques : risques pour la mère, pour l'enfant, et développement psychique harmonieux de celui-ci.



Injexion 5® nettoie à fond vos circuits d'alimentation.



Les performances et la longévité d'un moteur dépendent en grande partie de la qualité de son alimentation et celle-ci est perturbée par l'hétérogénéité des carburants, la présence d'eau dans les circuits et les conditions modernes de conduite.

Injexion 5, nettoyant de la dernière génération, sans chlore ni acide, totalement compatible avec les pots catalytiques et tous les systèmes d'alimentation (injection et carburation) est un traitement multifonctions : il nettoie et protège l'ensemble des circuits d'alimentation depuis le réservoir jusqu'aux chambres de combustion, il combat l'eau, traite le carburant et diminue la pollution pour le plus grand bien du moteur et de ses performances.

D'une utilisation très simple, Injexion 5 se verse dans le réservoir de carburant à l'occasion d'un plein. Existe en version diesel et essence.

Injexion 5 nettoie et protège l'ensemble des circuits d'alimentation depuis le réservoir jusqu'aux chambres de combustion. Compatible avec les pots catalytiques, il est utilisable sur tous les moteurs à carburation ou injection, essence ou diesel.

DEMANDEZ LE GUIDE INJEXION 5
IL EST GRATUIT !

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Type de voiture _____

Kilométrage _____

Liste des points de vente et documentation à SODITEN SA.

127, AV. FELIX FAURE
92000 NANTERRE

TEL (1) 45 06 22 44 - FAX (1) 47 28 82 66

suite de la page 8

tout recours en urgence qui leur permette de se défendre contre des délinquants ou des irresponsables, (ou les deux, de plus en plus jeunes, frappant parfois au hasard, parfois sans mobile ou parce qu'ils cherchent de l'argent pour se procurer de la drogue.)

Les législations française et américaine prévoient déjà des autorisations de détention et/ou de port d'armes pour les gens menacés de par leur métier (convoyeurs de fonds) ou leur personnalité (politique, par exemple).

Toutefois, la réserve de ce lecteur implique-t-elle qu'il faudra accorder ces autorisations à des vieillards grâbataires ou à des femmes âgées, dont ni les réflexes, ni les moyens physiques ne leur permettent de manier une arme à feu et qui risquent de se blesser ou de causer des dommages très graves, y compris à de proches innocents ?

Rappelons que si les délinquants que cite ce lecteur possèdent, eux, des armes à feu, comme désormais certains écoliers, c'est qu'il est devenu trop commode de s'en procurer pour quelques centaines de francs.

Et ce lecteur plaide d'ailleurs, paradoxalement, pour le renforcement de la législation concernant certaines armes, comme celles à grenade et comme les armes de chasse et de tir de cinquième et septième catégories : avoir 25 ans et non plus 18 pour en posséder une, présenter un extrait du casier judiciaire et un certificat d'aptitude psychologique, et avoir des connaissances techniques sur le maniement des armes et le tir sur cible...

Conseils pour prendre feu spontanément

Ingénieur au CNRS, M. R.S., de Saint-Martin-d'Hères, écrit ceci : « Je suis surpris qu'à ma connaissance personne n'ait pensé à un produit pourtant courant, qu'on trouve dans toutes les grandes surfaces, et qui pourrait expliquer les phénomènes de combustion spontanée. Il s'agit du fameux désherbant qu'est le chlorate de soude. C'est aussi un oxydant très puissant et qui ressemble à s'y méprendre à de la lessive, surtout s'il a été stocké dans un seau à lessive, par imprudence (ou malveillance).

« Si, par malheur, on fait bouillir du linge avec du chlorate, ce linge, dès qu'il est sec, peut déclencher de véritables feux de Bengale, avec des températures avoisinant les 2 000 °C, ce qui est largement suffisant pour carboniser un corps humain, tout au moins en surface, et causer le décès. Je l'ai expérimenté sur un mannequin devant des gens qui avaient été impressionnés par une émission télévisuelle, "Mystères". Le résultat était, en effet, très proche des images montrées à l'émission : le contact avec un frottoir de boîte d'allumettes ou la proximité d'une flamme suffisent à allumer le tout. Je dois préciser que je n'avais pas chloraté la robe du mannequin, ainsi cette dernière est-elle restée intacte.

« Quand j'étais adolescent, je fabriquais d'ailleurs des mèches avec des ficelles à cageots chloratées, ce qui me permettait d'amorcer mes fu-



sées. J'ai d'ailleurs eu la jambe de mon pantalon et une cuisse brûlées par 50 cm de mèche que je gardais dans la poche et qui ont été malencontreusement enflammés par une boîte d'allumettes que je venais d'acheter. Comme j'étais au lycée avec des condisciples, l'effet "combustion spontanée" a été spectaculaire. »

Nous omettons le reste des informations, qui risquerait de donner des idées malencontreuses à certains et mettons donc en garde nos lecteurs à la fois contre les assertions fantastiques des tenants de la "combustion spontanée" (dans le cas relaté ici, il y a une cause chimique évidente, et la combustion n'est donc pas spontanée au sens qu'on voudrait indiquer) et contre la manipulation du chlorate.

L'occasion est bonne pour commenter une émission de télévision ("Nulle part ailleurs") à laquelle participait l'un de nos collaborateurs, Gérald Messadié. L'une des vedettes de l'émission était un Ukrainien, célèbre à Moscou pour ses exploits sportifs et aussi "surnaturels". Ce sujet est resté en apnée, publiquement, dans une baignoire transparente, pendant huit minutes et quarante secondes environ. Il s'agit là d'un bel exploit, authentique, mais non d'un record et encore moins d'un acte surnaturel. Ce sujet

s'était, en effet, hyperventilé à l'oxygène pur avant de s'immerger dans la baignoire. Or, on a, dans ce domaine, dépassé dix minutes. Sans hyperventilation, déjà, le record en France est détenu par Franck Mességué, qui est resté sous l'eau pendant sept minutes et une seconde.

Ce sujet se fait ensuite fort, c'est le cas de le dire, de tirer un wagon de chemin de fer de 70 tonnes. Un film a été projeté au cours de l'émission, montrant cet exploit. Nous n'avons pas de moyen de vérifier le poids du wagon, mais enfin, si l'on se réfère à un article ancien de notre confrère *la Vie du rail*, peu suspect de complaisance à l'égard des charlatans, un homme a déjà tiré par sa seule force musculaire un wagon de quelque 30 tonnes. Si les moyens des roues sont bien graissés et les rails bien horizontaux, cela est possible. L'Ukrainien de la télévision aurait toutefois doublé la mise, ce qui ne serait pas mal, pour user d'un euphémisme.

Troisième exploit, plus déconcertant, mais qui relève cette fois de la mise en scène, ce sujet s'enfonçait d'abord, sans saigner, une tige de fer de quelque 30 cm dans l'avant-bras, puis brûlait du bout des doigts une page de journal, de façon à y découper une photo. L'exploit comportait deux anomalies : la première est que le sujet tenait pour

SOUSCRIPTION OUVERTE
aux personnes âgées
de 40 à 84 ans

"J'ai tout réglé avec la Convention Obsèques. Je me sens plus serein."

66 Je sais qu'un enterrement coûte cher et je ne veux pas que ma famille ait des problèmes d'argent au moment de mes funérailles. Avec la Convention Obsèques les miens recevront un capital pour régler tous les frais et toutes mes décisions seront respectées. Aujourd'hui, je suis plus tranquille. 99

LA CONVENTION OBSÈQUES vous permet de régler dès maintenant tous les problèmes matériels liés à vos obsèques. Elle garantit le versement d'un capital à la personne de votre choix dans un délai de 48 heures.

Vous pouvez également choisir comme bénéficiaire une entreprise de pompes funèbres. Ainsi les vôtres n'auront à s'occuper de rien, si vous le souhaitez.

Grâce à ce capital totalement exonéré de droits de succession, vos proches ne subissent pas les habituels soucis financiers consécutifs aux obsèques.

Mais l'argent n'est pas tout. Les démarches et les formalités consécutives au décès sont résolues par l'assistance complète qu'apporte à vos proches la Convention Obsèques.



Vous pouvez souscrire sans examen médical. Vous avez le choix entre différents niveaux de protection (*de 5 000 F à 50 000 F*). Vous êtes couvert toute votre vie. Les cotisations sont fixées une fois pour toutes lors de votre souscription et n'augmenteront pas.

Pour bénéficier de ces avantages il vous suffit de remplir maintenant la demande de documentation ci-dessous.

Vous recevez « Le décès et l'avenir des proches », un précieux guide qui traite des différentes questions liées au décès.

De plus, dès réception de votre demande de documentation, vous bénéficierez pendant 30 jours d'une protection immédiate de 40 000 F en cas de décès accidentel, quelle que soit votre décision finale.



NORWICH UNION

NORWICH UNION - Société d'Assurance Mutuelle sur la Vie à cotisations fixes.
Entreprise régie par le Code des Assurances.
Siège pour la France : 36 rue de Châteaudun 75441 PARIS Cedex 09.

**DATE LIMITE DE RÉPONSE
29 AVRIL 1994**

Numéro Vert 05 05 36 36

APPEL GRATUIT

GESA ASSISTANCE - Compagnie Internationale d'Assurances et de Réassurances. Entreprise régie par le Code des Assurances. 18/24 rue Troyon - 92310 SEVRES.

DEMANDE DE DOCUMENTATION sans engagement

A retourner sous enveloppe non affranchie à :

NORWICH UNION - Libre réponse n° 043 - 60648 CHANTILLY Cedex

63 QE

OUI, je souhaite recevoir M. Mme Mlle Nom _____
pour étude la Convention Prénom _____ Né(e) le **19**
Obsèques sans engagement Adresse : N° _____ Rue _____ Tél.
de ma part. J'ai Code postal Ville _____
bien noté que je disposerai Si votre conjoint (e) souhaite également souscrire :
d'un mois pour prendre M. Mme Mlle Nom _____
une décision définitive et Prénom _____ Né(e) le **19**
choisir le capital à assurer.

Conformément à la loi Informatique et Liberté du 06.01.78, je dispose d'un droit d'accès et de rectification pour toute information me concernant sur votre fichier Clientèle.

suite de la page 10

ce faire une règle en plastique, accessoire inattendu. Nous avons examiné cette règle en transparence : elle contenait un fil métallique, apparemment de cuivre ; elle servait donc de conducteur. D'où venait le courant ?

Et c'est ici qu'apparaît la seconde anomalie : la position du sujet, qui tenait cette règle dans une main, l'autre posée sur la jambe gauche repliée. A notre avis, mais cela serait à vérifier, le courant venait d'une pile commerciale cachée sous le pantalon du sujet et chargée de produire le courant véhiculé jusqu'à la main (par un fil de cuivre...) qui était censée dégager des flammes.

On peut se demander toutefois comment les doigts pouvaient dégager des flammes. Nous ne l'avons compris qu'après l'émission, à l'examen des doigts du sujet : leurs extrémités étaient recouvertes d'une couche blanchâtre, évoquant un colloïde desséché. Nous ignorons ce qu'était ce colloïde. La substance candidate la plus plausible serait de la glycérine additionnée de permanganate, qui s'enflamme sous un choc ou si l'on y fait passer du courant.

Demeurent la singulière résistance de ce sujet à la douleur et le fait qu'il ne saigne pas quand il s'introduit une tige de fer dans l'avant-bras, de part en part. Ces faits bien réels – et auxquels nous avons assisté, étant placés à moins d'un mètre du sujet et ayant tâté son bras et la tige – évoquent les exploits des célébrants de cérémonies religieuses hindouistes, qui s'enfoncent des crochets sous la peau, par lesquels ils

se font suspendre, et des tiges encore plus épaisses et longues, cette fois-ci à travers le torse.

Ces pénétrations sont réalisées non seulement sans le moindre saignement, ce qui est peu conforme aux données médicales ordinaires, mais apparemment sans subir de dommages internes ni de séquelles (tétanos, inflammations, hémorragies, infections bactériennes, cicatrices). Or, il est difficile d'imaginer que, dans des conditions ordinaires et sans anesthésie, sans désinfection préalable, on puisse s'enfoncer, par exemple, une tige de fer à travers les reins, de part en part, sans traverser l'intestin grêle ou tout autre organe.

Ce point singulier, qui nous rappelle les phénomènes de l'hypnose, fera prochainement l'objet d'un article. Cela répond à la question de Mlle K.M., de Grenoble, qui nous demande si nous compsons revenir sur l'hypnose et les phénomènes associés.

Fantaisies sur l'astrologie (1)

«Votre dossier "Horoscopes : les vrais dangers" a attiré mon attention, car je m'intéresse de très près à l'astrologie», écrit Mme C.D., des Hautes-Alpes. «J'ai trouvé regrettable que vous l'abordiez sous son point le plus critiquable, à savoir la prédiction, et à partir d'un ouvrage semblant effectivement manquer de rigueur, d'honnêteté, de clarté, bref de sérieux. Je tiens à vous faire savoir que les aspects que vous en décrivez ne sont en fait que des dé-

formations dues à la vulgarisation et à des réductions simplistes et peu respectueuses de la liberté de l'être humain.

»Il existe une pratique de l'astrologie qui se définit par les points suivants : observation des rythmes et des cycles dynamisant la vie dans toutes ses manifestations. Repérage de leur fréquence, de leurs effets dans l'espace et le temps. Mise en place de correspondances symboliques reliant des éléments de natures différentes (ex. : homme-planète)...

Nous avouons n'avoir pas connaissance de cette astrologie-là, qui nous paraît se confondre singulièrement avec la chronobiologie.

Par coïncidence, M. G.L., astrologue à San Sebastian, nous adresse des remontrances courtoises, où il explique en anglais que la chronobiologie fait pour lui partie de l'astrologie, de même que la topobiologie, la "dermatoglyphique" (discipline d'étude des empreintes de la main) et, c'est le clou, la génétique. Le Pr Luc Montagnier en sera certes surpris. Il nous paraît dommage que ce correspondant ait exclu l'étude de la tectonique des plaques.

«Professionnelle enseignante en astrologie», comme elle se définit, Mme I.L., d'Echirolles, déplore notre «confusion entre horoscope et astrologie, ainsi que les citations que vous faites du "Que sais-je ?" sur l'astrologie, hors de tout contexte (...). Les horoscopes sont une simplification, une vulgarisation de l'astrologie, à en devenir faux (...). Chaque carte astrologique est individuelle et son analyse ouvre "le champ des pos-

sibles" (...). Au moment de sa naissance, l'enfant reçoit des messages véhiculés par les ondes spécifiques émises par les différentes planètes de notre système solaire. L'étude scientifique de ces ondes, formes, qualités et fréquences, est du domaine des astrophysiciens.»

Voilà enfin des informations fraîches : les astrologues ne sont pas habilités à faire des horoscopes et les astrophysiciens étudient les ondes émises par les planètes à destination des nouveaux-nés.

Fort aimablement, cette lectrice nous informe ensuite que «Le point vernal était l'origine choisie du zodiaque à 0° de la constellation du Bélier, autour de l'an zéro. Les astronomes et astrologues anciens ne sont pas d'accord entre eux, leurs calculs, sans lunettes astronomiques précises et autres instruments de mesure actuels, varient. Comment voulez-vous que nous, maintenant, puissions trancher et être sûrs de la date réelle où le point vernal fut 0 ?»

Tant pis pour les astronomes, qui perdent donc leur temps en fadaises. Et pour le *Grand Dictionnaire encyclopédique Larousse*, pris en flagrant délit d'ignorance, sans doute, quand il écrit que la valeur annuelle actuellement admise de la précession générale, qui est une constante primaire de l'astronomie, est, pour l'époque 2 000, de 5 029,0966 par siècle julien. Et que, depuis Hipparque, qui découvrit la



précession des équinoxes au II^e siècle avant notre ère, il y a un décalage de l'ordre de 28° sur la position dans laquelle se trouve le point g, ou point vernal, par rapport aux constellations, soit à peu de chose près un signe du zodiaque.

Mais trêve de plaisanterie. Quand on sait que le point vernal, celui où la déclinaison du Soleil s'annule pour devenir positive, se situe aux environs du 21 mars, on peut calculer qu'il se situa dans le Bélier de 1852 à 113 avant notre ère.

Fantaisies sur l'astrologie (2) : les astres et le nettoyage des fenêtres

M. J.-M.G., d'Haraucourt, nous adresse des extraits du quotidien de sa région. On y lit, en ce qui concerne l'entretien de la maison, «Pour nettoyer plus facilement vitres et fenêtres, mettez un peu d'alcool à brûler dans l'eau et effectuez le nettoyage en lune décroissante, en signe d'air ou de feu, c'est-à-dire bélier, gémeaux, lion, balance, sagittaire ou verseau. Le résultat sera étincelant.

«Pour nettoyer le bâti des fenêtres, s'il est très sale, les meilleurs résultats se

feront en jour eau.»

On peut néanmoins se laver les pieds tous les jours. Un autre extrait assure que «l'astrologie a reculé dans le cœur et l'esprit d'un grand nombre de gens parce qu'elle est très mal médiatisée et souvent mal utilisée au sein de notre société. Tout scientifique digne de ce nom devrait pourtant se pencher sur la question...»

A une soixantaine de milliards de chiffre d'affaires pour l'année écoulée, l'astrologie n'a pas l'air de mal se porter, pourtant. Le lecteur qui nous adresse ces fadasies estime «qu'il vaudrait mieux attaquer le problème à la base en luttant contre l'ignorance et la crédulité. Voilà une belle mission pour l'Education nationale.»

M. D.C., de Château-l'Evêque, demande : «Sur quoi est basé votre article ? Sur une corrélation qui a été établie entre l'âge du décès de Chinois et le fait qu'ils croient ou non aux horoscopes. Il est quand même paradoxal de devoir rappeler la différence entre corrélation et causalité.»

Admettons qu'on établisse une corrélation entre les crises d'urticaire, qui affectent deux mille Auvergnats qui sont descendus dans une grotte, et qu'on constate que d'eux mille autres qui

n'y sont pas descendus n'ont pas de crise semblable, ce ne sera certes qu'une corrélation. Mais si l'on trouve un agent urticant dans la grotte, ce sera une causalité. Il nous

semble que le fait que des gens meurent d'une défaillance d'un organe déterminé au moment où leur horoscope leur dit qu'ils sont vulnérables de cet organe-là constitue une corrélation.

Mais si l'on constate que d'autres Chinois, qui souffrent du même organe et ne s'intéressent pas aux horoscopes, vivent plus longtemps, il y a preuve de causalité.

cette aberration est que les astrologues, niant la précession des équinoxes, utilisent le zodiaque du temps où le point vernal était en Bélier. Lequel Bélier a la peau vraiment dure ! Cela dit, ça n'a aucune importance. Les Eskimos nés à l'intérieur du Cercle polaire arctique, eux, n'ont pas d'horoscope du tout, par-

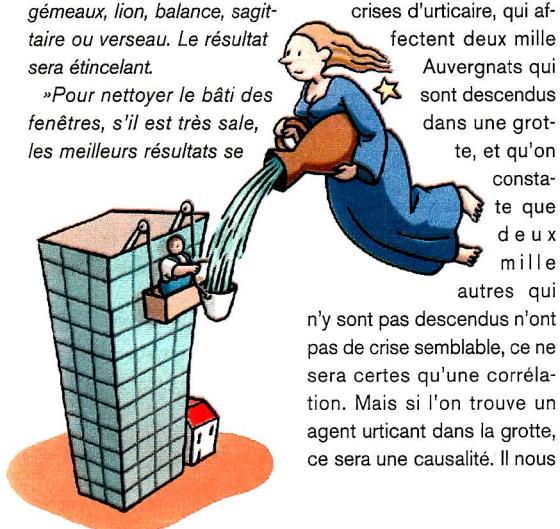
Fantaisies sur l'astrologie (3) : le Bélier a la peau dure



ce qu'ils sont astronomiquement soustraits à ces considérations vaseuses.

M. F.B., ingénieur à Montesson, nous adresse la copie d'une publicité se réclamant de l'«astrologie scientifique». «A défaut de pouvoir botter le c... de ces malfaits, n'y a-t-il pas un moyen pour empêcher ces s... d'utiliser la science comme vectrice de leurs énormités ?»

Il y a bien un article du Code pénal, mais la justice est déjà surchargée. Car la publicité en question spécifie bien : «Votre personnalité, votre potentiel et ce que l'avenir vous réserve.» Or, la profession de devin est interdite. N'empêche que, impavide et déguisée en mandarine (fémimin de mandarin), Mme Soleil fait désormais de l'astrologie chinoise et publie des horoscopes chinois. Elle annonce ainsi des primes et augmentations aux natifs du Tigre. ■





CENCEP GIE R.C.S. PARIS 00000000000000000000000000000000

Vous connaissez beaucoup de gens qui rêvent d'être locataires?

Pour financer votre logement, l'Offre Projets de la Caisse d'Epargne.

Tout le monde rêve d'être propriétaire. Avoir un bel appartement... Une maison... Sa maison. Mais entre le rêve et la réalité, il y a souvent un hic. Un hic qui s'appelle l'argent.

Alors que faire ? S'endetter jusqu'au cou ou rester locataire toute sa vie ? Pour vous éviter ce genre de questions la Caisse d'Epargne a mis au point l'Offre Projets.

Une approche plus humaine et plus rationnelle de vos besoins, afin de mieux y répondre. Après avoir analysé avec vous votre situation

familiale, professionnelle et financière, nous vous proposerons différentes solutions. Par exemple, un plan d'épargne qui vous permet au bout de 4 ans d'obtenir un prêt à un taux particulièrement avantageux. Ou encore une formule plus souple, qui permet d'emprunter après seulement 18 mois d'épargne.

Sans oublier tous les prêts disponibles immédiatement, comme Primo : le premier prêt immobilier à remboursement modulable (vous fixez chaque année le montant des mensualités, au-delà d'un minimum, selon vos possibilités).

Bref, à la Caisse d'Epargne nous avons suffisamment de prêts immobiliers pour que chez vous ce ne soit plus chez les autres.



CAISSE D'EPARGNE

échos de LA RECHERCHE

Microbiologie

L'énigme du prion s'épaissit de plus en plus

Il faudra bien s'y résoudre, le prion n'a ni ARN ni ADN. C'est ce que confirme une étude récente de Leslie J. Berg (¹), dont nous résumerons ici un aspect. Pour mémoire, le prion est cette particule protéïnique mystérieuse qui cause, chez l'animal et chez l'homme, des maladies dégénératives du système nerveux comme la maladie des vaches folles, variante de la scrapie du

mouton, la maladie de Creutzfeld-Jakob et le syndrome Gerstmann-Sträussler-Scheinker ou GSS.

A part que c'est une protéine, on n'en sait pas grand-chose et, depuis quinze ans que les microbiologistes, avec en tête Stanley Prusiner, s'efforcent de comprendre comment elle déclenche des maladies fatales, le mystère s'est épaisse de deux questions : pourquoi le système immuni-

taire ne réagit-il jamais contre elle ? Et comment cette particule peut-elle se reproduire alors qu'on ne lui connaît pas de noyau ni d'acide nucléique, comme l'ARN et l'ADN ?

A cette dernière question, Prusiner répondit en partie par une hypothèse aussi folle que les vaches malades : le prion serait sans noyau. Berg le confirme en ajoutant au dossier un élément extraordinaire : la protéine du prion, ou PrP, est bien produite par un gène de l'ARN messager (ARNm), ce qui a permis d'en fabriquer expérimentalement pour l'étudier, mais ce gène en lui-même n'a rien d'anormal : on le trouve en égales quantités chez des animaux malades et chez des animaux sains !

Pis : ce gène s'exprime tout à fait normalement dans de nombreux tissus de l'organisme ! Et c'est d'ailleurs ce qui explique que le système immunitaire ne réagisse pas : la PrP est, pour lui, une protéine normale. Ce système ne réagit que dans des cas particuliers : par exemple, chez des souris fabriquées expérimentalement qui n'ont pas le gène qui code pour la PrP ; là, elles fabriquent des anticorps.

Comment peut-on donc se sortir du dilemme suivant : la PrP est indispensable au déclenchement de la maladie, mais elle est par ailleurs produite chez tout le monde sans accident ? Là, il faut reprendre un aspect particulier du syndrome GSS cité plus haut : c'est une maladie apparemment héréditaire. Berg déclare donc qu'il est possible que la PrP qui cause la maladie soit le produit d'un gène défectueux.

La lutte contre le prion ne serait possible, dans le meilleur des cas, que grâce à un traitement génétique.

Psychosociologie

Le tableau européen des plaisirs

Une association nommée Arise (Associates for Research in Substance Enjoyment) a réalisé une enquête sur les taux des plaisirs que cinq pays européens prennent à diverses activités. On y relèvera notamment que les Français sont

les plus enclins à prendre un thé ou un café en compagnie, à manger du chocolat, à goûter l'intimité familiale et à recevoir des amis. En revanche, ils sont de loin les moins enclins à faire des emplettes et à dépenser de l'argent.

	G.-Bretagne	Allemagne	France	Espagne	Italie
Aller au spectacle	54	61	62	56	63
Sortir dîner	76	81	74	64	70
Sortir prendre un verre avec des amis ou en famille	70	71	71	67	47
Faire des courses	74	61	49	65	72
Aller en vacances	81	83	82	78	89
Faire du sport	46	61	63	59	64
Regarder du sport	56	45	53	68	63
Se réunir autour d'un thé ou d'un café	74	80	82	70	76
Fumer une cigarette, un cigare ou une pipe	27	33	33	33	31
Manger du chocolat	52	54	57	40	42
Manger des pâtisseries	50	63	53	44	52
Rester en famille	78	81	93	87	90
Faire l'amour	62	72	67	68	83
Regarder la télévision	79	68	74	70	80
Écouter la radio	76	79	77	77	70
Lire	83	85	81	78	86
Prendre un verre	69	50	41	38	48
Boire du thé ou du café	87	84	68	67	81
Recevoir	78	84	90	75	79

(¹) Leslie J. Berg, "Insights into the Role of the Immune System in Prion Diseases", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, janvier 1994.

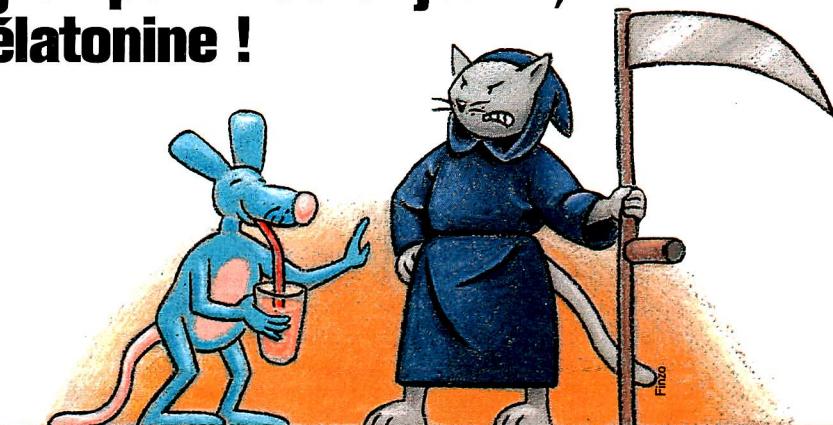
Pour vivre longtemps et rester jeune, buvez de la mélatonine !

Une souris, ça vit environ vingt-trois mois. Des chercheurs ont fait boire à un groupe de souris de la mélatonine. Celles-ci ont vécu cinq mois de plus. Et elles étaient restées jeunes.

Comme la mélatonine est produite par l'épiphyse, l'étape suivante était prévisible : on a greffé à un autre groupe de souris des épiphyses de souriceaux et "souricelles" de 3 et 4 mois dans le thymus. Même résultat.

Il semble donc que l'épiphyse, dite aussi glande pinéale, joue un

(1) W. Pierpaoli et W. Regelson, "Pineal Control of Aging: Effect of Melatonin and Pineal Grafting on Aging Mice", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, janvier 1994.



rôle dans le vieillissement. On ne se hasardera pas excessivement en disant que des essais sur l'être humain pourraient avoir lieu dans un avenir prévisible. Pour les femmes, "petit problème" : la mélatonine bloque l'ovulation. En

revanche, elle jouerait un rôle dans le renforcement de l'immunité, notamment contre le cancer (1). Mais enfin, on peut parier que ce n'est pas demain qu'on commercialisera des sodas à la mélatonine !

Pas d'anomalie génétique dans l'alcoolisme ni la schizophrénie

On a longtemps supposé que l'alcoolique et le schizophrène avaient au moins un point commun, une anomalie du récepteur de la dopamine. En effet, les systèmes dopamnergiques commandent la consommation d'alcool, d'opiacés, de cocaïne, et leurs récepteurs commandent aussi l'efficacité des drogues antagonistes de la schizophrénie. Mais une étude très fine démontre que ni chez les alcooliques ni chez les schizophrènes le gène qui code pour ce récepteur ne présente d'anomalie.

Génétique

Gipsy le sauteur était en réalité un rétrovirus

Voilà une dizaine d'années, on identifia chez la mouche drosophile un curieux gène, qu'on appela Gipsy et qu'on prit jusqu'à il y a trois semaines pour un gène sauteur, l'un de ceux qui se déplacent au hasard, comme l'avait indiqué, pour le maïs, Barbara McClintock. Tout d'un coup, on s'visa que, dans une variété de mouches mutantes, Gipsy proliférait de façon anormale, entraînant des hécatombes chez ces insectes. Pis, quand on mettait ces mutantes avec d'autres mouches saines, ces dernières étaient infectées et mouraient aussi. On étudia donc Gipsy

de plus près et, ô surprise, on découvrit que c'était un rétrovirus (1).

Grosse découverte : en effet, on est alors tenté de se demander si d'autres gènes sauteurs, non seulement chez la mouche, mais chez d'autres animaux, dont l'homme, ne seraient pas eux aussi des rétrovirus. Ou bien alors si les rétrovirus ne seraient pas des gènes sauteurs qui changeraient de nature et deviendraient virulents à la faveur d'une mutation. Ces sauteurs-là sont vraiment imprévisibles.

(1) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 15 février 1994.

Physique

Un macro-œil pour voir les monopôles

Soixantequinze mètres de long, douze de large et neuf de haut : ce sont les dimensions du gigantesque "œil" installé dans le laboratoire souterrain du Gran Sasso, en Italie. Il a pour nom Macro (Monopole, Astrophysics and Cosmic Ray Observatory) et son installation sera terminée cet été. Pendant une dizaine d'années, Macro restera ouvert et sensible à toutes sortes de particules chargées. Son but le plus ambitieux est de détecter le passage d'un monopôle magnétique, l'une des particules les plus exotiques et les plus recherchées qui soient.

Rien n'est plus curieux, en effet, que l'absence de monopôle magnétique dans le monde qui nous entoure. Un aimant permanent, par exemple, est toujours un dipôle (association d'un pôle nord et d'un pôle sud). Si on le coupe en deux, on obtient en fait deux nouveaux aimants et pas de monopôle.

On recherche aujourd'hui les monopôles, non pas en cassant des aimants, mais sous la forme de particules superlourdes (l'équivalent en poids d'une bactérie). Leur existence est en effet une conséquence des théories qui unifient trois des quatre forces physiques fondamentales (électromagnétique, nucléaires forte et faible). Détecter un monopôle serait donc un test décisif pour vérifier ces théories. Par ailleurs, leur existence explique également la quantification de la charge électrique, c'est-à-dire pourquoi tous les électrons et tous les protons, par exemple, possèdent rigoureusement la même quantité élémentaire – le même quantum – de charge électrique.

On a beaucoup parlé de monopôle magnétique en 1983, lorsque Blas Cabrera, un chercheur de Stanford (Californie), avait affirmé

avoir détecté (le jour de la Saint-Valentin) le passage de l'un d'entre eux dans un petit (mais très astucieux) détecteur. Non confirmée, cette observation aurait en fait été due à un artefact expérimental.

Avec Macro, la chasse au monopôle prend une tout autre envergure. D'une part, par la taille du détecteur et le nombre de physiciens concernés (plus d'une centaine, en provenance de dix-huit laboratoires italiens et américains). D'autre part, par le luxe de précautions prises pour être sûr du passage d'un monopôle. Les premiers résultats obtenus, avec seulement un sixième de l'appareillage installé (les travaux ont commencé en 1989), viennent d'ailleurs d'être publiés⁽¹⁾ : aucun monopôle à signaler jusqu'à présent. Mais la chasse ne fait que commencer. D.T.

(1) *Physical Review Letters*, 31 janvier 1994, p. 608.

Publicités interdites

● De temps à autre, le ministère de la Santé fait le ménage dans le domaine des publicités pour des produits qui se disent bénéfiques pour la santé. Le *Journal officiel* du 28 janvier interdisait ainsi la publicité pour un appareil d'hydrothérapie du côlon (société Sève et société Medical Ingénierie), supposé supprimer les maladies provenant d'infections localisées «grâce à un renforcement de l'immunité naturelle» et censé aussi «diminuer le potentiel carcinogène auquel sont exposées les parois du gros intestin». Interdites également les publicités pour les bougies Hopi, pour les «touches nasales» et pour une méthode d'électrothérapie (Europe Thérapie) prétendant faire «sortir enfin de l'immobilité» un rhumatisant «en quelques séances».

Bactériologie

Mais que font-elles donc avec du manganèse ?

Beaucoup de bactéries oxydent du manganèse instable puis s'en enduisent. Comportement bizarre, qu'on a cru expliquer en supposant qu'elles entendaient ainsi se protéger contre les agressions de métaux toxiques et les ultraviolets, ou alors renforcer leur membrane.

Or, cette crème inconnue a un usage déterminé, qui n'a rien à voir avec l'Ambre solaire : les oxydes de manganèse ont la propriété de digérer des substances

organiques complexes, courantes dans le sol, qui sont, telles quelles, inutilisables par les bactéries ; ainsi lysées, elles sont alors disponibles à la «consommation» des bactéries sous forme de composés à faible poids moléculaire⁽¹⁾.

La stratégie du manganèse sert donc à la croissance des bactéries.

(1) William G. Sunda et David K. Kieber, «Oxidation of Humic Substances by Manganese Oxides Yields Low-Molecular Weight Organic Substrates», *Nature*, 6 janvier 1994.

Paléoanthropologie

Moitié plus jeune qu'Otzi

Cet homme blond a été découvert dans un état de conservation remarquable, à l'ouest de Téhéran, près du village de Hamzelou, dans la province de Zanjan. Il portait des vêtements de laine et une boucle d'oreille en or. A ses côtés ont été retrouvés une ceinture et un coureau à gaine de cuir.

Selon l'expert de l'organisation du patrimoine national iranien, il devait être âgé d'une quarantaine d'années il y a 2 600 ans. Les

traces relevées sur son visage laissent penser qu'il aurait été victime d'un éboulement dans la mine de sel où on l'a retrouvé, à quelque 25 m de profondeur.

Né à l'époque de la prise de Babylone par les Chaldéens, cet homme serait donc un contemporain de Nabuchodonosor.

C'est la première découverte de ce genre qui puisse apporter quelques informations sur les tribus qui peuplaient à l'époque les hauts plateaux de l'Iran.

Vaccin antipaludéen en 1998

- Le vaccin antipaludéen du chercheur colombien Patarroyo pourrait être disponible dans quatre ans. Les premiers essais indiquent que les enfants sont protégés dans 77 % des cas, ce qui est très appréciable (aucun vaccin ne protège à 100 %). Mais le taux moyen de protection est de 33,8 %. Néanmoins, les spécialistes recommandent la réserve dans l'attente de l'évaluation finale.

Une momie "naturelle", conservée par le sel.



El Pital, découverte majeure et cent ans de fouilles à venir

Il faudra un bon siècle pour épouser le site d'El Pital, récemment découvert au Mexique par une mission archéologique américano-mexicaine, sous la direction de Jeffrey Wilkinson. Situé dans l'Etat de Veracruz, entre les rivières Tres Bocas et Nautla, cet ancien port ne comporte pas moins, en effet, de cent cinquante pyramides et édifices divers. Les parages contiennent probablement des vestiges dont le nombre et la signification occuperont l'archéologie mésoaméricaine pendant bien des décennies encore.

Contemporain de la célèbre cité de Teotihuacan (dont le nom signifie "Où les hommes devinrent dieux"), proche de Mexico, El Pital semble, selon les données actuellement disponibles, avoir at-

teint le pinacle de son développement entre 300 et 600 de notre ère. Le site a toutefois été occupé bien auparavant, pendant de 2 500 à 3 000 ans. Ce fut un centre qui rivalisait avec Teotihuacan : d'abord par le nombre d'habitants, une vingtaine de milliers, ce qui était considérable pour l'époque ; puis par l'influence, car il existe pour les découvreurs du site de bonnes raisons de penser qu'El Pital commença non seulement avec les villes de l'intérieur mais encore avec les cités riveraines du golfe du Mexique et même d'au-delà.

Pour Wilkinson, en effet, il se pourrait que ce soient les marchands navigateurs d'El Pital qui aient introduit le maïs en Amérique du Nord, par le relais des Indiens qui occupaient alors le delta du Mississippi.

Une telle découverte éclaire d'un généreux coup de phare un grand pan de l'histoire mésoaméricaine. La reconstitution de ce que fut le couloir de civilisation allant de Teotihuacan à El Pital devrait contribuer en effet à une compréhension beaucoup plus poussée des interactions militaires et commerciales entre les cités-États mésoaméricaines et permettre de combler certaines des lacunes les plus flagrantes de notre connaissance ; ainsi de l'origine des Aztèques et des Olmèques et des raisons de l'effondrement de certaines civilisations.

Ce qu'on peut espérer aussi de cette découverte, ce sont des éléments de compréhension des rapports, toujours problématiques, entre les civilisations maya, olmèque, zapotèque et aztèque, pour ne citer que celles-là, et le reste du continent américain.

Premiers effets nocifs possibles du café

- Une étude préliminaire donne à penser qu'une consommation courante de café pourrait contribuer dans une mesure non précisée à l'ostéoporose des femmes après la ménopause. Mais cet effet serait annulé par l'adjonction de lait dans le café. Une autre étude, reprenant le thème des effets du café sur la grossesse, contredit les conclusions d'études précédentes : le café augmenterait les risques de fausse couche.

Les bactéries, travailleuses du plastique

- David Tirrell, de l'université du Massachusetts, se sert de bactéries pour fabriquer des polymères sur mesure, ayant exactement la longueur et la conformation dans l'espace désirées. Il a présenté sa méthode à la dernière réunion de la Materials Research Society, à Boston, en décembre dernier.

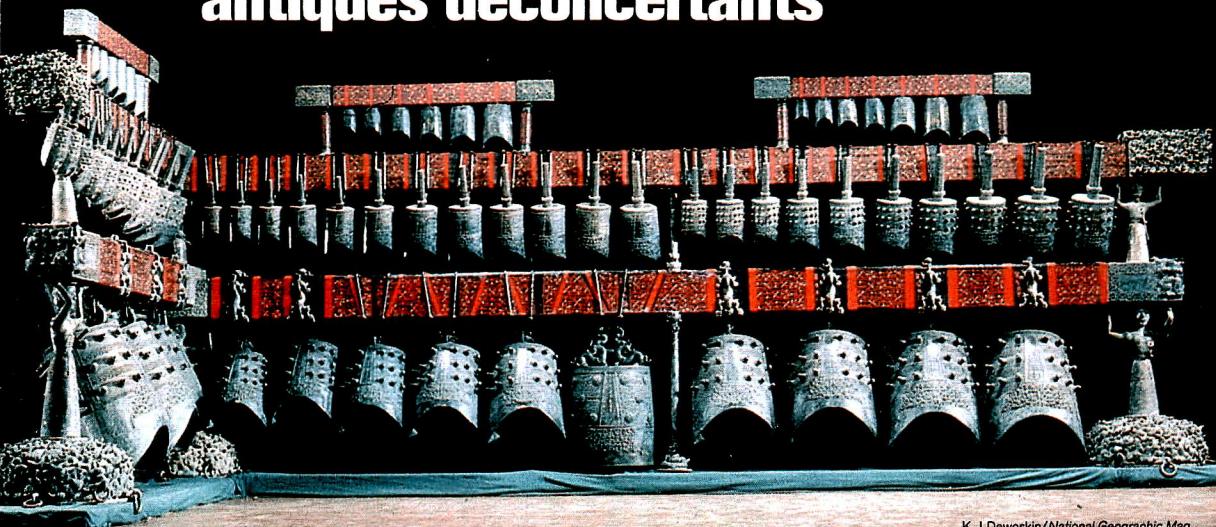
L'IDÉE LA PLUS BÈTE DE LA DÉCENNIE

- La presse raconte qu'à l'initiative d'une astrologue auprès des plus hautes instances de l'État, on créerait une chaire universitaire d'astrologie. Si des universités parisiennes en faisaient la demande, le recteur de l'Académie et chancelier des universités de Paris n'y serait pas opposé. Et pourquoi pas une chaire de rebouteux, pendant qu'on y est ?

Grand port mexicain,
El Pital aurait diffusé denrées
et culture vers le Nord.



Chine : des instruments de musique antiques déconcertants



K.J. Dewoskin/National Geographic Mag.

L'étude d'un ensemble instrumental complet, vieux de 2 500 ans, découvert en 1977 en Chine, suggère que la musique chinoise était encore plus complexe et sophistiquée qu'on ne l'avait cru jusqu'ici. Cet ensemble, qui comprend des instruments à percussion, à cordes et à vent et une série de cloches en bronze, la plus importante jamais trouvée dans des fouilles, fut mis au jour près de Suizhou (province du Hubei), dans la tombe d'un souverain local : le marquis Yi de Zeng.

Si l'on croit la revue américaine *Archaeology Magazine*, cette découverte serait, dans ce domaine, l'une des plus enrichissantes du XX^e siècle. Cet avis est fondé sur la monographie, réalisée à la fois par des archéologues chinois et des musicologues et historiens occidentaux, récemment publiée par les autorités chinoises.

Les 64 cloches sont admirablement bien coulées, chacune ayant été fondue pour produire des timbres bien définis et émettre deux notes différentes, selon la manière dont on la frappe, ce qui témoigne d'une technicité et d'une connaissance de l'acoustique étonnantes.

Les instruments à cordes et à vent sont les plus anciens de leur genre qui nous soient parvenus. Ils comprennent 25 cithares, des orgues à bouche, des flûtes de Pan et des flûtes ordinaires. Ces instruments étaient consacrés à la musique liturgique et de chambre.

Mais la découverte la plus remarquable est indubitablement celle d'un lithophone (sorte de xylophone), constitué de 41 lames taillées dans du calcaire gris. C'est le seul instrument qui soit parvenu au complet jusqu'à nous. Associé aux cloches, il permettait d'interpréter

de la musique pentatonique, c'est-à-dire une musique utilisant une échelle de cinq notes.

Enfin, les inscriptions portées sur les cloches et sur les lames du lithophone, qui indiquent pour chacune la hauteur de son qu'elle peut atteindre, sont le résultat d'une étude de mathématique élaborée. Elles sont un peu l'équivalent de ce que fut la pierre de Rosette pour déchiffrer les hiéroglyphes égyptiens. Grâce à elles, en effet, on a pu connaître les paramètres musicaux utilisés il y a 2 500 ans dans la province du Hubei.

P.R.

Physiologie végétale

La silice est bien utile aux plantes

La silice, qui est le deuxième élément naturel le plus abondant dans les sols, ne figure pas au tableau des nutriments agricoles. Erreur, affirme un chercheur américain (1) : si les plantes l'absorbent (de 1 à 10 % de silice dans les matières sèches végétales), c'est qu'elles en ont besoin. Et le fait est

que, si l'on en donne aux cultures de canne à sucre, par exemple, cela augmente leur teneur en sucre. Les études sur des plantes nourries expérimentalement sans silicium risquent donc d'être faussées.

(1) Emanuel Epstein, "The Anomaly of Silicon in Plant Biology", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, janv. 1994.

Le taxol, de part et d'autre de l'Atlantique

Notre information du numéro 916, "Une drogue anticancéreuse déçoit", a suscité une certaine émotion dans le monde médical, surtout au moment où ce médicament est commercialisé en France et alors que l'institut de chimie des substances naturelles du CNRS a mis au point un procédé de préparation en quantités « pratiquement illimitées » de taxotère, analogue du taxol, pour reprendre les termes de Pierre Potier, de l'Académie des sciences. M. Potier s'étonne, en termes un peu sévères, de la teneur de notre article : « Ecrire que la toxicité pour la moelle osseuse est considérable relève de l'exagération », dit-il, rappelant que, dans certains cas de cancers désespérés, de très nombreux médecins ont obtenu des résultats qu'ils ont eux-mêmes qualifiés de « spectaculaires ». Nous en prenons acte et faisons part à nos lecteurs de la critique d'un des responsables du produit.

Nous n'avons, pour notre part, aucun intérêt partisan, et nous estimons de notre devoir de rapporter l'information, quelle qu'en soit la teneur, sur ce sujet. Nous rappelons, ce qu'omet de faire ce correspondant, que notre article faisait spécifiquement état de sa source, à savoir un important article du *New York*

Times du 7 novembre 1993, "The Aura of a Miracle Drug Fades from a Cancer Drug" (l'auréole du miracle pâlit autour d'une drogue miracle), signé de Gina Kolata. Mme Kolata est une journaliste médicale qui fait autorité, tout comme le *New York Times*, et son rapport cite des déclarations formelles.

Celles-ci émanent d'autorités médicales telles que le Dr William McGuire, cancérologue à l'université Emory d'Atlanta, qui fut à l'origine de l'étude du taxol dans le cancer de l'ovaire. « J'ai essayé de ramener les gens à la réalité », déclare ce praticien. Je dis très clairement qu'à ma connaissance, personne n'a encore été guéri du cancer par le taxol. »

Le Dr Charles Moertel, cancérologue à la Mayo Clinic, aux Etats-Unis, déclare que « le taxol n'a pas encore fait ses preuves ». Le Dr Beth Karlin, spécialiste du cancer de l'ovaire et directrice du Gilda Radner Ovarian Detection Center Progral de l'université de Californie, à Los Angeles, déclare : « Nous nous sommes calmés. Le taxol n'est pas une panacée, ce n'est pas la pénicilline que nous cherchons. » C'est encore elle qui déclare spécifiquement que « le taxol est beaucoup plus毒ique pour la moelle osseuse que le traitement classique. Il peut

modifier la possibilité de quitter l'hôpital pendant plusieurs jours et celle de mener une vie normale. » Entre autres effets secondaires, Gina Kolata rapporte que les femmes qui reçoivent le traitement classique ne perdent pas tous leurs cheveux, mais que toutes les femmes qui prennent le taxol perdent tous leurs cheveux.

Il est certain que, comme le relève le Dr Samuel Broder, le taxol agit dans des cas rebelles aux autres traitements, et c'est ce qui a suscité des espoirs excessifs. Il est également certain qu'un plus grand taux de patientes (26 %) réagissent au taxol qu'au traitement classique cisplatine et cytoxan (19 %). Mais il est aussi certain que, selon le Dr Eric Rowinsky, le taxol est une drogue active (*active drug*) et non un remède (*cure*). En témoigne le fait que le temps moyen de rechute après un traitement au taxol est de dix-huit mois (contre quatorze pour le traitement classique).

La firme pharmaceutique Bristol-Myers Squibb Company, qui fabrique le taxol, a déclaré par la voix de Donald Hayden, vice-président des affaires médicales et directeur général de la division cancérologie, que la firme « fait de son mieux pour tempérer les débats et les espérances ».

Il nous a semblé et il nous semble toujours que ces considérations sont assez importantes pour mériter d'être rapportées, et cela d'autant plus qu'il s'agit là, comme le précise M. Potier, d'un domaine « socialement et humainement si sensible ». ■

Amnésie aqueuse

● Deux chercheurs britanniques ont publié dans *Nature* (vol. 366, p. 525, 1993), hebdomadaire scientifique de référence d'outre-Manche, un article expliquant qu'ils n'ont pas réussi à reproduire des résultats annoncés par le Dr Benveniste, de célèbre mémoire (de l'eau). Ce dernier a répondu en termes courroucés, dans les colonnes d'un quotidien vespéral, que leur méthodologie était erronée et qu'ils ont manqué à la déontologie. N'ayant aucun élément nouveau qui nous permette de changer d'avis sur la question, nous la laissons en l'état.

Ont collaboré à cette rubrique :
Pierre Rossion
et Daniel Tarnowski.



► Bien que la ZX Break soit parfaitement stable,
on trouve encore quelques familles qui s'en balancent.



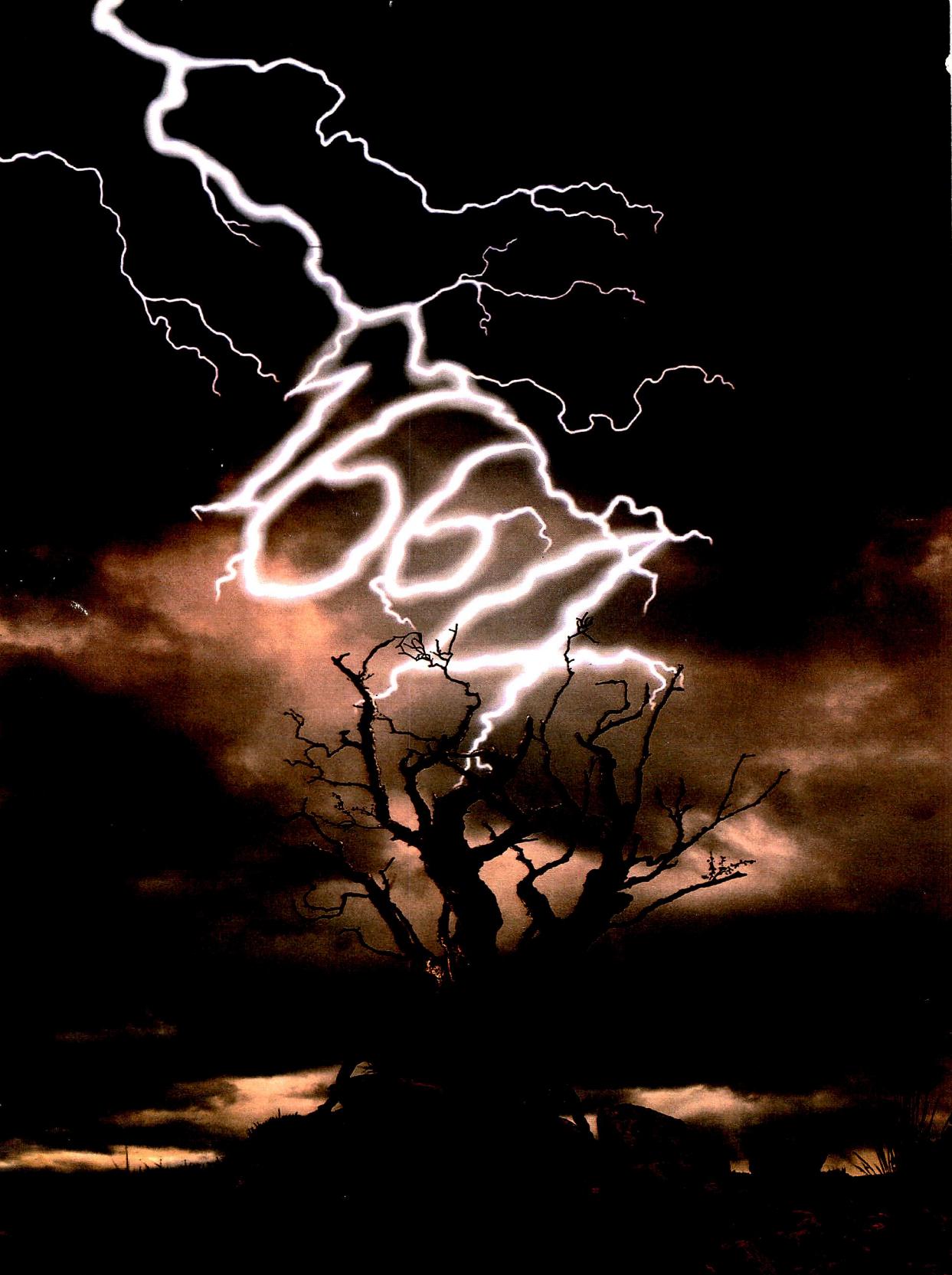
NOUVELLE CITROËN ZX BREAK A PARTIR DE 83 300F*

Malgré quelques hésitations cette famille sera sûrement sensible à la stabilité que procure l'essieu arrière autodirectionnel de la ZX Break. Et si vous leur parlez de l'espace intérieur, du grand coffre très accessible, de sa banquette arrière rabattable qui font de ce break un exemple de confort et de praticité, soyez sûr qu'il ne faudrait pas les pousser beaucoup pour qu'ils disent oui.

VOUS N'IMAGINEZ PAS TOUT CE QUE CITROËN PEUT FAIRE POUR VOUS.

CITROËN préfère TOTAL

2 versions Flash et Fugue. Motorisations essence 1.4 i et 1.6 i ou 1.9 Diesel et Turbo Diesel. 3615 Citroën.
Informations clientèle : (1) 40.45.45.44. *Tarif au 20.1.94. Modèle présenté CITROËN ZX Break Fugue 1.6 i AM 94. 97.800 F.



L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR

1664 BRUNE

LA

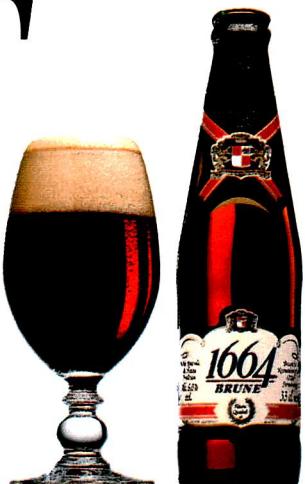
FORCE

DU

MALT

La force du Malt 1664 Brune, c'est la force d'un Malt obtenu à partir de grains d'orge soigneusement sélectionnés. C'est la force du Malt grillé et l'intensité de son arôme.

C'est la force du Malt torréfié qui donne à 1664 Brune sa couleur acajou foncé et sa robe soutenue. C'est tout l'art du Maître brasseur et tout le caractère d'une brune incomparable.



LA SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION

échos de L'ENVIRONNEMENT

Dirigés par Didier Dubrana

Nucléaire

Les jolies décharges américaines

Des millions de tonnes de combustible radioactif déposé sur des sites de stockage appartenant au département de l'énergie américain laissent échapper de la radioactivité. Ce combustible, qui avait servi à produire le plutonium et le tritium nécessaires à la fabrication de bombes atomiques, embarrasse les

autorités américaines, bien que ces zones de stockage soient éloignées des populations. Des douzaines de travailleurs du nucléaire évoluent sur les trois sites de stockage incriminés (Savannah River, Caroline du Sud ; Hanford, Washington ; laboratoire national d'ingénierie, Idaho) ont déjà été contaminés.

Coup de pub

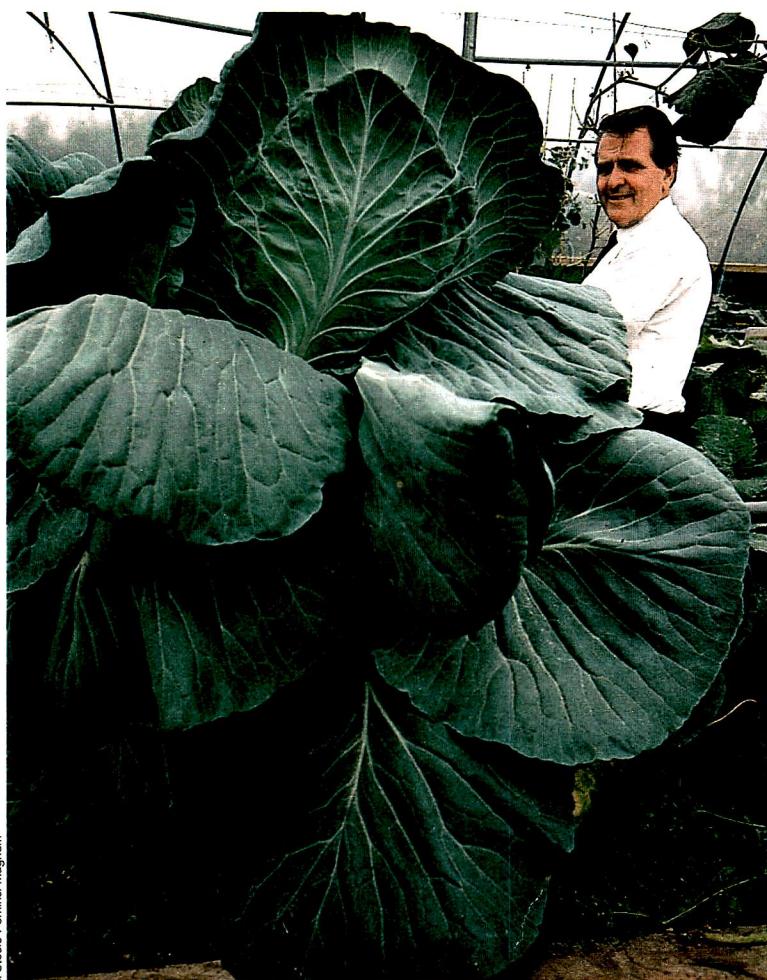
● Les magasins Jardiland, leaders français de l'animalerie, viennent de cesser la vente des tortues de Floride (*Trachemys scripta elegans*). Ces reptiles, considérés à l'origine comme inoffensifs, se sont en effet avérés de dangereux prédateurs de la faune aquatique, menaçant à terme l'équilibre des écosystèmes lacustres (voir *Science & Vie* n° 909, p. 108).

Agriculture

Le chou de Biquette

La première idée qui vient à la vue de ce chou est que c'est celui où s'était cachée la célèbre chèvre Biquette. En fait, il est le premier du genre et le représentant d'une série de légumes expérimentaux mis au point dans des instituts tels que l'INRA, en France, mais aussi dans de nombreux centres américains. Obtenus par manipulation génétique, ils devraient servir à mettre au point des végétaux qui correspondent plus aux nouveaux goûts du public : du pamplemousse rouge à peau mince à la pomme de terre pauvre en amidon, la liste s'allonge. On attend même des champignons hybrides, car on a réussi, à l'INRA, à croiser des champignons, ce qui semblait jusqu'alors impossible. G.M.

Le chou géant
issu de la
manipulation génétique.





A. Dervieux

Paysage emblématique de la Camargue, la sansouïre ouverte (du provençal *sansouïr*) disparaît progressivement en raison des aménagements hydrauliques.

Ecologie

Camargue : des digues contre nature

Les inondations carmarguaises de l'hiver dernier auront au moins servi à quelque chose : comprendre que la vie des hommes dans le delta du Rhône dépend de l'entretien des digues qui contrôlent l'entrée et la sortie d'eau douce ou salée. Mais ce régime hydrique, qui met aujourd'hui la nature au service de l'homme, s'est fait au détriment d'un patrimoine écologique unique au monde et classé "réserve de la biosphère". Agriculture, chasses privées et sites touristiques ont grignoté l'espace naturel, qui ne couvre plus que 39 % de la Camargue alors qu'il s'étendait sur 100 000 hectares après la guerre, soit 67 % de ce territoire. Plus précisément, la perte des terres sauvages s'est accompagnée d'une modification radicale des conditions écologiques du milieu (salinité, hygrométrie, etc.), donnant naissance à des biotopes artificiels et uniformes (riziculture, marais de chasse, zone maraîchère) alors que l'identité camarguaise reposait, à l'origine,

sur une mosaïque paysagère composée d'une douzaine de milieux naturels : marais temporaires salés, sansouïres ouvertes et fermées (voir photo), roselières, bois et bosquets, etc. Cette diversité ancestrale découle d'une triple influence : premièrement, la topographie décroissante du nord au sud maintient environ 20 % des terres au-dessous du niveau de la mer. Deuxièmement, la salinité décroît du nord au sud. Et, enfin, la pédologie varie, passant du sable et limons de l'ouest aux limons et argile de l'est et du sud-est. A cela s'ajoutent de fréquentes modifications des écosystèmes dans le temps, en raison des caprices du climat régional. Un marais salé devient saumâtre, pour se transformer en milieu doux en quelques années. Telle prairie inondée peut s'assécher l'année suivante.

Mais, aujourd'hui, la maîtrise de l'eau a bloqué cette dynamique écologique, que l'on ne retrouve plus que dans quelques zones protégées comme le parc régional de

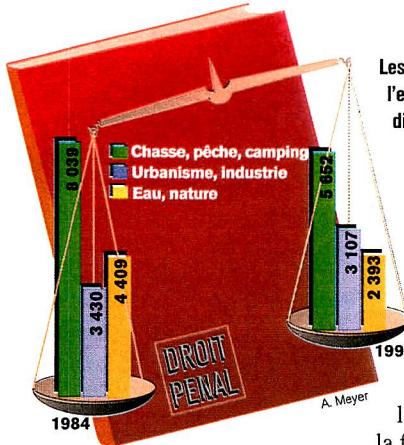
Camargue ou la réserve nationale... et encore ! En favorisant l'entrée de l'eau douce au détriment de l'eau de mer, les gestionnaires des digues répondent aux exigences économiques mais réduisent et stabilisent aussi la salinité des réserves naturelles.

Aussi, pour Alain Tamisier, chercheur au CNRS de Montpellier, «les inondations de l'hiver dernier sont bénéfiques : elles ont redonné une dynamique aux milieux par le maintien d'une certaine forme de variabilité et d'imprévisibilité des conditions qui est un élément clé de l'originalité des écosystèmes camarguais. Et, précise-t-il, la salinité du bassin du lac du Vaccarès a chuté de 15 g/l à 7 g/l en l'espace de quelques jours. Cette perturbation biologique devrait entraîner la disparition de nombreuses espèces mais aussi l'apparition de nouvelles.» Bref, une dynamique écologique typiquement camarguaise, qui n'a rien à voir avec la catastrophe écologique que certains ont bien voulu annoncer...

Droit

Le vert et le noir

La justice est-elle moins efficace qu'avant ou les Français plus disciplinés ? Toujours est-il que «le nombre des condamnations en matière d'environnement a diminué de 30 % en huit ans» (de 1984 à 1991), soulignent Pierre Lascoumes et Odile Timbart dans leur étude pour le ministère de la Justice. La protection de l'environnement représente seulement 2 % de l'activité des tribunaux judiciaires français, qui condamnent la dégradation du paysage par l'urbanisme sauvage, les délits de chasse ou de pêche et la pollution des fleuves et des rivières. En fait, la justice intervient selon trois modes. Premièrement, la «protection implicite» de l'environnement, qui concerne les infractions en matière de pêche et de chasse



Les condamnations concernant l'environnement ont diminué de 30 % en huit ans.

ou d'implantation de campings. Si les condamnations de pêcheurs et de chasseurs ont diminué des deux tiers en huit ans (de 1984 à 1991) (voir dessin ci-dessus), en revanche, le nombre d'infractions croît pour les campings, tout en restant assez limité (181 en 1991). Deuxième mode d'activité, la «protection indirecte», qui contrôle l'urbanisme et la pollution issue de l'industrie (installations classées, par exemple). Cette

dernière, représentant 28 % des infractions (toutes catégories confondues), témoigne d'une certaine inertie des entreprises, qui ne font aucun progrès alors que l'urbanisme sauvage régresse légèrement. Enfin, troisièmement, la «protection directe» défend la faune, la flore et les ressources en eau. Le nombre d'infractions a diminué dans ce domaine. Doit-on cette performance à l'apparition des peines d'emprisonnement qui s'appliquent désormais dans 4,6 % des cas, alors qu'elles étaient inexistantes en 1984 ?

Piscines radioactives

- **1 306 tonnes de déchets nucléaires dorment actuellement dans les piscines jouxtant les neuf centrales nucléaires espagnoles. Mais, au rythme actuel de production, la place viendra à manquer dans tout juste deux ans.**

Biopesticides

L'arbre tueur d'insectes

L'Inde se lance dans la production industrielle d'un biopesticide naturel à partir de graines de margousier (*Azadirachta indica*). Cet arbre de 10 à 15 m de haut, originaire de Birmanie et d'Inde, colonise aujourd'hui l'ensemble des régions arides et semi-arides d'Asie et d'Afrique. Il est utilisé

d'ordinaire comme bois de chauffe ou de construction, mais c'est ici la richesse en huile de la graine qui intéresse les industriels. Elle contient en effet un insecticide puissant, l'azadirachtine, qui tue 200 espèces d'insectes. En revanche, cet extrait de margousier est inoffensif pour les mammifères, les oiseaux et les insectes utiles tels que les abeilles.

L'unité de production sera basée à Tumkur, dans l'Etat de Karnataka, au sud de l'Inde. Elle utilisera 20 tonnes de graines par jour.

Les graines de ce margousier vont servir à la fabrication d'un biopesticide naturel dans une usine du sud de l'Inde.



Le village des herbes folles

Le petit village normand de Mesnil-Durdent (23 habitants) dissimule derrière ses pommiers en fleurs et ses rideaux de hêtres un jardin insolite : celui des mauvaises herbes. Baptisé jardin des Amouhoques, du nom cauchois donné à la camomille sauvage, il regroupe 250 espèces de plantes récoltées sur les talus de la région. De la "chemise de la vierge" (*Stellaria holostea*) aux "cornes de cerf" (*Coronopus squamatus*) en passant par la "nielle des blés" (*Agrostemma githago*), ces plantes sauvages, qui ont disparu de nos campagnes en raison de l'utilisation des herbicides, sont cultivées



Ce *Geranium robertianum* est l'une des 250 "mauvaises herbes" cultivées dans le jardin des Amouhoques.

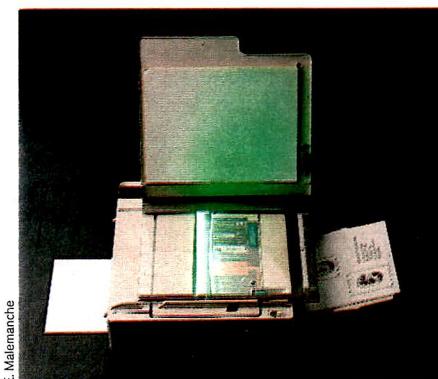
sur un terrain de 2 500 ha. A l'origine de cette initiative, quelques botanistes du pays de Caux, qui ont inventorié la flore sauvage de tous les chemins avoisinant le village avant de se lancer dans la culture systématique des "herbes folles". Un centre de documentation (1) est mis à la disposition des visiteurs, qui peuvent ainsi compléter les connaissances acquises lors du circuit botanique organisé à travers le village.

(1) Tél. : 16 35 57 14 20.

Fuites d'ozone dans les bureaux

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) s'inquiète des risques de pollution des bureaux lors de l'utilisation d'imprimantes laser et de photocopieuses (1). En effet, le rayonnement laser (imprimantes) et l'infrarouge (photocopieuses) provoquent la dissociation des molécules d'oxygène, formant de l'ozone (O_3). Ce gaz, caractérisé par une odeur âcre perceptible à partir d'une concentration de 0,01 à 0,02 ppm (partie par million), irrite les voies respiratoires et les muqueuses oculaires. Les premiers

signes d'irritation des yeux interviennent à la concentration de 0,05 à 0,1 ppm. Au-delà de 0,3 ppm, l'appareil respiratoire est attaqué. Cette gêne se manifeste par une sensation d'étouffement, une toux, des éternuements, qui dépendent à la fois de la teneur atmosphérique en ozone, de la durée et de la fréquence des expositions. Mais, par chance, la demi-vie de l'ozone décroît exponentiellement avec l'augmentation de la chaleur, qui règne souvent dans les bureaux. Cependant, une étude américaine (2) portant sur des photocopieurs montre qu'ils produisent entre 48 et 158 mg d'ozone par copie. Dans une pièce mal ventilée équipée de deux photocopieurs, la concentration d'ozone peut donc rapidement monter jusqu'à 0,2 ppm ($0,4 \text{ mg/m}^3$), soit la valeur limite d'exposition fixée par le ministère



E. Maemarche
Le flash de la photocopieuse casse les molécules d'oxygène et produit de l'ozone toxique.

du Travail. L'INRS conseille de vérifier si «les appareils sont bien équipés de filtres», d'«utiliser les machines dans un local bien ventilé» et d'«éviter de regrouper plusieurs appareils dans le même local lorsqu'il est occupé par le personnel».

(1) *Travail et Sécurité* n° 520 : "Emission d'ozone par les photocopieurs et les imprimantes laser", P. Huré et X. Rousselin.

(2) Hugues D., "The Toxicity of Ozone", *Occupational Hygiene Monograph* n° 3, London, Review Ltd, 1979.

P o l l u t i o n

«Je roule contre vous !»

Croissance économique et protection de l'environnement n'ont jamais fait bon ménage. Edouard Balladur souhaite relancer l'industrie automobile en versant un chèque de 5 000 F aux Français se séparant de leur vieille "Titine" de plus de dix ans. Or, selon l'Institut français de l'environnement (IFEN), la voiture particulière est la principale responsable de la pollution de l'air des villes, et pour cause : le parc automobile a augmenté de 25 % en douze ans (le parc automobile atteignait 24 millions de voitures en 1992). Résultat : alors que l'utilisation de l'essence sans plomb ou du pot catalytique aurait pu laisser respirer les citadins, l'augmentation régulière des oxydes d'azote (NO et NO_2) empoisonne désormais les villes. Ces polluants résul-

tent de la réaction de l'oxygène et de l'azote sous l'effet de la température du moteur. Dans un deuxième temps, cette pollution " primaire" se métamorphose en pollution "secondaire" ou photochimique, les rayons ultraviolets du soleil transformant les oxydes d'azote en ozone toxique.

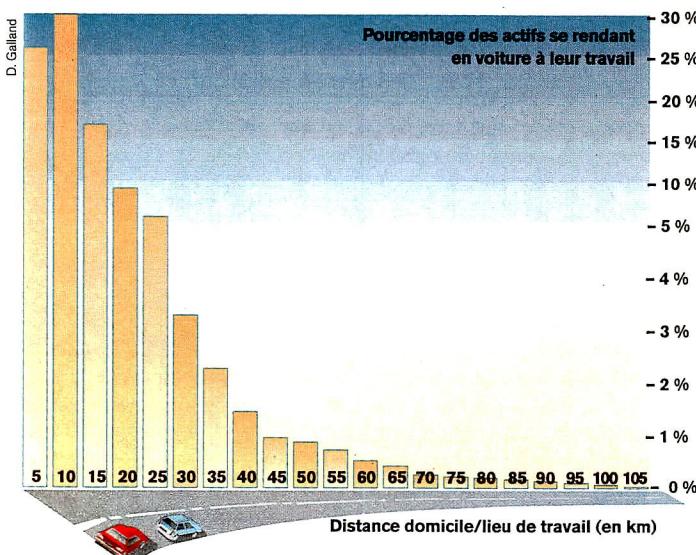
A l'avenir, deux facteurs aggravants encourageront cette pollution : l'extension des zones de peuplement industriel ou urbain (ZPIU) et le boycottage des transports en commun. En 1990, les ZPIU rassemblaient 40 millions d'habitants, soit 70,5 % des Français contre 25 % quinze ans plus tôt. Or, cette croissance des grandes banlieues provoque l'allongement et la multiplication des déplacements du domicile au travail (voir schéma ci-dessous). La distance parcourue "à

vol d'oiseau" est passée de 12,4 km à 14 km entre 1982 et 1990.

Mais c'est aussi le changement de comportement des Français qui pollue les villes. Selon une enquête de l'IFOP, «54 % des Français s'estiment aujourd'hui "contraints" d'utiliser la voiture contre 47 % en 1990». Ce en dépit d'une «augmentation simultanée de 2 % de l'offre en nombre de places et en kilométrage par les transports en commun», constate l'IFEN. Aussi, quand on sait qu'un voyageur transporté par autobus pollue de dix à vingt fois moins qu'au volant de sa voiture, la relance de l'industrie automobile dopera peut-être notre économie mais surtout le cocktail polluant des villes.

Le juste prix du papier recyclé

- La mise en place d'un label "papier recyclé" est en cours, à l'initiative de l'industrie papetière et de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie). Cela devrait remettre de l'ordre sur ce marché où règne un laxisme flagrant, au détriment de l'information des consommateurs. En effet, aujourd'hui, certains papiers dits "recyclés" ne contiennent que 10 % de fibres cellulosiques de récupération (FCR). De plus, bien que le coût de la pâte recyclée (préparée avec des vieux papiers) soit de 10 à 30 % inférieur à celui de la pâte vierge, les distributeurs ne répercutent pas cette économie sur le prix de vente...



L'extension des villes et la croissance des grandes banlieues entraîne un allongement du trajet entre domicile et lieu de travail. Les Français parcourent en moyenne de 12 à 14 kilomètres pour aller travailler.

Agronomie

Par l'odeur du chou alléché

Les Suisses aiment les choux, les mouches aussi ! Chaque année, 50 000 tonnes de choux et 4 000 t de radis, occupant une superficie totale de 2 000 hectares, sont récoltées dans la Confédération helvétique. La lutte entre l'homme et l'insecte est sévère : une dizaine d'asticots suffit à dévorer les racines d'une de ces plantes, stoppant net sa croissance. L'homme emploie donc les grands moyens : de 10 à 20 kg de pesticides par hectare de culture, à raison de trois épandages par an, à chaque période de ponte de la mouche...

Or, des chercheurs de la Station fédérale de recherche agronomique de Wädenswil viennent de trouver par quel moyen la mouche du chou, *Delia radicum*, repère le bon légume : ses pattes sont équipées de poils sensoriels qui reconnaissent



Cette mouche ① identifie le chou à la substance émanant de ses feuilles, qu'elle reconnaît grâce aux poils sensoriels de ses pattes ②

chimiquement les choux et les radis au contact de leurs feuilles. La mouche détecte ainsi deux molécules spécifiques du chou, que les chercheurs ont baptisées *Cabbage Identification Factor* (CIF).

Les chimistes sont en train d'étu-

dier la structure de ces molécules afin d'en permettre la synthèse artificielle. Il sera alors possible de lutter contre la mouche du chou en épandant un composé à base de CIF associé à des glucosinolates, substances volatiles dont l'odeur guidera la mouche vers des cultures inadéquates au développement des asticots (carottes, par exemple). Ces derniers seront alors privés de nourriture et mourront.

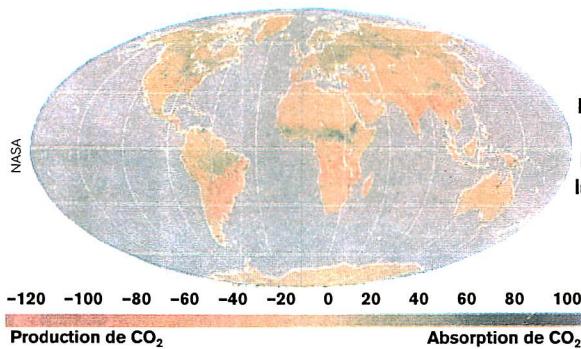
Cette économie de pesticides en Suisse s'étendra à toute l'Europe, envahie par *Delia radicum*. La même stratégie pourrait être appliquée à la cousine nordique de celle-ci, *D. floralis*, qui se laisseurrer par les mêmes molécules. La découverte des CIF permet en outre d'envisager un autre moyen de lutte contre la mouche du chou : sélectionner des variétés de chou au parfum moins séduisant pour la mouche et aux feuilles moins stimulantes pour ses petites pattes... T.P.

Et revoici l'hévéa

- La Malaisie lance un nouveau programme de plantation d'hévéas, une culture abandonnée depuis vingt ans au profit du palmier à huile, beaucoup plus rentable. La Banque mondiale vient de débloquer 70 millions de dollars pour soutenir la plantation de 90 000 ha, qui sera suivie par une autre de 50 000 ha.

Prévoyants

- Selon une enquête de l'INSEE, les Français stockent chez eux 32 kilos de nourriture et 15 litres de boisson par personne. Soit, *grosso modo*, l'équivalent de vingt-quatre jours de nourriture et de trente-six jours de boisson.



La Terre respire,
la NASA
le prouve.

Et elle tousse !

L'effet de serre est dû à l'accroissement de la concentration de gaz carbonique d'origine anthropique dans l'atmosphère. Pour comprendre son impact sur l'environnement, les chercheurs doivent tout d'abord connaître les sites de production de ce gaz et son déplacement dans l'atmosphère. Pour ce faire, la NASA a évalué la "respiration" naturelle de la Terre en utilisant

sant un modèle d'écosystème connu sous le nom de CASA. L'"inspiration" et l'"expiration" aux quatre coins du monde dépendent des variations de l'équilibre entre la consommation de CO₂ par les plantes lors de la photosynthèse et l'émission de CO₂ par les micro-organismes du sol qui décomposent

la matière organique. Ces calculs, qui prennent en compte aussi bien le type de végétation que la texture du sol, la température et le taux d'ensemencement, ont permis d'établir la carte ci-dessus, où l'on distingue les régions productrices de CO₂ (en rouge) des régions "fixatrices nettes" de gaz carbonique (en vert).

Les plantes transgéniques en liberté surveillée

Ce n'est plus de la fiction : les plantes transgéniques s'installent dans nos campagnes. Plus de 1 180 essais ont été réalisés en 1992 par les pays de l'OCDE, dans le seul but d'évaluer leurs performances en "milieu ouvert". Il s'agit de tester la résistance aux virus et aux insectes mais aussi la distance à laquelle le pollen est transporté. Ces plantes transgéniques, dans lesquelles on a introduit un caractère génétique – comme la résistance aux herbicides – par les techniques de biolo-

gie moléculaire, doivent remplacer à terme les plantes classiques de l'agriculture. Mais il y a un danger de pollution génétique ! En effet, la pollinisation croisée entre une plante transgénique et une variété sauvage apparentée peut étendre le fruit de la manipulation génétique à l'ensemble de l'espèce.

Cependant, les essais à grande échelle, sur de vastes étendues géographiques, sont le seul moyen de savoir comment se comportent, du point de vue de la sécurité, ces plantes.

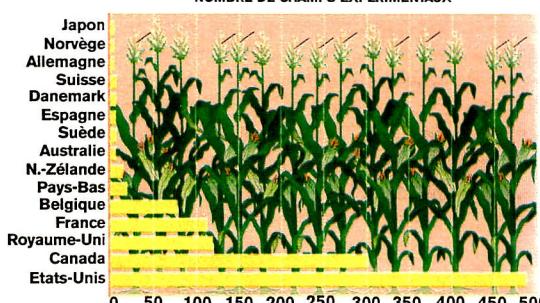
En France, ces expériences sont contrôlées par la Commission du génie biomoléculaire, qui vérifie, d'une part, l'absence de risque de transfert de gènes dans la nature et, d'autre part, "l'alimentarité" des tomates, maïs ou autres sojas obtenus, qui doivent répondre aux normes imposées par le Conseil supérieur

d'hygiène publique. Ce n'est qu'à ces deux conditions que le ministère de l'Agriculture accordera l'autorisation de mise sur le marché.

Aujourd'hui, l'essentiel (95 %) des essais réalisés sont le fait de cinq pays de l'OCDE (Etats-Unis, Canada, Royaume-Uni, France et Belgique, voir dessin ci-dessous). La tomate, le colza, le soja, la pomme de terre, la betterave, le maïs, le tabac et le coton représentent la majorité des plantes transgéniques. Mais en France on cultive également les melons, les rosiers ou le peuplier.

Le débat sur la sécurité en biotechnologie, engagé au début des années soixante-dix avec l'avènement des nouvelles techniques de biologie moléculaire, animera sans conteste le monde politico-scientifique des années à venir... D'autant que des "opérations commandos", organisées par certaines "associations écologistes", s'attachent à détruire ponctuellement en France et à l'étranger les champs expérimentaux pour souligner le danger de telles pratiques agricoles.

NOMBRE DE CHAMPS EXPÉRIMENTAUX



La mise en culture des plantes transgéniques est le passage obligé avant leur commercialisation. Dans les cinq pays leaders (voir ci-contre), le nombre d'essais en champ double tous les ans.

Ont collaboré à cette rubrique :
Gerald Messadié et Thierry Pilorge.

Vivez en intelligence avec le monde.

Abonnez-vous à
SCIENCE & VIE
pour
seulement

60 centimes
par jour*



*220 F divisés par 365 jours



BULLETIN D'ABONNEMENT

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

OUI

je m'abonne dès aujourd'hui
à **SCIENCE & VIE** et je
choisis la formule suivante

1 AN simple / 12 N° : **220 F** seulement
au lieu de 264 F*

1 AN couplé / 12 N° + 4 hors série: **295 F** seulement
au lieu de 364 F*

2 ANS simples / 24 N° : **440 F** seulement

au lieu de 528 F*

Cochez SVP *Prix normal de vente des magazines chez votre marchand de journaux
Conformément à la loi Informatique et Liberté du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

OFFRES VALABLES JUSQU'A FIN 1994 .ET RESERVEES A LA FRANCE
METROPOLITAINE.ETRANGER: NOUS CONSULTER Tel (33-1) 46 48 48 48
Vous pouvez aussi vous abonner par Minitel en tapant 3615 ABON

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____

Ville _____

Je choisis de régler par :

- chèque bancaire ou postal à l'ordre de **SCIENCE & VIE**
 carte bancaire

N° _____

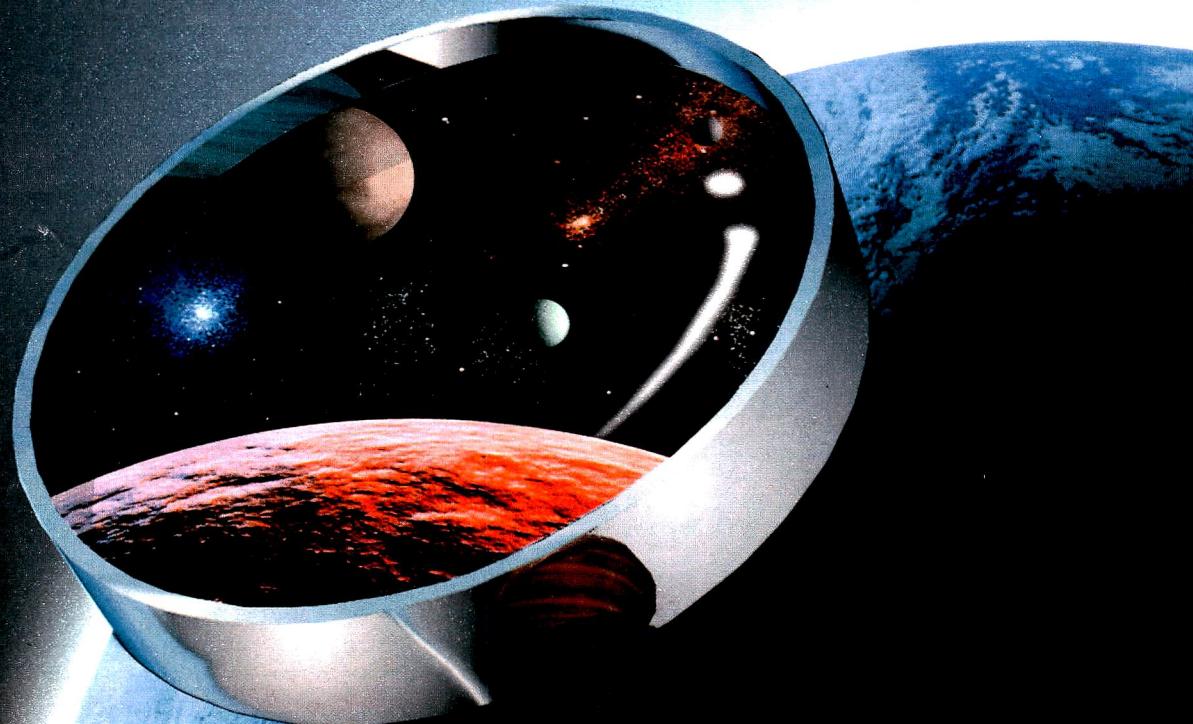
expire le mois année

Date et Signature obligatoires

NOUVEAU

La Collection Science & Vie Vidéo

Par quels miracles êtes-vous là ?



La Planète Miracle,

**pour comprendre les origines et les
grandes étapes de la formation de la terre**



n° 1



n° 2



n° 3



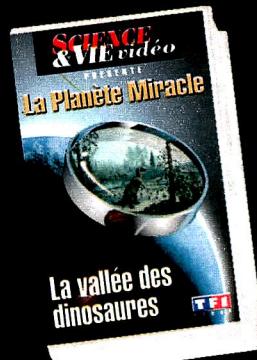
n° 4



n° 5



n° 6



n° 7



n° 8



n° 9



n° 10



n° 11



n° 12

Découpez ou photocopiez ce bon de commande et renvoyez-le à **TF1 VIDEO - B.P. 250 - 76410 SAINT AUBIN**
Indiquez ci-dessous, dans chaque case, le nombre de cassettes commandées au prix unitaire de 139 F
(+ participation aux frais d'envoi : 29 F = 1 ou 2 cassettes, 37 F = 3 cassettes ou plus)

SV01

n° 1 n° 2 n° 3 n° 4 n° 5 n° 6 n° 7 n° 8 n° 9 n° 10 n° 11 n° 12

Je commande la collection complète au prix exceptionnel de 1390 F au lieu de 1705 F, soit 12 cassettes pour le prix de 10, participation aux frais d'envoi comprise.

Je règle la somme deF à l'ordre de **TF1 ENTREPRISES** par :

Chèque bancaire ou postal

Carte bancaire n°

Expirée le :

mois

annnée

M Mme Mlle

Nom :

Prénom :

Adresse :

Code Postal : Ville

Etes-vous abonné à Sciences & Vie ? oui non

Offre valable en France métropolitaine jusqu'au 31 mai 1994

Cassette VHS SECAM durée 50'

Signature du titulaire :

Bosnie : les limites



**La guerre de Bosnie
n'est pas celle d'Irak.
L'armement *high-tech*
prépondérant lors
de ce dernier
conflit se révèle, dans
les conditions de
l'ex-Yougoslavie, plus
difficile à utiliser.**

Voici pourquoi.

Quelle efficacité peut-on attendre de toute la panoplie déployée pour protéger la Bosnie : satellites

de la technologie



C. Lacroix

de reconnaissance, avions sans pilote, avions radars, etc. ?

PAR GERMAIN CHAMBOST

En février dernier, pour appuyer l'ultimatum lancé aux Serbes qui assiégeaient Sarajevo, les forces de l'OTAN avaient déployé quelque deux cents avions de combat de diverses nationalités sur des aérodromes italiens, mais aussi en France (Istres, dans les Bouches-du-Rhône), et sur les porte-avions Saratoga (Etats-Unis), Ark Royal (Grande-Bretagne), et Foch (France) qui croisaient dans l'Adriatique. Une telle armada aérienne, composée d'avions qui figurent parmi les plus modernes de la panoplie des différentes armées de l'air concernées et dotés d'équipements les plus sophistiqués, ainsi qu'on le verra plus loin, a de quoi impressionner par son importance.

En réalité, si l'on se rappelle qu'il s'agissait seulement de contraindre les Serbes à déplacer les trois cents pièces d'artillerie disposées autour de la capitale bosniaque, pareil déploiement permet de mesurer la difficulté de la tâche qui était assignée aux appareils de l'OTAN. Rien à voir, en effet, avec ce qui s'était passé durant la guerre du Golfe, laquelle sert souvent de référence et de comparaison. En Irak, le système de défense était un système intégré, à l'occidentale, pourrait-on dire. Les ordres partaient de Bagdad, du P.C. enterré de Saddam Hussein. Ils étaient acheminés jusqu'aux échelons intermédiaires de commandement et aux troupes de première ligne, face aux soldats de la coalition alliée, par un réseau de communication terrestre (réseau hertzien, réseau filaire), sans recours, bien entendu, à un ou des satellites de télécommunications.

C'est dire que ce système de commandement était extrêmement vulnérable aux attaques aériennes, les antennes et les relais de transmission constituant des cibles toutes désignées pour les appareils alliés. Il en allait de même pour le système d'alerte ou de conduite de tir des batteries d'artillerie irakiennes, à base de radars. Facilement repérables à vue par les avions de reconnaissance, ou par les avions d'écoute électronique qui captaien leurs émissions lorsque ces radars étaient en fonctionnement, les antennes et les postes de tir qui leur étaient associés devenaient des cibles faciles.

Ce n'est pas un hasard si, durant près d'un mois, l'aviation alliée s'est acharnée sur ces cibles-là, dé-

suite de la page 37

truisant ainsi peu à peu ce qui composait le véritable système nerveux de la défense irakienne. Une fois celui-ci endommagé, au point de ne plus fonctionner que par intermittence ou avec des performances largement dégradées, la tâche des troupes au sol s'en est trouvée facilitée. D'autant plus que le territoire du Koweït, ainsi que celui de l'Irak dans sa partie méridionale, est composé de larges plaines et parcouru de routes et autoroutes qui constituaient de véritables boulevards pour les colonnes blindées.

Il en va tout autrement sur le territoire de l'ex-Yougoslavie et en particulier de la Bosnie. Le pays est montagneux, avec des chaînes élevées orientées nord-ouest sud-est dessinant des vallées qui communiquent entre elles par de rares passes encaissées, propices aux embuscades. Durant la Seconde Guerre mondiale, les Allemands avaient déployé près de cent mille hommes dans la région, et ils n'ont jamais pu venir à bout des partisans de Tito. Serbes, Croates et Bosniaques engagés dans le conflit actuel ont d'ailleurs adopté les mêmes méthodes de combat les uns contre les autres.

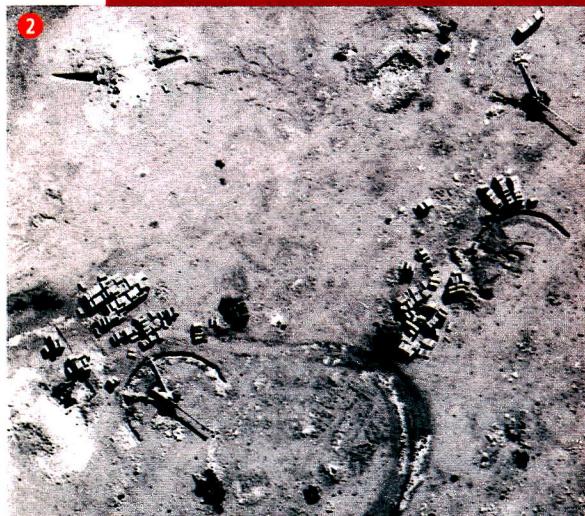
Il ne s'agit donc pas d'une guerre moderne, mais plutôt d'une guerre de partisans, ou d'une guerre de siège, avec encerclement de villes (notamment Sarajevo) ou de poches, zones plus ou moins larges où se sont réfugiés des adversaires (Bihac). Pas, ou presque pas de commandement intégré, doté d'un réseau complexe de communication : les unités sur le terrain jouissent d'une assez grande autonomie, sinon d'une totale indépendance. Impossible donc d'espérer les paralyser en frappant à la tête du dispositif (par ailleurs extrêmement lâche).

Pour s'en tenir à l'exemple de Sarajevo, assez représentatif de la situation actuelle dans la totalité de la Bosnie, les Serbes avaient réparti leur artillerie en autant d'emplacements de tir qu'ils avaient de canons de 120 ou 155 mm (le chiffre désigne le diamètre des obus) ou de mortiers lourds (80 ou 120). Mieux (ou pire !), même, chaque pièce pouvait être déplacée sur plusieurs emplacements préparés à l'avance. Ce qui fait qu'un avion d'attaque, appelé pour effectuer une mission d'appui-feu et détruire un canon qui venait de tirer sur la ville ou sur les troupes de l'ONU, pouvait très bien ne plus trouver personne à l'endroit qui lui avait été désigné au moment où il décollait de sa base terrestre ou de son porte-avions..

D'où l'importance des moyens de reconnaissance mis en place dès le début de l'opération Deny Flight (interdiction de survol) au mois d'avril 1993. Cette opération, on le sait, vise à interdire que des appareils serbes, notamment (les



Mutte Désense



Marine nationale

Zoom avant et arrière

Les photos prises par satellite d'observation (1 Sarajevo vu par SPOT) permettent de repérer les positions des différents belligérants. Mais, pour fournir aux pilotes des avions de combat des clichés précis de leurs objectifs, il faut recourir aux appareils de reconnaissance à basse altitude (2).

Bosniaques n'ont pas d'aviation de combat), viennent s'en prendre aux troupes, mais aussi et surtout aux villes musulmanes.

C'est dans le but d'assurer une telle interdiction que deux avions radars AWACS (Airborne Warning And Control System, système aéroporté d'alerte et de contrôle) tournent en permanence, l'un au-dessus de l'Adriatique, l'autre au-dessus du lac Balaton, en Hongrie. Leur rôle est de détecter tout intrus qui viole l'interdiction de survol et de guider vers lui les appareils d'interception de l'OTAN, dont certains effectuent des missions de surveillance en vol, de jour comme de nuit, attendant d'être appelés pour intervenir.

Dotés d'un radar qui fonctionne en mode Dop-

pler, les AWACS sont capables de détecter toutes les cibles aériennes mobiles, avions comme hélicoptères. Les autorités de l'OTAN, à Naples, assurent que depuis que Deny Flight est en place, aucun avion non autorisé n'a survolé impunément la Bosnie. De fait, les quatre avions serbes qui s'y sont risqués fin février, près de Banja Luka, ont été abattus par des F-16 américains agissant pour le compte de l'ONU. En revanche, quelque cinq cents vols d'hélicoptères ont été repérés, la plupart étant des vols "taxi", pour reprendre la terminologie militaire, c'est-à-dire des vols d'évacuation sanitaire ou de transport... banal.

Parallèlement à ces missions de surveillance, les appareils de l'OTAN ont effectué de nombreuses missions de reconnaissance, afin de repérer et photographier, entre autres, les emplacements des pièces d'artillerie des belligérants. C'est le cas, notamment, des appareils de reconnaissance français Mirage F1 CR, basés dans le nord de l'Italie. Entré en service voilà une dizaine d'années, le Mirage F1 CR est équipé d'un système de navigation inertiel et d'un radar Cyrano IV MR air-sol (donnant au pilote une représentation du terrain survolé) qui lui permettent de naviguer avec précision de manière entièrement autonome. Un avion de reconnaissance travaille seul, sans appui extérieur, et le plus souvent à basse altitude, à la fois pour éviter d'être repéré par les radars adverses et pour mieux repérer les objectifs qui lui sont assignés.

Pour photographier ceux-ci, le Mirage F1 CR est doté de caméras optiques. Soit de l'OMERA 33, qui photographie le sol à la verticale de l'avion. Soit de l'OMERA 40, qui effectue des prises de vues d'horizon à horizon et dispense le pilote d'avoir à viser (on photographie toute une zone et non un point précis). Inconvénient : il faut attendre le retour de l'avion à sa base et le développement des photographies pour disposer des renseignements recueillis. D'où une perte de temps évidente. De plus, compte tenu des conditions météorologiques qui règnent en Europe, ce type de capteur ne peut être utilisé que le tiers du temps.

Cependant, le Mirage F1 CR est équipé du radar RAPHAEL/SLAR 2 000, fabriqué par la société Thomson et qui permet, lui, de s'affranchir de ces contraintes. En effet, le SLAR 2 000 (Sideways Looking Airborne Radar) est un radar dit à balayage latéral : le pinceau du radar est émis latéralement, pendant que l'avion longe la zone à photographier. Le déplacement de l'avion se combine avec le balayage du radar et permet d'observer une très large bande de terrain. Les échos émis en retour par le sol (relief et installations diverses...) sont traités à bord de la nacelle

installée sous le ventre de l'appareil de reconnaissance et stockés dans des enregistreurs embarqués. Ils sont envoyés en temps réel vers une station au sol qui les exploite immédiatement. Durant la guerre du Golfe, ce type de renseignement avait été extrêmement apprécié par le commandement allié, car les Mirage F1 CR étaient parmi les seuls à pouvoir les fournir. On peut supposer qu'il en va de même aujourd'hui dans l'ex-Yugoslavie. Notamment lorsqu'il s'agit de repérer les emplacements des batteries serbes.

Cependant, le relief très tourmenté de la Bosnie gêne parfois les prises de vues optiques, ou même radars. Sans oublier que le survol à basse altitude des positions des belligérants fait courir des risques certains aux avions et aux pilotes. D'où l'idée de faire appel à des appareils de reconnaissance sans pilote, des UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*), petits appareils propulsés par un moteur à hélice et dotés de caméras optiques ou infrarouges.

Ainsi, les Américains, et plus précisément la CIA, leur agence de renseignements, ont-ils utilisé des Gnat-750, avions sans pilote fabriqués par la société General Atomics, depuis... l'Albanie. Pourquoi depuis l'Albanie ? Tout simplement parce que l'Italie, pourtant membre de l'OTAN, a refusé à la CIA le droit d'opérer ces petits avions espions à partir des bases italiennes.

Quoiqu'il en soit, la CIA avait calculé qu'au prix de 10 millions de dollars pour deux exemplaires du Gnat-750 plus la station de réception et de transmission des données le système revenait beaucoup moins cher que le recours à des satellites espions. Et qu'il permettait d'obtenir des clichés à la demande, au moment jugé le plus opportun, alors qu'avec les satellites on se trouve soumis au rythme des passages au-dessus des zones à photographier. Cependant, il semble que l'expérience n'ait pas été très concluante, les nuages qui recouvraient la Bosnie durant les mois d'hiver gênant l'observation. La CIA a, semble-t-il, renoncé à ce type d'opérations au bout d'une dizaine de missions.

Les Français, eux aussi, ont fait appel à des avions sans pilote. Mais, cette fois, pour le compte de l'ONU et depuis la Bosnie même. Très précisément depuis leur base de Velika Kladusa, située dans la poche de Bihać, où 240 000 Musulmans se trouvent encerclés par les Serbes. Les engins utilisés sont des FOX AT 1 de la société CAC Systèmes. Il s'agit d'un UAV entièrement automatique conçu pour effectuer des missions à moyenne distance. Son autonomie de vol dépasse les 90 minutes et sa vitesse de croisière est de 90 noeuds, soit 165 km/h, à une altitude comprise entre 300 et 14 000 pieds (100 et 4 500 m). Durant ►

suite de la page 39

le vol, il transmet en direct des images vers une station au sol, ainsi que ses paramètres de vol (vitesse et altitude) et sa position (fournie par son système GPS, ou Global Positioning System), qui fait appel à un réseau de satellites et dont la précision est de quelques dizaines de mètres). A l'issue de la mission, il est récupéré par parachute et reconfiguré pour un éventuel nouveau vol.

Vu les moyens de reconnaissance mis en œuvre en Bosnie, on peut supposer que les forces de l'ONU et de l'OTAN ne manquent pas de renseignements sur les positions respectives des belligérants, sur l'importance et le type de leurs armements et sur les manœuvres auxquelles ils peuvent se livrer. Cependant, encore une fois, il ne faut pas perdre de vue que la configuration du terrain, la dispersion des armes, le camouflage, dans lequel Serbes, Croates et Musulmans sont passés maîtres, imposent le recours à des moyens variés et très sophistiqués pour repérer les positions des uns et des autres et suivre leur évolution.

On saisit mieux encore la difficulté

de la tâche des troupes au sol de l'ONU et des pilotes de l'OTAN quand on pense au problème du simple repérage des responsables des tirs d'artillerie. Cela afin de déterminer qui, par exemple, est à l'origine de tel ou tel bombardement, comme celui qui a fait soixante-huit morts et deux cents blessés dans un marché de Sarajevo.

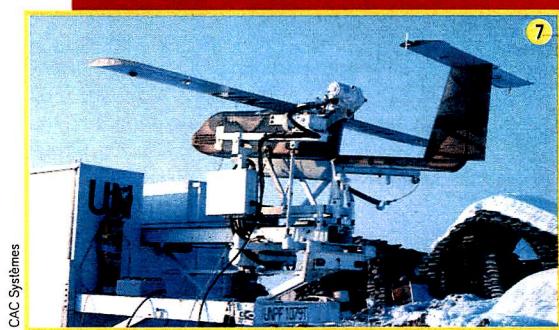
Il existe, certes, des radars capables d'opérer précisément ce type de repérage, mais ceux dont disposait l'ONU à Sarajevo jusqu'au début du mois de février, d'origine soviétique, étaient de qualité médiocre. Dénommés radars de trajectographie, ces matériels sont en général associés à des groupes d'artillerie chargés d'effectuer ce que l'on appelle des tirs de contre-batterie. En clair, il s'agit de déterminer, à partir de deux points situés sur la trajectoire d'un obus, l'origine exacte de celui-ci. Objectif : répliquer sans tarder aux canons ou aux mortiers à l'origine du tir, afin de les neutraliser. Ce radar de type classique repère l'obus, puis un calculateur donne le point de départ du projectile en fonction de la parabole décrite par ce dernier.

Pour pallier les déficiences des radars de trajectographie soviétiques, l'OTAN a décidé, début février, de dépêcher sur place quatre radars britanniques Cymbeline, fabriqués par Thorn-EMI Electronics. Leur portée utile est de douze à quinze kilomètres, et ils sont efficaces en particulier contre les obus de mortier. Ces derniers ont une trajectoire très courbe (l'obus monte sous un fort angle avant de redescendre), qui



LE DISPOSITIF DE L'OTAN

Deux cents appareils de combat de l'OTAN ont été déployés à proximité de l'ex-Yougoslavie, dont une soixantaine armés de bombes et missiles à guidage laser, comme ce Mirage 2000 1, qui porte des missiles AS 30 L 2. Pour les lancer, le pilote utilisera son pod de désignation laser ATLIS 3, qui "marquera" l'objectif. Ou encore ce Mirage F1 CT d'attaque au sol 4. Tous ces avions sont stationnés sur des bases italiennes, françaises ou à bord de porte-avions en mer Adriatique 5. Pour



comporte de ce fait une phase assez lente en sommet de trajectoire, facilitant ainsi le repérage. En revanche, les obus des canons sont beaucoup plus difficiles à localiser, à cause de leur vitesse hautement supersonique et de leur trajectoire nettement plus tendue.

Les Américains, de leur côté, disposent d'un radar de trajectographie baptisé Firefinder ("détecteur" de feu). Malheureusement, pour être pleinement efficace, ce radar doit être mis en œuvre par du personnel très entraîné. Or, on le sait, les Américains se refusent à déployer des troupes au sol en Bosnie. De plus, pour surveiller, par exemple, la totalité de la zone de Sarajevo, ce ne sont pas quatre radars qu'il faut mais bien des dizaines... De quoi faire regretter à l'armée française de ne pas encore disposer du radar de contre-batterie Cobra (attendu vers 1998), capable de "traiter" quelque quarante batteries adverses en moins de deux minutes.



4



BASES AÉRIENNES ET FORCES NAVALES DE L'OTAN (nationalité des avions et des bâtiments)

- | | | | |
|-----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| a Aviano (US) | e Villafranca (Holl.) | i Brindisi (US) | m Pte-av. Ark Royal (GB) |
| b Istrana (Fr.) | f Cervia (Fr.) | j Pte-av. Foch (Fr.) | n Pte-av. Clemenceau (Fr.) |
| c Vicenza (Fr.) | g Gioia del Colle (GB) | k Crois. USS Dale (US) | |
| d Ghedi (Turq.) | h Sigonella (US) | l Pte-av. Saratoga (US) | |



5

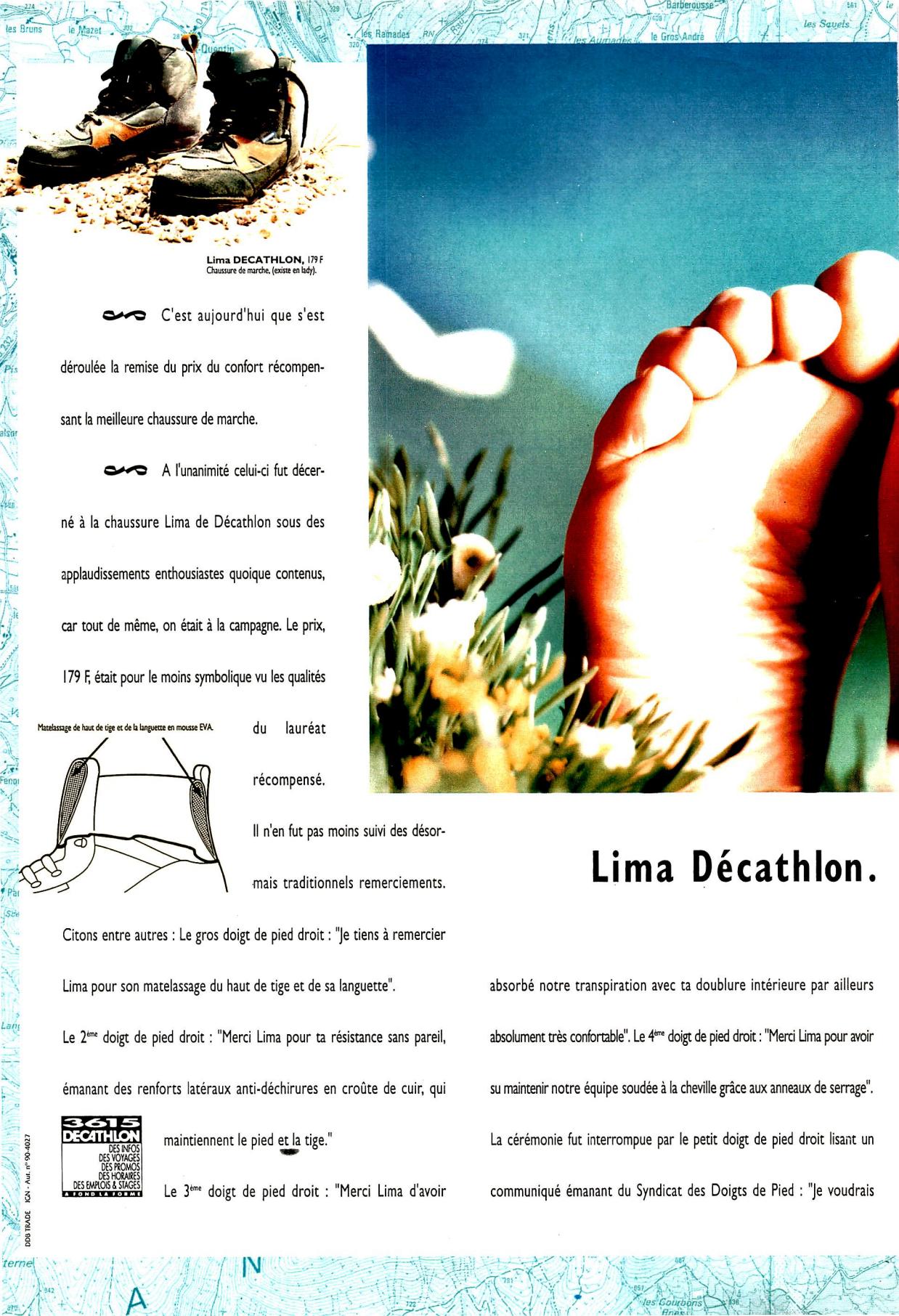
repérer les objectifs disséminés dans des zones montagneuses, les avions de reconnaissance utilisent des caméras optiques ou infrarouges, mais aussi l'imagerie radar, comme pour ce Mirage F1 CR 6 équipé d'un SLAR (Sideways Looking Airborne Radar). Un faisceau radar émis de manière oblique donne une image en relief du terrain et des installations (artillerie, chars, bâtiments, casernes) qui y sont implantées, tout en permettant à l'avion de rester à l'extérieur de la zone surveillée. Lorsque des photos doivent être prises à la verticale (pour obtenir les distances exactes entre différents points), on fait appel à des avions sans pilote 7. Ils sont petits, discrets (fabriqués en matériaux composites, ils sont difficiles à détecter par les radars adverses), et, surtout, ils évitent de risquer la vie des équipages.

Une fois les objectifs repérés, il reste à... les détruire. Or, vu le contexte particulier de la zone d'action, avec notamment l'imbrication des belligérants au milieu des populations civiles, seules des armes très précises pourraient être employées. En l'état actuel de la technologie militaire, seules des armes à guidage laser répondent à de tels critères.

On connaît le principe des armes à guidage laser : l'objectif est "illumine" par un pinceau extrêmement fin de lumière infrarouge (invisible par l'homme) qui dépose, en quelque sorte, une tache sur la cible. L'arme elle-même est équipée d'un autodirecteur, ou "tête chercheuse", qui la dirige vers la tache. Cette arme peut être une bombe qui, une fois larguée par l'avion porteur, suit une trajectoire courbe en chute libre. La bombe est équipée d'une voilure arrière qui augmente sa distance de plané et de gouvernes actionnées par l'autodirecteur laser. Une précision de l'ordre de cinq à sept mètres peut être atteinte.

Mais, dans la pratique, alors que plusieurs avions de l'OTAN en sont équipés et sont disponibles sur place (Jaguar, Mirage 2 000, Mirage F1 CT d'appui-feu, Super Etendard, F-18, Fairchild A-10, F-16 ou encore Tornado), les responsables militaires hésitent à faire appel à des missiles guidés par laser du fait de leur coût. On les voit mal, en effet, recourir à un AS 30 Laser pour détruire une batterie d'artillerie serbe. D'autant que ces batteries se comptent par dizaines rien qu'autour de Sarajevo.

Tel est bien, en effet, le paradoxe de la situation : les forces de l'OTAN ont déployé les armements les plus sophistiqués, les plus "high-tech", pour tenter de répondre à une situation particulièrement complexe. Les belligérants, et en premier lieu les Serbes, par la multiplicité des armes russes et par leur dispersion, narguent les Occidentaux qui n'ont pas encore effectué la "reconversion" qui s'impose pour faire face à ce genre de conflit sans engager de personnel au sol... ■



Lima DECATHLON, 179 F
Chaussure de marche. (existe en lady).

∞ C'est aujourd'hui que s'est déroulée la remise du prix du confort récompensant la meilleure chaussure de marche.

∞ A l'unanimité celui-ci fut décerné à la chaussure Lima de Décathlon sous des applaudissements enthousiastes quoique contenus, car tout de même, on était à la campagne. Le prix,

179 F, était pour le moins symbolique vu les qualités

Matelassage de haut de tige et de la languette en mousse EVA

du lauréat

récompensé.

Il n'en fut pas moins suivi des désor mais traditionnels remerciements.

Citons entre autres : Le gros doigt de pied droit : "Je tiens à remercier Lima pour son matelassage du haut de tige et de sa languette".

Le 2^{me} doigt de pied droit : "Merci Lima pour ta résistance sans pareil, émanant des renforts latéraux anti-déchirures en croûte de cuir, qui

maintiennent le pied et la tige."

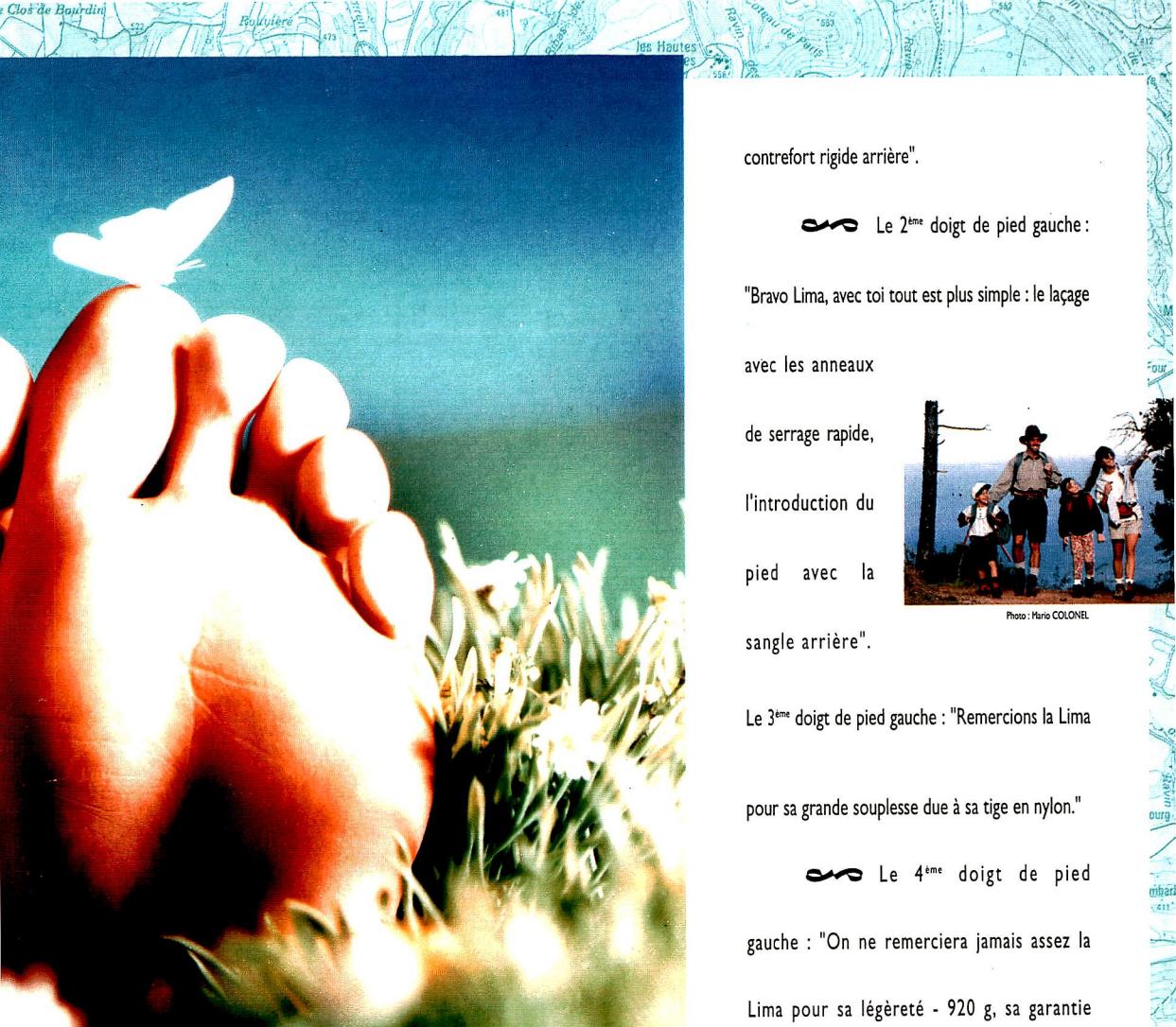
Le 3^{me} doigt de pied droit : "Merci Lima d'avoir

absorbé notre transpiration avec ta doublure intérieure par ailleurs

absolument très confortable". Le 4^{me} doigt de pied droit : "Merci Lima pour avoir su maintenir notre équipe soudée à la cheville grâce aux anneaux de serrage".

La cérémonie fut interrompue par le petit doigt de pied droit lisant un communiqué émanant du Syndicat des Doigts de Pied : "Je voudrais

3615
DECATHLON
DES INFOS
DES VOTAGES
DES PROMOS
DES HORAIRES
DES EMPLOIS & STAGES
www.decathlon.com



contrefort rigide arrière".

∞ Le 2^{ème} doigt de pied gauche :

"Bravo Lima, avec toi tout est plus simple : le laçage

avec les anneaux

de serrage rapide,

l'introduction du

pied avec la



Photo : Mario COLONEL.

sangle arrière".

Le 3^{ème} doigt de pied gauche : "Remercions la Lima

pour sa grande souplesse due à sa tige en nylon."

∞ Le 4^{ème} doigt de pied

gauche : "On ne remerciera jamais assez la

Lima pour sa légèreté - 920 g, sa garantie

d'un an sur les couleurs et les coutures, ses modèles junior,

lady (jusqu'au 42) et homme (jusqu'au 47), ses différents

coloris... Et quand on pense que Décathlon propose encore

28 modèles de marche et trekking de 179 F à 659 F, on ...laissez-

moi parler !" Le petit doigt de pied gauche : "Hé ... je ... suis...

excusez-moi,

l'émotion !"

Rideau.

CHAUSSURES

DECATHLON

A FOND LA FORME

Dix fois merci.

profiter de cette cérémonie pour appeler à l'adhésion totale avec la

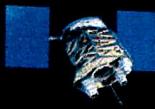
semelle Lima, si travailleuse. Adhérons à la

semelle des 35 heures !" Le gros doigt de pied

gauche : "En tant que gros je voudrais saluer la performance de la Lima

en matière de résistance : semelle cousue à l'avant, renfort à l'avant,





Météorites

Les Américains lèvent le secret



Ces quinze dernières années, plus d'une centaine de météorites ont explosé dans la haute atmosphère, dégageant autant d'énergie que des bombes atomiques. C'est ce que viennent de révéler les services d'espionnage américains. Des signes célestes à ne pas négliger.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

Depuis toujours, il est de bonne guerre de savoir ce qui se passe dans les pays voisins, ce qui suppose d'y avoir des informateurs sur place. L'aviation allait beaucoup simplifier une partie du problème, puisqu'il suffit de prendre des photos de très haut pour avoir déjà une idée de ce qui se trame sur le terrain. Mais l'avion reste détectable et vulnérable. Le satellite artificiel allait complètement modifier l'art d'espionner le voisin : il voit tout de bien plus haut, en restant pratiquement hors de portée de toute intervention adverse. Et, très vite, une des principales missions confiées aux satellites fut la surveillance et la détection des lancements de missiles et des essais atomiques : l'éclair d'une explosion nucléaire est relativement aisément identifiable, de même que la flamme d'un moteur de fusée.

Les Américains mirent ainsi autour de la Terre tout un essaim de satellites géosynchrones de première alerte, qui surveillaient le sol du haut de leurs 36 000 km d'altitude. Pendant plus de quinze ans, ces satellites notèrent toute lueur un peu violente, et les ingénieurs du programme ne tardèrent pas à s'apercevoir que, parmi tous les éclairs enregistrés, il y en avait bon nombre qui n'avaient rien d'atomique malgré la puissance dégagée. En fait, il s'agissait de grosses météorites qui explosaient dans la haute atmosphère. Mais, cela, il fallut parfois des mois pour s'en assurer, tant la lueur était fulgurante. De plus, les mesures faites montraient que l'énergie libérée était du même ordre que celle d'une bombe type Hiroshima. Ces découvertes n'étant, tout compte fait, qu'une retombée de l'espionnage militaire, et celui-ci étant par définition une activité secrète, nul ne souffla mot de ces fantastiques explosions de météorites.

Ce n'est qu'à la fin de l'année dernière que le secret fut levé, du moins en ce qui concerne ces observations qui ne relèvent finalement que de l'astronomie. Et c'est ainsi que l'on apprit que, de 1975 à 1992, les satellites avaient enregistré 136 explosions de ce type dans la très haute atmosphère. La Terre est donc bombardée en permanence par des météorites de bonne taille qui se désintègrent dans la haute atmosphère avec la force et l'éclat d'une bombe atomique.

C'était là une révélation, dans la mesure où l'astronomie habituelle n'avait encore jamais noté ces fulgurantes détonations. Des étoiles filantes, on en voit toutes les nuits, mais elles ont rarement un éclat qui sort de l'ordinaire. En plusieurs dizaines d'années, deux cas seulement s'étaient signalés à l'attention des observateurs par leur brillance exceptionnelle : en mars 1965, un bolide éblouissant traversa le ciel au-dessus de la rive ouest du Canada et fut aperçu par les quelques habitants qui étaient dehors cette nuit-là. Puis, en août 1972, une météorite dont le diamètre fut estimé à 80 m vint raser la Terre au-dessus des montagnes Rocheuses, à cheval sur

suite de la page 45

le sud du Canada et le nord des Etats-Unis. Pénétrant la haute atmosphère, puis ricochant sur les couches inférieures plus denses avant de repartir dans l'espace, cette météorite laissa un sillon étincelant qui fut observé en plein jour par des milliers de personnes (photo ci-contre).

En trente ans, cela ne fait que deux observations, alors que les satellites ont repéré plus d'une centaine de bolides rutilants en moitié moins de temps. Autant dire que la plupart de ces phénomènes pourtant remarquables passent complètement inaperçus au sol. En fait, la chose s'explique aisément : si on se reporte à la carte des impacts sur l'atmosphère relevés par les satellites (page ci-contre), on voit qu'une bonne partie de ceux-ci se sont produits au-dessus des océans ou de régions peu habitées. De plus, le phénomène ne dure qu'une seconde au plus : même s'il a l'éclat du Soleil, et qu'il survient de jour quand tout le monde est levé, cela laisse peu de temps à l'observation. Sans compter qu'il faudrait, pour apercevoir le bolide qui se volatilise dans une lumière aveuglante, regarder le ciel au bon moment et au bon endroit, à condition, bien sûr, qu'il n'y ait pas de nuages. De nuit, par ciel clair, le phénomène est évidemment bien plus éclatant, mais peu de gens se promènent la nuit le nez en l'air. Les observatoires astronomiques, quant à eux, sont rivés sur une zone absolument minuscule du ciel et ne voient pas ce qui se passe à côté.

Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les plus belles étoiles filantes passent inaperçues, bien que les astronomes aient étudié depuis longtemps leur fréquence et calculé les risques qu'il y avait d'en voir une vraiment énorme se frayer un chemin de feu à travers toute l'atmosphère et venir exploser au sol dans une lueur d'apocalypse. Il y a dix ans, l'Américain Shoemaker avait publié les premières estimations déduites d'une longue étude des météorites : en moyenne, il y a tous les ans un fragment d'astéroïde ou un morceau de comète assez gros pour que l'énergie libérée par son impact sur les hautes couches de l'atmosphère soit équivalente à celle de 20 000 tonnes de TNT (trinitrotoluène, explosif détonant classique), soit la puissance d'une bombe A.

Or, les relevés faits par satellite ont montré qu'il y avait eu chaque année environ huit météorites dont la puissance était supérieure à 500 t de TNT. Pour être précis, les puissances se sont étagées de 500 t à 15 000 t, ce qui est l'ordre de grandeur des bombes atomiques tactiques. Celle qui détruisit Hiroshima correspondait à 12 000 t de TNT. Il faut ajouter que les spécialistes estiment que les satellites n'ont enregistré qu'un faible pourcentage de toutes les grosses météorites.

Pour commencer, tout ce qui est de l'autre côté de la Terre à un moment donné leur échappe. D'autre part, les caméras de surveillance balaiant le terrain de manière périodique : une météorite peut très bien tomber entre deux coups de balai successifs. En conséquence, le nombre de grosses explosions pourrait bien être dix fois plus élevé, soit une moyenne de 80 événements majeurs par an.

Bien que l'armée ait levé le secret sur ces documents, elle n'a pas indiqué quel type de satellite les avait enregistrés ni avec quels détecteurs. Néanmoins, on pense qu'il s'agit des satellites de première alerte, en orbite à 36 000 km du sol, sur lesquels sont montés deux capteurs spécialement conçus pour déceler les flammes des tuyères de missiles ou l'éclair d'une explosion nucléaire.

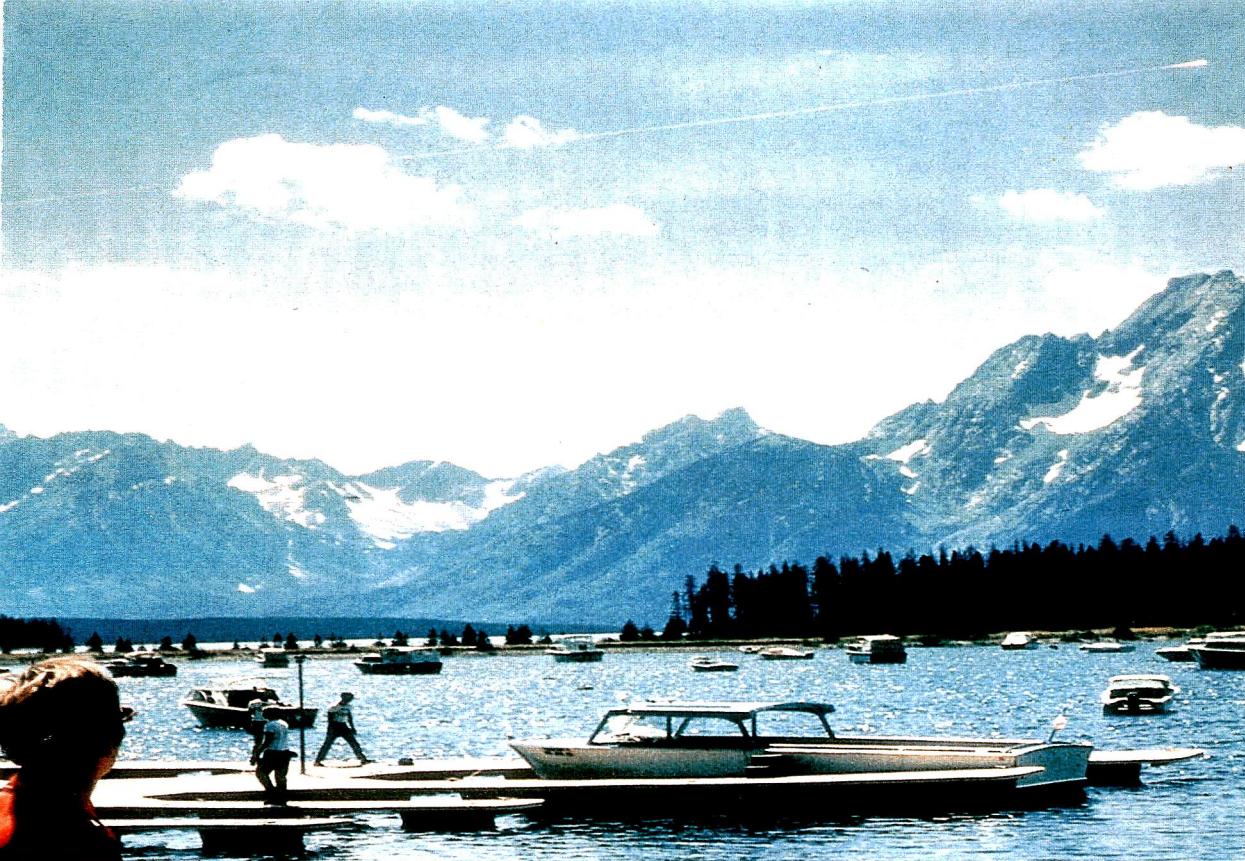
Le premier capteur observe en continu toute la moitié du globe qui se trouve sous le satellite et surveille les lueurs de haute altitude qui sont à la fois brèves et intenses, ce qui les rend faciles à détecter, même en plein jour, sur le fond plus sombre du terrain qui se déroule lentement en arrière-plan. Si la lueur est assez éclatante, un autre détecteur calé sur les longueurs d'onde de la lumière visible enregistre sa position exacte. Ce second capteur est constitué d'un réseau de détecteurs calé sur l'infrarouge de 2,78 µm, longueur d'onde presque totalement absorbée par la vapeur d'eau de la basse atmosphère. Couplé à un télescope de 3,60 m de focale, ce capteur balaie en dix secondes l'hémisphère qui se trouve sous lui. Sa sensibilité et son pouvoir séparateur sont tels qu'il peut repérer le sillage brûlant que laisse le plus modeste missile.

Mais comme ces satellites sont destinés au repérage des fusées et des bombes atomiques, les opérateurs qui en analysent les données ont souvent négligé les événements naturels comme les météorites. A cela s'ajoute la cadence de balayage, ce qui explique, comme nous l'avons dit plus haut, que neuf étoiles filantes sur dix aient sans doute échappé à la détection. N'ont été enregistrées que les explosions majeures qui se sont produites au bon moment du côté où était le satellite ; d'ailleurs, sur les 136 explosions d'abord détectées dans l'infrarouge, il n'y en a que trois qui aient été enregistrées ensuite par le capteur en lumière visible.

Il n'en reste pas moins que ces documents prouvent que la Terre rencontre fréquemment des météorites de la taille d'une petite maison, disons un cube de 10 m de côté, et qu'elle pourrait très bien en recevoir demain une qui ait la dimension d'un immeuble. Le risque n'est nullement improbable, et il faut d'ailleurs rappeler que, le 30 juin 1908, un morceau d'astéroïde dont le diamètre est estimé aujourd'hui à 80 m vint exploser au-dessus de la Sibérie, dans la région de la Tun-

Baker/Milon/SPL/Cosmos





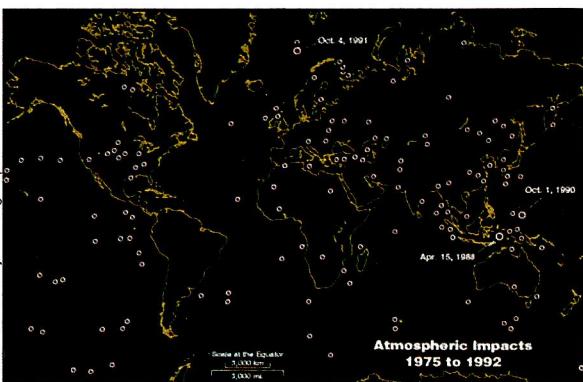
Une étoile filante en plein jour

C'est la seule et unique photo d'une météorite dont l'éclat fut si intense qu'il la rendit visible en plein jour. C'était en août 1972, au-dessus des montagnes Rocheuses, entre le Canada et les Etats-Unis. Diamètre estimé : 80 m.

guska. L'effet fut dévastateur (voir photo 2 p. 48). En remontant plus loin dans le temps, un autre bolide parvint jusqu'au sol dans l'Arizona et y creusa un cratère de 1 200 m de diamètre profond de 130 m. Il existe de même, en Australie, une région semée de cratères dus à l'impact d'une météorite qui se fragmenta avant de toucher le sol.

L'atmosphère nous protège de la plupart des petites météorites dont la taille est comprise entre celle d'un grain de sable et celle d'un grand rocher. En effet, de même que l'eau d'une piscine semble de moins en moins fluide à mesure qu'on plonge de plus haut – en chute libre depuis une falaise, elle paraît aussi dure que du béton –, de même, l'air devient de plus en plus difficile à pénétrer à mesure qu'augmente la vitesse. A la vitesse d'arrivée des météorites (de 40 000 à 100 000 km/h), l'atmosphère se comporte comme un milieu aussi raide que du sable, et ce, dès l'altitude de 120 km où l'air est pourtant raréfié. Il faut, à ce moment, voir la météorite comme un ensemble de molécules serrées venant heurter un autre ensemble de molécules plus diluées.

A des vitesses comprises entre 20 et 40 km/s, la résistance offerte par les molécules de l'air est telle que le mobile est freiné à mort et que son énergie cinétique se transforme en chaleur : sa température passe du zéro absolu à plusieurs milliers de degrés en moins d'une seconde. Mais cette température n'a



Repérées par satellite

Depuis 1975, les satellites ont enregistré 136 déflagrations de la puissance d'une bombe A, dues aux grosses météorites venues se désintégrer dans l'atmosphère avec un prodigieux dégagement de lumière et de chaleur. Trois d'entre elles (datées) mesuraient plusieurs mètres de diamètre.

suite de la page 47

pas le temps d'atteindre l'intérieur de la météorite et entraîne surtout la fusion de la surface. D'autre part, sous le choc à la fois thermique et mécanique, le bloc solide peut se fragmenter, et chaque morceau s'échauffe à son tour.

Il en va de même de l'air qui est devant la météorite : il se trouve à la fois comprimé et chauffé au point de devenir lumineux. La vive lueur des étoiles filantes est en fait surtout celle de cette boule de gaz surchauffés brillant comme une flamme et dont le diamètre est très supérieur à celui de l'objet lui-même. Dans le même temps, la surface de la météorite entre en fusion et laisse derrière elle des poussières incandescentes qui forment la traînée lumineuse qu'on observe la nuit.

Toutes ces transformations se font en un temps extrêmement bref, avec formation d'une onde de choc qui précède le bolide. Dans la majorité des cas, les météorites – il en arrive environ 20 millions par jour, dont plusieurs milliers tombent jusqu'au sol – sont de petite taille et sont entièrement consumées entre 120 et 80 km d'altitude. Il faut ajouter que leurs dimensions s'étalent sur une échelle considérable, qui va du grain de sable au gros rocher de 10 m de diamètre – c'est le cas de celles qui ont donné ces éclairs dignes des bombes atomiques que les satellites ont repérés.

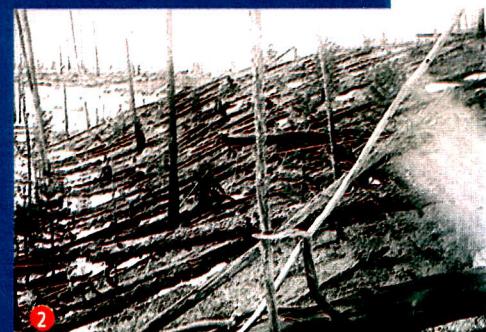
Bien entendu, il peut en arriver de bien plus grandes encore, comme ce fut le cas en Sibérie, et les effets de l'onde de choc et du rayonnement thermique se font alors sentir jusqu'au sol. Il arrive aussi que la météorite soit assez dense et solide pour traverser toute l'atmosphère et s'enfoncer dans la terre : on a découvert environ 140 cratères d'impact dus à des bolides qui avaient franchi l'atmosphère sans trop de dommages et conservé à l'arrivée un diamètre de quelques mètres.

La survie d'une météorite dépend beaucoup de sa nature : celles qui sont à base d'un alliage fer-nickel ont une densité de l'ordre de 8 et une forte

cohésion ; elles peuvent pénétrer jusqu'au sol dès que leur diamètre dépasse quelques mètres. Les plus nombreuses sont de type rocheux, avec une densité comprise entre 2 et 3 et une faible cohésion ; elles se fragmentent très vite sous le choc en heurtant l'atmosphère et il faut qu'elles soient de grande taille – plus de 50 m – pour que les fragments arrivent à terre. Enfin, il reste une dernière catégorie faite de débris cométaires à base de glace agglomérée avec des poussières. A moins d'être de très grande taille, les chances qu'ont ces derniers objets célestes d'atteindre le sol sont faibles, mais les fragments de comète ont des vitesses très élevées, comprises entre 30 et 60 km/s ; de ce fait, à masse égale, leur énergie cinétique est dix fois plus élevée que celle des fragments d'astéroïde, dont les vitesses d'arrivée sont de l'ordre de 20 km/s.

L'origine des météorites fut longtemps une énigme, mais on sait maintenant qu'elles proviennent pour la plupart de l'essaim d'astéroïdes qui gravite entre Mars et Jupiter. Pour le reste, il s'agit de débris

Vingt bombes H sur la Sibérie



Ciel & Espace

Le célèbre Meteor Crater ① d'Arizona, aux Etats-Unis (1 200 m de diamètre, 130 m de profondeur), a été creusé par une météorite géante tombée aux temps préhistoriques. Le morceau d'astéroïde de 80 m de diamètre qui a explosé le 30 juin 1908 au-dessus de la Sibérie, dans la région de la Tunguska, a entièrement rasé les forêts situées sous le point d'impact ② : tout fut anéanti dans un rayon de 30 km. Arrivant avec une vitesse de 22 km/s (80 000 km/h), la météorite se désintégra dans la basse atmosphère en libérant une énergie égale à celle d'une vingtaine de bombes H.



J. Sanford/SPL/Cosmos

①

cométaires ou de fragments intersidéraux. Les astéroïdes forment une ceinture de petits corps célestes dont la taille va de quelques centaines de kilomètres (Cérès, 950 km ; Pallas, 580 km) à quelques kilomètres. La plupart restent entre Mars et Jupiter, mais certains ont des orbites beaucoup plus fantaisistes, qui recoupent l'orbite de la Terre.

On a ainsi repéré 185 astéroïdes qui croisent notre route, dont le plus grand, Ivar, mesure 8 km. Mais on sait aussi qu'on est bien loin du compte puisqu'on estime n'avoir détecté que 5 % des objets dont le diamètre est de l'ordre de 1 km, et moins de 0,1 % de ceux de 100 m. Or, un objet de 250 m seulement arrivant à la vitesse des astéroïdes, soit autour de 20 km/s, traverserait toute l'atmosphère et creuserait un cratère de 5 km de diamètre : tout serait dévasté dans un rayon de 120 km.

Les fragments intersidéraux sont plus redoutables encore, car ils arrivent à des vitesses bien supérieures : il existe en ce domaine une vitesse critique, dite vitesse parabolique, qui est celle d'un corps attiré du fond de l'espace et n'ayant au départ aucune vitesse propre par rapport au système solaire. Sa trajectoire est alors une parabole dont le sommet peut être sur l'orbite de la Terre. A ce moment, sa vitesse est de 42 km/s, après quoi il s'éloigne pour ne jamais revenir. De nombreuses comètes ont une orbite parabolique.

S'il s'agit d'un corps céleste dont la

vitesse par rapport à nous n'est pas nulle, sa trajectoire est alors une hyperbole et sa vitesse, si le sommet de la courbe se trouve sur notre chemin, est supérieure à 42 km/s. Or, le Soleil est mobile par rapport à notre groupe local d'étoiles, qu'il traverse avec une vitesse de 19 km/s : un fragment intersidéral peut donc avoir déjà cette vitesse par rapport à nous, et sa vitesse hyperbolique quand il vient sur notre route peut atteindre 60 km/s, soit plus de 200 000 km/h. A cette allure, il ne lui faut pas plus d'une heure et demie pour franchir la distance qui nous sépare de la Lune, distance à laquelle il aurait des chances d'être repéré s'il est assez gros, donc s'il dépasse le kilomètre en diamètre. Autant dire qu'une telle arrivée est pratiquement imprévisible et qu'un bolide de cette taille serait à peine ralenti par l'atmosphère : le choc aurait des conséquences à peu près irréversibles sur la survie des espèces animales.

Or, au vu des dimensions astronomiques, un bloc de pierre ou de fer de 5 à 10 km n'est qu'une infime poussière, et la ceinture des astéroïdes en renferme à elle seule des milliers. En contrepartie, l'espace est vraiment vaste, et les chances de voir deux points minuscules se rencontrer restent minces. Mince, mais difficilement calculables, et tout ce

qu'on a pu faire jusqu'ici a été d'estimer les dégâts vraisemblables selon la taille des météorites.

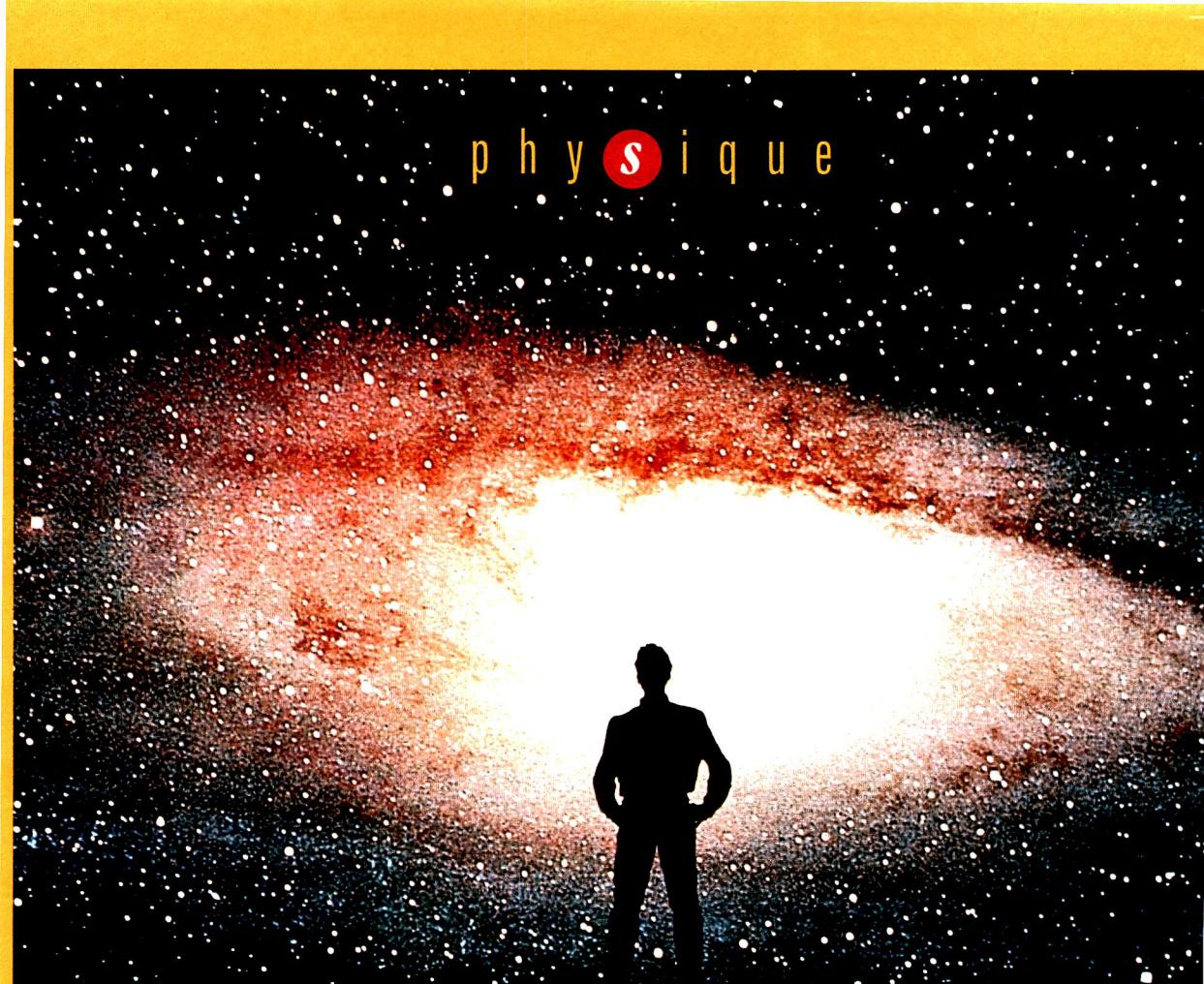
- Jusqu'à 50 m de diamètre, l'atmosphère joue son rôle de parfait bouclier : l'énergie cinétique du bolide est absorbée par la résistance de l'air, et les fragments éventuels, même s'ils avaient dans l'espace, une vitesse de 20 ou 30 km/s, sont si bien freinés qu'ils arrivent au sol avec une vitesse restante de 30 à 60 m/s (100 à 200 km/h).
- Entre 50 et 250 m, une météorite peut atteindre le sol et causer des dommages si elle tombe sur un village. La gravité de l'incident dépendrait de la nature de l'objet et de sa vitesse d'arrivée.
- Au-dessus de 250 m, l'incident se transforme en catastrophe majeure, celle-ci devenant un désastre global affectant toute la Terre à partir d'une taille comprise entre 1 km et 5 km.
- Au-delà de 5 km, c'est la fin du monde.

On a tenté d'estimer la probabilité d'une rencontre avec un grand astéroïde mais, pour être juste, on manque de références sûres sur lesquelles baser les calculs. Les grands bombardements de météorites, ceux dont on voit encore les traces sur la Lune, sur Mercure, sur Mars ou sur les satellites des grosses planètes, remontent à quelques milliards d'années. Il y eut ensuite une longue accalmie semée de quelques rechutes, mais on peut dire que depuis des millions d'années il n'y a plus de grandes averses de météorites.

Pour ce qui est de la Terre, en tout cas, il semblerait qu'elle ait été très longtemps épargnée. En effet, si on trouve souvent des météorites à très faible profondeur dans le sol, en revanche, aucune exploitation minière n'en a jamais déterré une seule. Il faut donc en conclure qu'il ne tombait pratiquement pas de météorites au Carbonifère (ère primaire), ni même au Secondaire. D'un autre côté, nombre de sociétés primitives des rives de la Méditerranée considéraient le fer comme un métal céleste, ce qui semble prouver que les sidérites (météorites à base de fer-nickel) étaient leur seule source connue de métal. Il y a trois millénaires, les chutes de météorites étaient donc plus abondantes qu'elles ne le sont à l'époque actuelle.

Apparemment, il y eut donc des millions d'années sans la moindre étoile filante, puis une période d'activité météoritique qui vit même tomber sur la presqu'île de Yucatan un bolide de 10 km qui aurait mis fin aux dinosaures. Nouvelle période de calme puis reprise de l'activité depuis quelques millénaires. Les bolides détectés par les satellites ne sont peut-être qu'une petite averse locale ou, au contraire, l'avant-garde d'un gros essaim. Pour le savoir, il ne reste plus qu'à envoyer d'autres satellites qui vont poursuivre l'observation, mais cette fois à des fins purement astronomiques et non plus militaires. ■

physique



Le piège se referme sur la masse

D'où vient la masse de toute chose ? Quelle est son origine ?

Aujourd'hui le mystère reste entier. Pour le percer, les physiciens vont construire un nouvel accélérateur, près de Genève. La plus grande énigme du XX^e siècle pourrait bien devenir la première découverte du prochain.

PAR DANIEL TARNOWSKI

Construira, construira pas ? Le 15 avril, on connaîtra la réponse. On saura où et quand se déroulera le prochain chapitre de l'intrigue policière du siècle : celle qui oppose les plus fins limiers de la physique aux secrets ultimes de la matière. Aujourd'hui, après de multiples rebondissements, les détectives physiciens sont arrivés à un tournant de leur enquête. Pour continuer leurs investigations, ils ont désormais besoin d'un nouvel outil : un super accélérateur de particules. Depuis une dizaine d'années, les Européens étudient le projet d'une telle machine. Son nom : le LHC, d'après les initiales de Large Hadron Collider (grand collisionneur de hadrons).

A Genève, le 15 avril prochain, le sort du LHC se jouera lors d'une séance spéciale du Conseil du CERN, l'instance dirigeante du laboratoire européen de physique des particules. Présidé par Hubert Curien, notre ancien ministre de la Recherche, ce Conseil réunit les délégués des dix-neuf Etats membres⁽¹⁾. Il devrait entériner le projet dont une esquisse complète, couvrant tous les aspects techniques, scientifiques et financiers du LHC, lui a été présentée en décembre dernier par Christopher Llewellyn Smith, le directeur général du CERN. Coût total : environ 9 milliards de francs (2,23 milliards de francs suisses), pour une mise en service en l'an 2002 de ce collisionneur qui surclassera tous ceux déjà existants (voir photos p. 52-53).

Avec le LHC, l'objectif numéro un des physiciens sera de traquer, débusquer et obtenir les aveux complets de celui qu'ils désignent sous le nom de code de "boson de Higgs". Car tous les indices concordent : ce mystérieux "personnage" est soupçonné de détenir l'un des secrets les plus jalousement gardés de la matière. Son rôle serait, en effet, de donner une masse à toutes les particules élémentaires. Et donc, de proche en proche, à tout ce qui a une masse dans l'Univers : atomes, molécules, êtres vivants, planètes, étoiles, galaxies. Excusez du peu !

En dernier ressort, même Claudia Schiffer devrait ainsi sa charmante masse au boson de Higgs. Sa masse, pas son poids : attention à ne pas confondre ces deux notions. La masse est une caractéristique intrinsèque d'un corps. Au même titre que sa composition chimique, par exemple. En revanche, le poids qui s'affiche lorsque Claudia est sur la balance d'une salle de bains vient de l'attraction que l'énorme masse de la Terre exerce sur la sienne, par l'intermédiaire de la force de gravitation. Il se-

rait plus élevé sur une planète plus massive.

D'où vient notre masse ? De l'addition de celles des innombrables atomes qui composent notre corps. D'où vient la masse d'un atome ? Des particules élémentaires qui le constituent. D'où vient la masse d'une particule élémentaire ? Du boson de Higgs. «Elémentaire, mon cher Watson !» Deux pistes ont mis les Sherlock Holmes de la physique des particules sur sa voie.

La première piste est celle de l'élémentarité : quelles sont les "briques" fondamentales et universelles de la matière ? On en connaît deux grandes familles :

- les quarks, avec lesquels sont formés, par exemple, les protons et les neutrons que l'on retrouve dans les noyaux des atomes ;
- les leptons, dont l'archétype est l'électron, que l'on trouve aussi dans les atomes (autour des noyaux).

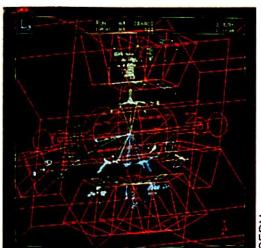
Le puzzle de toutes ces briques de base est aujourd'hui presque totalement reconstitué. Il comporte au total douze éléments : six quarks et six leptons. Chacun est, bien sûr, doté d'une masse spécifique. Mais la distribution de ces masses n'obéit

à aucune logique apparente. Le quark top, par exemple, dont la découverte se précise aux Etats-Unis (voir *Science & Vie* n° 916, p. 42), est cent fois plus massif que le lepton tau, lui-même 3 500 fois plus massif que l'électron. Quant aux neutrinos, leptons dépourvus de charge électrique, leur masse est tellement faible que l'on est toujours incapable de la mesurer. Alors, d'où viennent toutes ces masses ?

La deuxième piste qui conduit au boson de Higgs est celle de l'unification. Au total, en effet, quatre types de force (on les appelle aussi interactions) suffisent à expliquer l'en-

semble des phénomènes physiques. La plus connue est la force de gravitation : elle traduit la mutuelle attraction que deux masses exercent l'une sur l'autre, mais son intensité est trop faible pour avoir le moindre effet visible à l'échelle des particules. Les trois autres, en revanche, gouvernent le destin du monde atomique et subatomique. Il s'agit des trois interactions forte, électromagnétique et faible.

Voyons comment elles agissent, par exemple, dans un noyau atomique. L'interaction forte assure sa cohésion d'ensemble : elle s'exerce indistinctement et de manière attractive entre tous les protons et neutrons du noyau. La force électromagnétique tend, au contraire, à le faire éclater, car elle repousse les protons les uns des autres. Enfin, l'interaction faible provoque certains types de radioac-



La traque

Passées au crible des détecteurs et analysées sur ordinateur, les collisions entre particules révèlent les secrets de la matière.

suite de la page 51

tivité (ceux où un proton se transforme en neutron, ou *vice versa*). Rien de commun ne semble donc réunir les trois forces (et *a fortiori* les quatre). Pourtant, en exerçant sur chacune d'elles une filature très rapprochée, c'est-à-dire en étudiant de près leur comportement, les physiciens enquêteurs ont découvert de troublantes ressemblances.

Premier indice : l'action des forces en question repose sur le même mécanisme. Deux particules interagissent, en effet, par échange des "médiauteurs" spécifiques de chaque force. Un peu comme deux joueurs de rugby échangent un ballon dans une série de passes successives. Imaginez la scène : elle se déroule à toute petite échelle, à toute allure et en suivant les règles de la physique quantique. Le messager en question est lui aussi une particule élémentaire. Mais il est échangé si rapidement que – pendant ce processus – cela le rend totalement inobservable.

Quels messagers ? C'est là où l'histoire se corse, car elle fait intervenir de nouveaux personnages :

- le photon, seul médiateur de la force électromagnétique ;
- les bosons W^+ , W^- et Z^0 , qui jouent un rôle équivalent dans le cas de l'interaction faible ;
- les gluons, qui transmettent l'interaction forte entre les quarks.

À encore, à première vue, aucun point commun entre ces trois nouvelles familles de particules élémentaires. D'où sortent-elles ?

Un deuxième indice répond à cette question. Il montre, en effet, que l'existence de chaque famille de médiateurs est la conséquence directe d'une symétrie. C'est la déduction de tout un raisonnement à faire pâlir d'envie le grand Sherlock lui-même. Peu importe la nature exacte de cette symétrie. Disons seulement qu'elle se rapporte à la description mathématique du comportement des particules briques. Si l'on exige que cette description respecte la symétrie en question, on en déduit automatiquement l'existence de médiateurs avec des caractéristiques spécifiques. Autrement dit, à partir d'une exigence de symétrie, très abstraite et théorique, on obtient l'existence d'une force, aux effets bien réels et tangibles. Aussi déconcertant que de trouver le nom du coupable à partir d'une cendre de cigarette !

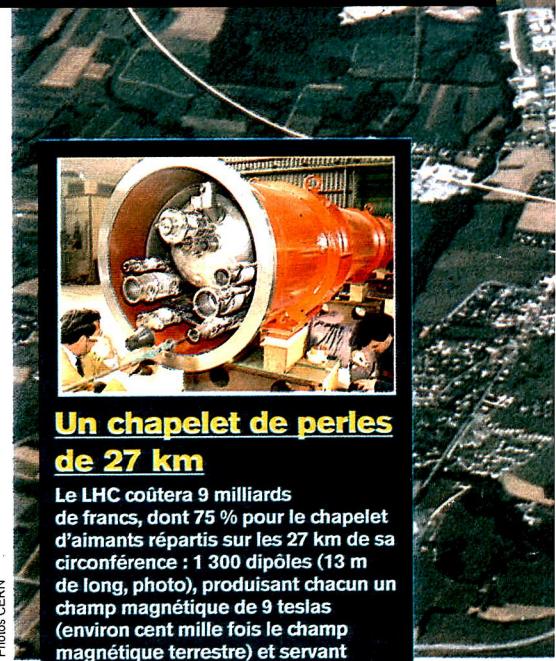
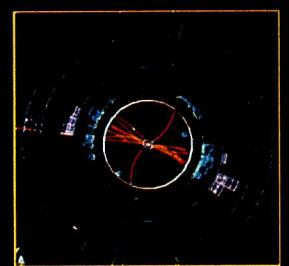
Cet indice a d'abord été découvert dans le cas de la seule force électromagnétique. L'idée sur laquelle repose l'unification est de généraliser l'argument. Le but ultime : en déduire d'un seul coup, à partir d'une même symétrie, l'existence des quatre forces fondamentales. Un premier pas dans cette voie est déjà fait. Les physiciens ont trouvé la symétrie dont découle l'existence des médiateurs de la force électrofaible (version unifiée des deux forces électromagnétique et faible). ▶

LE QUARTIER GÉNÉRAL



$E = mc^2$

L'énergie libérée dans les collisions entre particules accélérées (comme ci-contre, au LEP) se transforme spontanément en matière. C'est une conséquence directe de la célèbre formule d'Einstein. Le LHC permettra d'explorer des domaines d'énergie encore jamais atteints.



Un chapelet de perles de 27 km

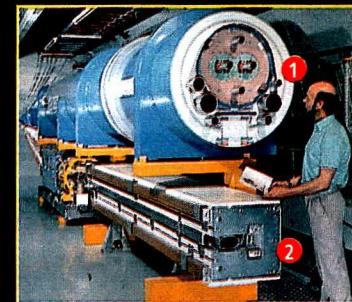
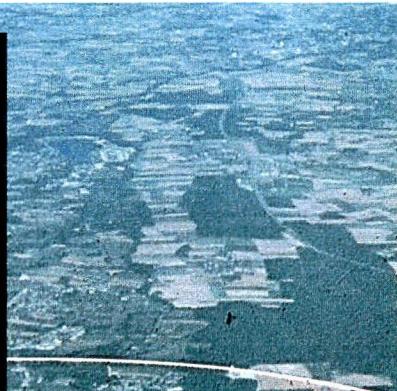
Le LHC coûtera 9 milliards de francs, dont 75 % pour le chapelet d'aimants répartis sur les 27 km de sa circonférence : 1 300 dipôles (13 m de long, photo), produisant chacun un champ magnétique de 9 teslas (environ cent mille fois le champ magnétique terrestre) et servant à incurver la trajectoire des projectiles ; 600 quadrupôles (3 m de long) pour la focalisation des faisceaux.

Photo CERN

DES PHYSICIENS

LHC : deux accélérateurs en un

Le LHC (Large Hadron Collider) sera opérationnel en 2002. Installé dans le grand anneau du CERN, près de Genève (grande photo), il surclassera tous les collisionneurs de particules dans le monde. Pour la première fois, les deux faisceaux de protons qui doivent entrer en collision seront guidés par la même série d'aimants supra-conducteurs (photo ci-contre).



Les bijoux du CERN

Ce sont aujourd'hui le LEP (Large Electron Positron, collisionneur électrons-positrons) et demain le LHC. Logés dans le même tunnel, les aimants du LHC ① prendront place juste au-dessus de ceux du LEP ②.



Les yeux du LHC

Les collisions frontales entre protons donneront naissance, toutes les 25 nanosecondes, à des gerbes d'innombrables particules. Les traces de celles-ci seront enregistrées dans deux énormes détecteurs truffés d'appareillage et d'électronique : ATLAS (ci-dessous, 20 m de haut, 44 m de long, 6 000 t) et CMS (14 m de haut, 20 m de long, 12 000 t).

Ils servent encore

Construit dans les années cinquante, le PS (Proton Synchrotron ①) sert encore aujourd'hui d'injecteur au SPS (Super Proton Synchrotron ②), qui, lui-même, sert et servira d'injecteur au LEP et au futur LHC ③.

suite de la page 52

Le rôle du mécanisme imaginé par plusieurs théoriciens (dont Peter Higgs) est d'expliquer comment l'on passe d'une description à l'autre, de la force unifiée électrofaible à ses composantes. Cela se produit dans une "transition de phase", un peu comme ce qu'on observe, par exemple, lorsque l'eau se transforme en glace. Dans le cas de la force électrofaible, le paramètre qui déclenche la transition est la quantité d'énergie en jeu. Au-dessus d'un seuil critique, la symétrie est respectée et la force unifiée. Au-dessous du même seuil, la symétrie est brisée et la force "cassée" en deux.

Ce mécanisme fait appel à une ou plusieurs particules : les fameux bosons de Higgs, qui ne sont donc ni des briques, ni des messagers, mais véritablement des "casseurs" de symétrie. Ou, si l'on préfère, des "donneurs" de masse, car, dans la transition, les quatre médiateurs de la force unifiée se différencient d'une part en un photon (de masse nulle) et d'autre part en trois particules W^+, W^- et Z^0 (dont les masses sont cent fois plus grandes que

celle d'un proton). Et tout indique que le même mécanisme qui communique une masse à trois des médiateurs de l'interaction électrofaible s'applique à toutes les autres particules élémentaires, expliquant ainsi l'origine de leur masse.

Comment la masse naît-elle d'une brisure de symétrie ? Par l'intermédiaire du vide et de ses propriétés quantiques. Lorsque la symétrie électrofaible est vérifiée, le vide est "transparent" aux particules (comme l'air l'est pour nous-mêmes). Quand elle est brisée, le vide se remplit d'une certaine forme d'énergie que lui donne le boson de Higgs et qui "freine" les particules (comme l'eau d'une piscine freine des nageurs). C'est ce "freinage" qu'on appelle la masse.

Voilà le point où en sont arrivés les détectives physiciens. Ils disposent d'un modèle théorique des particules et des interactions dont le plus grand succès est l'unification électrofaible. Aucun résultat d'expérience n'a encore réussi à le prendre en défaut. Toutefois, les physiciens savent bien que ce modèle présente trois grandes lacunes :

- il n'inclut ni l'interaction forte ni la gravitation ;
- il n'explique pas le nombre de briques élémentaires, dont il se contente de constater la présence ;
- et, enfin, il reste à confirmer expérimentalement l'existence du ou des bosons de Higgs, qui explique l'origine des masses.

Ce troisième point est à la portée d'une machine comme le LHC. En effet, même s'il lui insuffle l'énergie qui "freine" les particules, le boson de Higgs n'est pas physiquement présent dans le vide (c'est là une des subtilités qu'autorise la physique quantique). Autrement dit, on ne peut pas l'observer en action. Pour être certain de son existence et connaître ses propriétés, il faut pouvoir le "fabriquer".

La recette pour cela est bien connue. Elle repose sur l'équivalence entre masse et énergie ($E = mc^2$, suivant la formule du plus grand détective physicien du siècle). En "détruisant" de la masse, on libère de l'énergie (c'est sur ce principe que fonctionnent le moteur des étoiles et, à une tout autre échelle, celui des réacteurs nucléaires). Inversement, si on libère de l'énergie de façon suffisamment ponctuelle dans l'espace et dans le temps, on observe la création de nouvelles particules.

L'outil idéal pour se livrer à ce petit jeu est un collisionneur, machine où deux faisceaux de particules sont accélérés et dirigés l'un contre l'autre. Les collisions frontales entre projectiles libèrent alors toute l'énergie cinétique accumulée par ceux-ci. Et, de l'énergie, il en faut pour créer, par exemple, des particules comme le Z^0 , ou encore le quark top et bien sûr le boson de Higgs. C'est d'ailleurs pourquoi elles

Fiasco en Amérique

Un tunnel vide, c'est tout ce qui reste du SSC, le super-collisionneur supraconducteur de 87 km de circonférence que les Américains voulaient construire à Waxahachie, au fin fond du Texas, dans un tout nouveau centre de recherche. Deux milliards de dollars ont été engloutis en pure perte dans ce projet qui devait en coûter encore neuf de plus. Trop cher, a finalement jugé le congrès américain, en octobre dernier : le SSC, qui s'annonçait comme le rival du LHC européen, ne verra jamais le jour.



Superconducting Super Collider Laboratory/Science Photo Library

sont très instables et se désintègrent très rapidement : leur masse énorme en fait d'éphémères réservoirs d'énergie. Une énergie qui ne demande qu'à se transformer en particules plus stables.

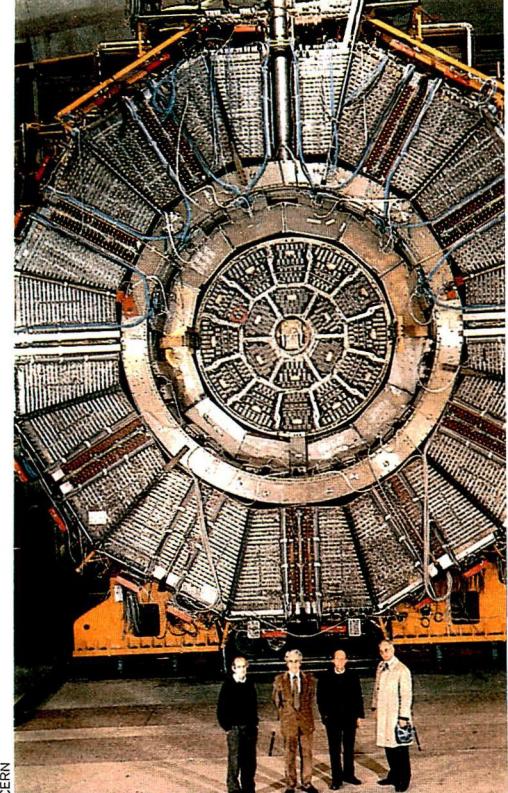
Donnons des chiffres. L'unité de référence est ici le gigaélectronvolt (GeV en abrégé) qui correspond, en gros, à la quantité d'énergie à fournir pour créer un stable et banal proton. Pour une particule Z^0 , il faut compter 90 GeV. Pour un boson de Higgs, cela peut aller jusqu'à 1 000 GeV. Impossible d'être plus précis, car on ignore tout de la masse de cette particule. Seule certitude : au-delà de 1 000 GeV, le boson de Higgs ne pourrait plus remplir correctement son rôle de "casseur de symétrie". Sa masse se situe donc vraisemblablement dans ce domaine d'énergie que seul le LHC permettra d'explorer.

Confirmer l'existence du boson de

Higgs ne sera pas le seul objectif des expériences menées au LHC. Deux autres sont visés dans la même gamme d'énergie. L'un consiste à tenter de découvrir des particules dites "supersymétriques". On a vu le rôle que jouent certaines symétries pour expliquer d'où viennent les médiateurs des interactions. La supersymétrie est d'un type radicalement nouveau. Elle établit un lien direct entre les particules qui, comme les "briques", ont un comportement individualiste (on les appelle des fermions) et celles qui, comme les messagers ou comme le boson de Higgs, ont une préférence marquée pour adopter un comportement collectif (on les appelle des bosons).

En outre, la supersymétrie ouvre la voie à l'unification complète des forces, gravitation incluse. Son inconvénient est, toutefois, de multiplier par deux le nombre des particules élémentaires, en postulant l'existence d'un "double supersymétrique" à chacune de celles qu'on connaît. Personne n'a jamais encore vu de telles particules supersymétriques, en abrégé "sparticules" (avec un s initial, comme dans supersymétrie). Leur découverte dans les collisions provoquées au LHC constituerait une véritable révolution.

Troisième grand objectif du LHC : comprendre pourquoi notre univers est fait de matière et non d'antimatière. Là encore, il s'agit de symétrie. Une particule et une antiparticule (par exemple, un proton et un antiproton, un quark et un antiquark, un électron et un positron, etc.) possèdent des masses identiques et des charges opposées (voir *Science & Vie* n° 909, p. 48). Curieusement, dans les réactions entre particules élémentaires, la symétrie entre matière et antimatière semble parfaite. A une toute petite différence près, qui fait que nous vivons dans un monde de matière. Pourquoi ? Comment ? Le LHC pourrait aussi contri-



CERN

Succès en Europe

Contrairement aux Américains, les Européens du CERN disposent de deux atouts pour construire le LHC. D'une part, ce super-collisionneur viendra se loger dans un tunnel qui existe déjà, celui du LEP (dont on voit ici un des quatre grands détecteurs). D'autre part, les anciens accélérateurs du CERN serviront de "rampes de lancement" aux faisceaux du LHC. Ce qui réduit d'autant le coût de cette nouvelle machine.

buer à éclaircir le mystère. Mais ce que les physiciens attendent le plus de cette nouvelle machine, c'est quelque chose de totalement imprévu. Une nouvelle aventure dont les théoriciens – à l'imagination pourtant féconde – n'auraient pas encore balisé le chemin. Autrement dit, une découverte qui, comme dans tous les bons romans policiers, relancerait l'intrigue.

Le prix à payer pour en arriver là, avec le LHC, n'est-il pas trop élevé ? Nous l'avons demandé à Hubert Curien qui, en tant que président du Conseil du CERN, est le premier concerné. Sa réponse sera notre conclusion : «Même si je place tout ce qui concerne la vie au premier plan, il me semble essentiel, pour l'esprit humain, de connaître la nature ultime de la matière et des forces. Tant mieux si, de surcroît, on trouve des applications à ces recherches. Mais leur justification fondamentale se suffit à elle-même.» ■

(1) Le CERN compte 19 Etats membres : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Italie, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République slovaque, République tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

Les atomes sans nom

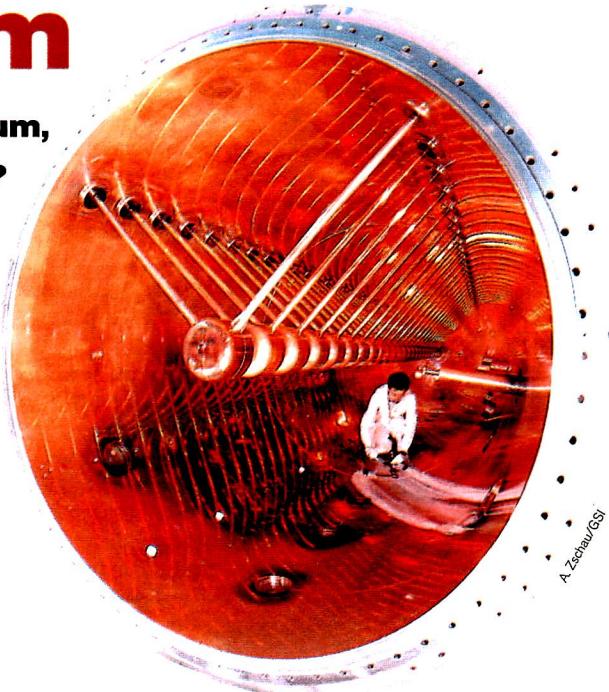
**Connaissez-vous le meitnerium,
le hassium, le nielsbohrium ?
Ce sont les éléments
chimiques les plus lourds
de la nature. D'autres,
à peine plus légers, restent
en attente d'appellation :
Russes et Américains
se disputent la paternité
de leur découverte.**

PAR DANIEL TARNOWSKI

Le tableau de Mendeleïev joue un rôle central en physique et en chimie. Il constitue en effet le répertoire complet de tous les éléments chimiques connus jusqu'à présent. Découvert il y a cent vingt-cinq ans par le chimiste russe Dimitri Ivanovitch Mendeleïev, le principe de cette classification est resté inchangé. En revanche, le tableau lui-même s'est considérablement étoffé.

Tout le monde sait qu'il commence par l'hydrogène et se poursuit avec tous les éléments chimiques classés par ordre croissant de leur numéro atomique (nombre de protons de leurs atomes). Mais comment se termine-t-il exactement ? Autrement dit, quels éléments en occupent aujourd'hui les dernières cases ?

La réponse à la première question est connue depuis 1982 : dans son état actuel, le tableau de Mendeleïev comporte 109 cases. La dernière découverte en date est donc celle de l'élément porteur du numéro atomique 109. Cela signifie que son noyau comporte la bagatelle de 109 protons (auxquels s'ajoutent 157 neutrons). La découverte de cet "élément 109" est un exploit qui ne tient



Les plus lourds ont été vus à Darmstadt...

Les noyaux atomiques des trois éléments chimiques les plus lourds connus actuellement ont été "fabriqués" au laboratoire GSI de Darmstadt (Allemagne). Ils sont produits au cours d'expériences de chimie nucléaire où, en guise de tube à essais, on utilise un accélérateur d'ions lourds dont on voit ici l'intérieur d'une section.

qu'à un fil. Ou plutôt deux. Puisque, à ce jour, seuls deux atomes de cet élément ont été "vus" par l'équipe de Peter Armbruster et Gottfried Münzenberg, à Darmstadt, en Allemagne. Le premier en 1982, le second en 1988.

A six ans d'intervalle, le résultat a été obtenu dans les mêmes conditions : en bombardant des atomes de bismuth avec un faisceau d'ions de fer. Actuellement, seul le laboratoire GSI (Gesellschaft für Schwerionenforschung) de Darmstadt offre aux chimistes nucléaires les moyens de réaliser une telle "addition".

Interrompue pendant cinq ans pour des raisons techniques, la chasse aux derniers éléments du tableau de Mendeleïev a repris en décembre der-

nier. «Nous avons bon espoir de trouver en 1994 ou en 1995 deux nouveaux éléments, de numéro atomique 110 et 111», affirme Peter Armbruster.

A quoi cela peut-il bien servir ? A l'évidence, il ne faut pas attendre d'applications d'un élément dont les atomes sont littéralement produits au compte-gouttes. En outre, leur temps de vie est terriblement court, quelques millisecondes pour l'élément 109 ! Mais c'est précisément là où réside l'intérêt – et la difficulté – de ces recherches : réaliser la synthèse d'un élément comme le 109, voire le 110 ou le 111, revient à pousser la nature dans ses ultimes retranchements. Il s'agit de déterminer la limite de stabilité des noyaux atomiques, la frontière au-delà de laquelle un assemblage de protons et de neutrons ne peut plus "tenir debout", ne serait-ce qu'une infime fraction de seconde.

Mais la motivation scientifique

n'est pas seule en jeu. Elle s'accompagne d'une question de prestige. L'usage veut en effet qu'un nouvel élément chimique soit baptisé par ceux qui l'ont découvert. Et, dans ce domaine, il reste encore plusieurs ombres au tableau de Mendeleïev. Deux équipes, l'une à Berkeley (Etats-Unis), l'autre à Dubna (Russie), se disputent en effet la paternité d'autres éléments. Avec une virulence et une âpreté que les années n'ont pas atténues : dans les congrès scientifiques, les chercheurs des deux camps s'affrontent régulièrement.

Pour calmer le jeu, l'union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) a nommé en 1985 un comité de neuf "sages" chargés de tirer au clair toute la chronologie des découvertes depuis celle du fermium (élément 100). Présidé par le très britannique Sir Denys Wilkinson, ce Transfermium Working Group (TWG) a rendu ses conclusions en 1992. Mais rien n'y fait : la dispute continue.

Cette querelle porte principalement sur les éléments 104 et 105 dont Berkeley et Dubna revendiquent la paternité. Dans son rapport final, le TWG indique que le mérite de leur découverte

doit être partagé entre les deux équipes. Une décision acceptée du bout des lèvres par les Russes mais rejetée catégoriquement par les Américains. Pour ces derniers, les chercheurs de Dubna se sont trompés, point final. Si bien que, plus que jamais, la situation apparaît bloquée pour ces deux, éléments qui restent donc sans nom.

Pas de contestation, en revanche, en ce qui concerne l'élément 106. La paternité de sa découverte revient à deux équipes de Berkeley et Livermore (Etats-Unis). Mais aucun nom n'a encore été proposé. «Nous le ferons en temps utile, avec nos collègues de Livermore», affirment les chercheurs de Berkeley.

Les Allemands de Darmstadt, quant à eux, ont déjà entériné les conclusions du TWG qui leur reconnaît la découverte des éléments 107, 108 et 109. Dès septembre 1992, ils ont proposé les noms de nielsbohrium, hassium et meitnerium. Le premier (nielsbohrium) reprend pour l'élément 107 la dénomination avancée par les Russes (pour le 105). Le deuxième vient de Hassia, nom latin du Land de Hesse où se situe la ville de Darmstadt.

Enfin, le troisième est un hommage à Lise Meitner, l'une des figures les plus éminentes de la physique nucléaire en Allemagne entre les deux guerres. En tant que juive, elle fut forcée de quitter ce pays en 1938, peu avant la découverte de la fission par Hahn et Strassmann. C'est pourtant bien elle qui est à l'origine de leurs travaux.

Consequence : c'est au seul Otto Hahn que le prix Nobel a été attribué, en 1944, pour la découverte de la fission des noyaux lourds. Décidément, il fut un temps où il ne faisait pas bon être femme, juive et physicienne. Le meitnerium est là, aussi, pour nous le rappeler.

... en attendant de figurer au tableau

De A comme actinium à Z comme zirconium, tous les éléments sont

représentés dans ce tableau de Mendeleïev, édité par la société Oxane (Paris). Seuls manquent les six derniers éléments découverts en Allemagne, en Russie et aux Etats-Unis.

Classification périodique des éléments et les corps simples (à température et pression ambiantes)																	
Li	Be																He
Na	Mg																
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	104	105	106	Ns	Hs	Mt	...								
Lanthanides																	
Actinides																	
E. Malmström																	

Quand les baleines avaient des pattes

PAR THIERRY PILORGE

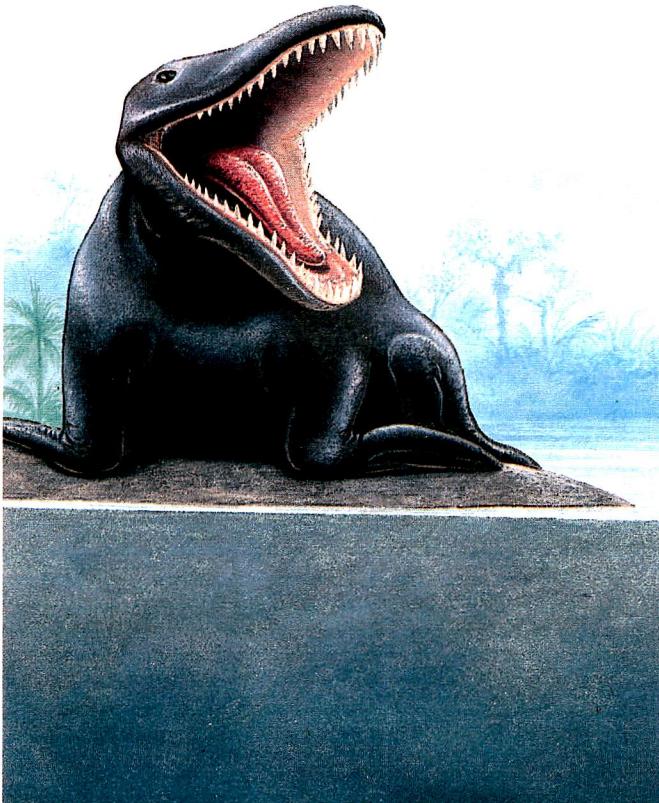
Les baleines sont des vaches qui sont retournées à l'eau. Cela leur a demandé, on s'en doute, de profonds bouleversements anatomiques. Trois chercheurs viennent de trouver les fossiles de deux baleines amphibiennes, chaînons jusqu'à manquants dans ce retour à l'eau (1). Ils permettent de comprendre comment les baleines ont appris à nager et à communiquer sous l'eau.

Les ancêtres des baleines ont commencé à barboter il y a cinquante-deux millions d'années. A cette époque du début du Tertiaire, les dinosaures ont été rayés de la surface de la planète, alors que les mammifères sont en pleine expansion ; ils colonisent, à leur tour, tous les milieux. Parmi eux, certains vont tellement bien s'adapter au monde aquatique qu'ils vont finir par oublier de garder un pied-à-terre. Ce groupe, qui rassemble les baleines, les cachalots et les dauphins, c'est celui des cétacés.

On sait que les cétacés n'ont pas évolué directement dans l'eau. Leurs ancêtres terrestres étaient assez proches des artiodactyles actuels (vaches, cochons, chameaux...). Autrement dit, pas particulièrement prédestinés à devenir des champions de natation.

Pour s'adapter aussi bien au milieu aquatique, il leur a fallu subir un grand nombre de transformations. En particulier, ils devaient être capables d'entendre les sons sous l'eau. Les cétacés possèdent des adaptations qui le leur permettent. L'un des fossiles, trouvé au Pakistan, montre comment les osselets qui assurent l'audition chez les mammifères (marteau, enclume et étrier) se sont modifiés chez les baleines et consorts. Ce fossile est celui d'une baleine du groupe des archocétés, les plus anciens cétacés connus. Son nom : *Pakicetus*, la baleine du Pakistan. La morphologie de son organe auditif confirme que les cétacés ont connu un stade amphibie. Chez cet animal,

L'ancêtre des baleines arpentaient les grands espaces terrestres avant de plonger dans la mer pour s'y installer définitivement. Deux fossiles vieux de cinquante-deux millions d'années, récemment découverts, viennent de le confirmer. Et deux chaînons manquants de moins !



d'autre part, la forme de l'enclume renforce l'idée d'une proche parenté entre les cétacés actuels et les artiodactyles, déjà mise en évidence par les résultats d'analyses génétiques récentes.

Un tel chaînon intermédiaire, capable de vivre aussi bien sur la terre ferme que sous l'eau, apparaît en effet comme une étape indispensable de l'évolution des baleines. Cela est particulièrement vrai en ce qui concerne la locomotion. Un autre fossile, trouvé dans le même fond de rivière – qui, à l'époque, était une mer peu profonde –, en apporte la preuve. L'animal a été baptisé *Ambulocetus natus* : la baleine marcheuse qui nage. Comme dans le cas de *Pakicetus*, on n'a pas trouvé de squelette complet ; l'un d'entre eux l'est tout de même assez pour permettre aux chercheurs de supputer la façon dont elle se déplaçait sur terre et dans l'eau.

Ambulocetus était aussi un archéocète. Elle avait la taille d'une otarie mâle d'environ 300 kg. Le plus frappant chez elle, ce sont les dimensions énormes des mains et des pieds, surtout rapportées à celles des membres : 40 cm pour le pied, contre seulement 28 cm pour le fémur.

A en juger par la forme de ses vertèbres lombaires, *Ambulocetus* devait nager, comme les cétacés actuels, par ondulations dorso-ventrales (dans un plan vertical) du corps. En revanche, la queue de l'animal ne se terminait pas en nageoire caudale. En fait, le rôle propulseur de celle-ci était dévolu aux pieds : leur surface importante devait brasser l'eau à chaque flexion-extension du dos. Compte tenu de la petite taille relative du fémur et du tibia, les muscles qui s'attachaient sur ces os devaient être

plutôt faibles. Le rôle moteur devait donc être essentiellement tenu par les muscles du dos, qui entraînaient les membres postérieurs dans leurs mouvements dorso-ventraux, comme chez les phoques. Quant aux membres antérieurs, ils devaient principalement servir à maintenir le cap ou à en changer.

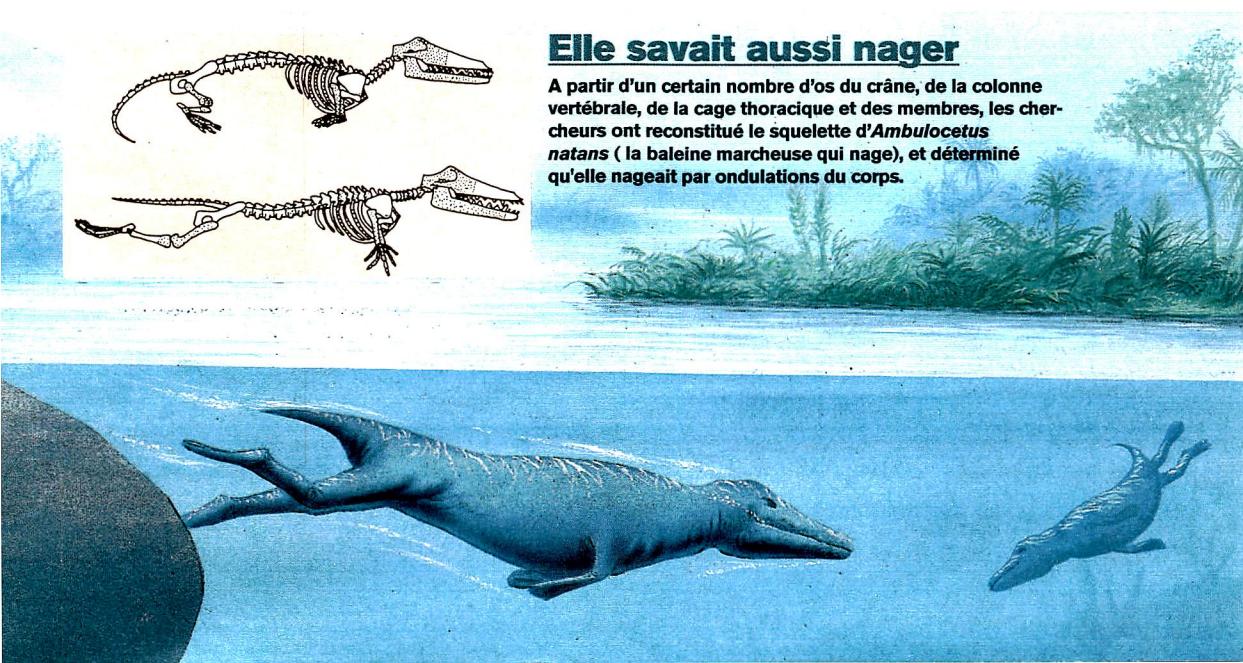
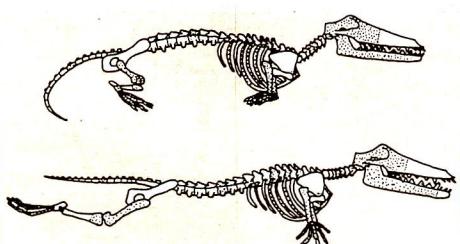
Sur terre, la taille importante des mains et des pieds était plus un handicap qu'un avantage. En effet, si les membres avaient été orientés parallèlement au corps, comme chez la plupart des mammifères, *Ambulocetus* se serait marché dessus ! La solution sélectionnée par l'évolution : tourner pieds et mains vers l'extérieur, comme chez les otaries. Et comme chez celles-ci, pour se déplacer, l'animal devait procéder par extension du dos en prenant appui sur les membres postérieurs.

Les plus proches cousins terrestres des baleines étaient, à l'époque, des mammifères aptes à la course, les mesonychides. Lorsqu'il leur arrivait de nager, ils devaient certainement, tout comme les mammifères terrestres actuels, pratiquer la "nage du petit chien". A un moment donné de leur évolution, les cétacés ont donc dû passer de ce type de nage à une nage plus efficace, par ondulations du corps ; de même, ils ont abandonné leurs pieds comme surface propulsive et les ont remplacés par une nageoire caudale horizontale. *Ambulocetus* a franchi la première étape, mais pas la seconde ; la nage par ondulations est donc apparue avant la nageoire caudale. Peut-être se gardait-elle la possibilité de retourner à terre. Après tout, pour ce mammifère, la glaise devait paraître un élément bien plus familier que l'eau... ■

(1) J. G. M. Thewissen,
de l'université
d'Ohio,
S. T. Hussain, de
l'université Howard
de Washington, et
M. Arif, du Geological
Survey of
Pakistan.
Nature,
4 février 1993, et
Science,
14 janvier 1994.

Elle savait aussi nager

A partir d'un certain nombre d'os du crâne, de la colonne vertébrale, de la cage thoracique et des membres, les chercheurs ont reconstruit le squelette d'*Ambulocetus natus* (la baleine marcheuse qui nage), et déterminé qu'elle nageait par ondulations du corps.





BARBE NOIRE

La vraie vie des pirates

des trésors
de l'astuce,
de l'audace,
des tempêtes,
des combats,



Pour 1 à 4 joueurs
à partir de 14 ans



GAMES OF
STRATEGY

Je souhaite recevoir BARBE NOIRE, au prix de 280 F Franco de port.

Ci-joint mon règlement de 280 F à l'ordre de JEUX DESCARTES, 1 rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15.

Nom

Prénom

Adresse



Intelligence animale

Les nouvelles preuves

DOSSIER

PAR GERALD MESSADIÉ

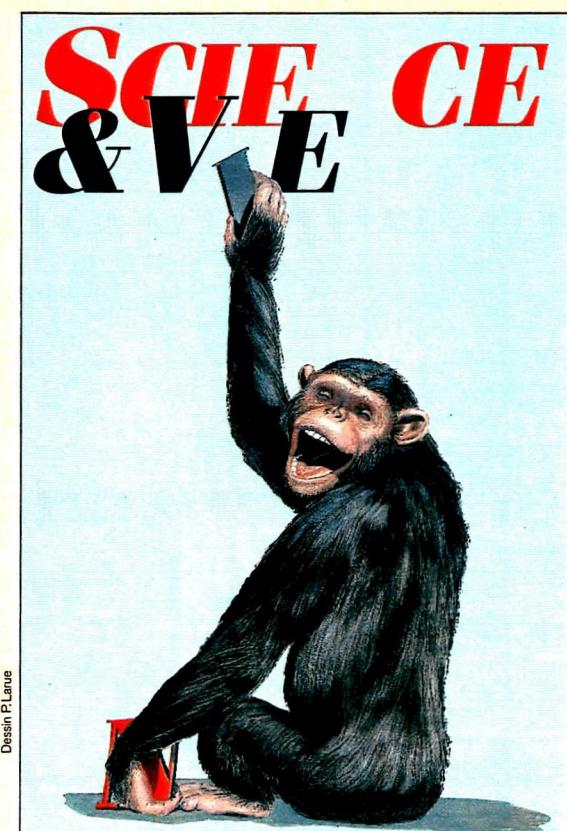
« Chaque fois que quelqu'un trouve un aspect du comportement humain qui semble spécifiquement humain », observait récemment l'anthropologue Kathleen Gibson, de l'université du Texas, « il y a un singe prétentieux dans une cage quelconque qui semble le posséder lui aussi. » On crut ainsi longtemps, sur la foi d'Henri Bergson, que « le rire est le propre de l'homme ». Hélas ! l'éthologue Hans Kummer a vu rire des babouins hamadryas qui s'esbaudissaient des bavures d'un congénère. Toutes les recherches indiquent que les animaux possèdent au moins

les structures de l'intelligence humaine. Ils ont une logique, des capacités d'abstraction, d'invention et d'inhibition. Ils peuvent rire, et ils peuvent aussi mentir. Mais le sujet de leur intelligence et de leur conscience est tabou dans les journaux académiques. ▶

L'INSTINCT, CACHE-SEXE
DE L'INTELLIGENCE
PAGE 62

HOMME ET ANIMAL, MÊMES
CAPACITÉS MENTALES
PAGE 66

LE LANGAGE
REND INTELLIGENT
PAGE 70



Dessin P. Laue

éthologie





P. Lané

L'instinct, cache-sexe de l'intelligence

**Le plus difficile dans
l'étude de l'animal par l'humain,
c'est d'admettre
qu'une bête n'est pas bête.**

L'invention spontanée de l'outil

En présence de deux éprouvettes contenant du yaourt sucré et de morceaux de bambou d'un diamètre supérieur à celui des récipients, Camelo et Pippi, des singes cebus mâles, ont épluché les bambous avec les dents jusqu'à ce qu'ils puissent les introduire dans les éprouvettes. Et là, ils ont aspiré le yaourt. Après avoir assisté à leurs manœuvres, Brahm, une femelle qui avait déclaré forfait, a le lendemain refait les gestes de ses congénères en un tournemain. Ces singes ont donc été capables d'inventer l'outil et d'apprendre.

Jusque vers la fin du siècle dernier, l'on se satisfit de la notion d'"instinct" pour expliquer des comportements animaux qui évoquaient de façon gênante ceux des humains. Le terme désignait une impulsion intérieure, indépendante de la réflexion, qui débarrassait les humains de la question : « Est-il bien sûr que les animaux ne pensent pas ? » Les travaux du neurophysiologiste Ivan Pavlov, au début du siècle, semblaient faire avancer la connaissance, mais, en fait, la bloquaient. Dans l'une de ses plus célèbres expériences, il démontra qu'un chien auquel on a fait entendre une clochette chaque fois qu'on lui donnait à manger, ce qui déclenchaît la sécrétion de sucs gastriques, se mettait à produire ces sucs au seul son de la clochette et sans qu'on lui présentât de nourriture. Il induisit l'illusion qu'un animal n'est qu'un paquet de réflexes, les uns héritaires, les autres acquis. L'instinct, vous dis-je !

Le succès des théories darwiniennes devait inciter la recherche à ne pas se satisfaire trop commodément d'idées toute faites : dans quelle mesure ce singe, dont on disait que nous descendions, était-il intelligent ? En 1925, l'Allemand Wolfgang Köhler, pionnier en la matière et sans doute fondateur de l'éthologie moderne, conclut, après avoir étudié des primates, que leur intelligence existait bien, mais que le niveau n'en dépassait pas celui d'un enfant de 3 ans. Un chimpanzé peut donc bien, si on lui donne deux bâtons creux susceptibles d'être emmanchés, imaginer de les mettre bout à bout pour atteindre une banane à l'extérieur de sa cage. Köhler observa même des chimpanzés en liberté construire des tours à l'aide de caisses

HUMAIN, TROP HUMAIN

On ne saurait mieux dire : l'anthropologie est en crise larvée. Elle l'est depuis plusieurs décennies, d'ailleurs. Elle aggrave même cette crise par ses travaux sur l'intelligence animale. En effet, la compréhension de cette dernière est implicitement liée à celle de la nôtre ou, du moins, à celle dont nous nous sommes longtemps arrogé le privilège. Tant qu'on ne sait pas vraiment ce qu'est l'intelligence humaine, il est impossible de définir ce qu'est l'animale.

D'où la prolifération étonnante de travaux sur l'esprit des animaux, dont la bibliographie sommaire en petits caractères occuperait aisément l'espace de cet article. De Lorenz et von Frisch à Goodall et Kummer, des trésors de patience, des quantités impressionnantes d'expérimentations et d'observations ont enrichi la science du comportement animal, ou éthologie animale. Et cela continue : l'actualité ne faiblit pas, aussi bien dans les centres de primatologie que dans les laboratoires des universités du monde entier consacrés à l'étude du comportement animal.

Mais, objectera-t-on, est-ce bien nécessaire ? Ne savons-nous pas après tout constater l'évidence : c'est que nous, humains, pouvons étudier les animaux et qu'eux ne peuvent pas nous étudier ? Evidence indiscutable. Mais qui n'informe pas sur l'objet profond de ces recherches : l'intelligence animale nous éclaire sur deux points qui nous intéressent, nous autres humains, égoïstement : la manière dont nous avons acquis le langage et les rapports entre celui-ci et notre pensée. A partir de quel stade de l'évolution les descendants des australopithèques ont-ils commencé à

organiser leur représentation du monde en objets utiles et non utiles ? A partir de quel moment ont-ils cessé de grogner pour émettre des sons complexes qui désignaient tel objet et tel sentiment ? Et, dans un autre domaine, pourquoi nos troubles mentaux nous rapprochent-ils donc de l'état animal ?

L'étude de l'intelligence animale n'est donc pas une activité un peu oiseuse d'amis des bêtes, un dérivé de la zoologie qui se serait laissé emporter un peu trop loin. Il est certain que nous sommes intrigués par les actions et réactions ainsi que par l'affection d'un chien, d'un chat, d'un perroquet ou d'un cheval, et que beaucoup d'humains seraient heureux de percer les énigmes qu'ils nous posent souvent. Mais il est tout aussi certain que les perspectives de l'intelligence animale vont bien plus loin.

Savoir dans quelle mesure on peut dire qu'un animal est "intelligent" est une question aussi actuelle que l'étude de l'Univers lointain ou des particules fondamentales. Mieux : au moins aussi populaire que les théories d'un Stephen Hawking. Quand, il y a quelques semaines, un ouvrage d'éthologie sur les capacités mentales des chiens, *la Vie secrète des chiens*, parut aux Etats-Unis, le succès de librairie fut retentissant : près de trois cent mille exemplaires vendus en trois mois ! (1)

Néanmoins, l'étude de l'intelligence animale reste périlleuse. Faute d'outils des-

criptifs adéquats, elle est contrainte d'utiliser des références anthropologiques, pour ne pas dire anthropomorphiques, qui contrarient les esprits rigoureux. Comment, en effet, la définir sans comparaisons avec la nôtre ? Et voilà, disent certains, que le travail est faussé dès le départ. Parlons d'éthologie, à la rigueur. Or, celle-ci informe bien sur l'intelligence animale, mais de biais. Gageons qu'un spécialiste de l'intelligence animale sera traité avec quelque réserve par ses confrères éthologistes ou sociologues.

Si l'on veut traiter du sujet, il faut donc se garder de conclusions catégoriques,

THE HIDDEN
LIFE OF DOGS



La Vie secrète des chiens :
300 000 exemplaires
vendus en trois semaines
aux Etats-Unis. Un succès
qui confirme l'intérêt porté
à l'"intelligence" animale.

Ses limites sont floues, et la meilleure manière de l'aborder est sans doute de le faire de façon historique. En fin de compte, l'intelligence animale est partiellement le reflet de l'idée que nous, humains, nous en faisons.

(1) *The Hidden Life of Dogs*, Houghton Mifflin Company, Boston-New York 1993.



suite de la page 63

ramassées ça et là pour atteindre une banane haut placée. Mais ce n'était, pour lui, que l'effet d'une "connaissance héréditaire" ou bien d'un apprentissage sur le tas, comme le pratiquent, ou, plutôt, comme on le leur fait pratiquer, les animaux de cirque. Souvent, les chimpanzés construisaient mal leurs échafaudages, qui s'écroulaient avant d'avoir servi (1).

Dès les années trente, Konrad Lorenz approfondit encore les recherches. Ce qu'on appelait instinct était en fait un ensemble d'activités distinctes : réflexes, réactions locomotrices (dites taxes) et réactions instinctives proprement dites, ces dernières étant innées, c'est-à-dire héréditaires, et toujours spécifiques de l'espèce. Mais Lorenz y ajoutait la capacité, non spécifique, elle, mais individuelle, d'apprendre des réactions d'adaptation. Certains individus sont plus doués que d'autres, plus "intelligents". De plus, observa Lorenz, la frontière entre réactions innées et réactions acquises n'est pas aussi tranchée qu'on voudrait le croire. C'est ainsi que le tisserin âgé tisse son nid avec plus d'adresse que le jeune : il a perfectionné individuellement son art. Allez discerner la part de l'héréditaire et de l'acquis !

Dans les années soixante-dix, la primatologie fit un bond et la recherche dans l'enquête sur l'intelligence animale avec elle. Des chimpanzés tels que Washoe, Sarah, Lucy, puis le gorille Koko, donnèrent au monde profane comme aux spécialistes l'illusion qu'il serait enfin possible de communiquer avec les primates, sinon avec les animaux en général. Si l'on offrait à l'animal, par l'entremise d'un ordinateur, la possibilité de choisir parmi quelque deux cents mots élémentaires de notre langage et de les assembler en fonction des circonstances, on obtenait des phrases telles que : « S'il vous plaît donner Washoe boisson sucrée. » Y avait-il donc chez l'animal une compréhension des structures du langage ? En effet, la phrase était composée dans l'ordre correct sujet-verbe-objet (2). Elle témoignait donc d'une logique, aussi embryonnaire fût-elle. Donc d'une intelligence apparentée à la nôtre.

De tels travaux furent toutefois décriés après avoir fait l'objet d'un enthousiasme fiévreux. Pour certains critiques, en effet, l'objection principale était que les exploits des singes savants ne témoignaient pas tant d'une capacité de maîtriser le langage humain que d'un apprentissage conditionné selon les règles les plus ordinaires du behaviourisme (3). Des dresseurs ont, dans d'autres domaines, obtenu

des prouesses comparables d'animaux de cirque moins élevés sur l'échelle évolutionniste. Mais un nouveau revirement est en cours. S'il est vrai qu'on s'est laissé émouvoir un peu facilement par les Washoe & Co. (qui, d'ailleurs, ne réussissaient pas à tous les coups leurs exercices de traduction singe/homme), il n'en reste pas moins qu'il y a bien une capacité animale d'acquérir les rudiments de notre logique.

Ce qui pose un problème très vaste : la logique n'est-elle pas universelle ? La bactérie qui parasite l'intestin pour y trouver les nutriments qu'elle n'obtient ailleurs que difficilement n'est-elle pas, elle aussi, logique à sa façon ? La logique est-elle séparable de l'intelligence ? Et cette dernière est-elle la capacité d'adaptation à l'environnement ? Et n'est-elle que cela, ou bien comporte-t-elle aussi la capacité de représentation abstraite du monde ? Mais cette capacité elle-même n'est-elle pas, elle aussi, une forme d'adaptation ? En quoi l'invention du marteau par l'homme diffère-t-elle de l'"invention" du marteau par la mouette quand elle s'empare d'une pierre pour casser un bivalve à coquille dure en vue de le manger ?

Et si l'enfant possède bien des structures grammaticales, c'est-à-dire logiques, innées – la fameuse "grammaire générative" chère au linguiste américain Noam Chomsky et à ses disciples –, n'est-il pas vrai que, tout comme Washoe, Sarah, Lucy et Koko, il apprend aussi le langage par conditionnement ? Que fait-on donc dans nos écoles si ce n'est conditionner ces lointains petits cousins du singe à utiliser logiquement les mots en fonction de ce qu'on veut leur faire exprimer ?

Ces études sur la capacité d'apprendre notre langage étaient sans doute naïves. Bien sûr que les chimpanzés ont ces systèmes de signes que nous appelons langage, commandés eux aussi par des structures logiques. Un singe qui, par exemple, pousserait sans nécessité un cri d'alarme (car ils en ont) et ferait décamper toute la bande pour rien recevrait une raclée. Les singes se servent correctement de leurs signes de communication en fonction des circonstances. Comme le chat utilise chacune de ses deux mille vocalisations dans des contextes spécifiques (4). Que l'animal parle notre langage ou pas, qu'importe, l'essentiel est qu'il ait le sien.

Il a donc fallu déchanter : dans l'étude de l'intelligence animale, le langage des chimpanzés ou celui d'autres bêtes n'est pas la voie royale qui permettra commodément de progresser. Mais cette étude aura eu le mérite de prouver que l'instinct n'est pas la seule capacité de l'animal. ►

(1) Karl von Frisch,
Architecture animale,
Albin Michel.

(2) Eugen Linden, "Apes, Men and Language", Saturday Review Press/E.P. Dutton & Co, Inc, New York.

(3) Les behaviouristes ne retiennent de la réaction du sujet que l'aspect comportemental, ils ne s'intéressent pas à l'aspect physiologique.

(4) Communications CEDOS sur les travaux de J. L. Renck et S. Rubi à l'université de Zurich, décembre 1993.



Homme et animal, mêmes capacités mentales

Tandis que les recherches se poursuivent dans toutes les sous-disciplines de l'éthologie, l'heure est aux synthèses. Ce n'est pas en s'efforçant de savoir, par exemple, si les dauphins peuvent compter ou si les héritiers de Washoe sont capables de comprendre Leibnitz qu'on fera la percée désirée. Il est plus intéressant d'établir ce que l'animal peut faire et ce qu'il ne peut pas.

L'inventaire comparatif de ses capacités serait trop long pour être exposé ici systématiquement. Cinq points nouveaux en ressortent :

- **L'animal est capable d'organiser des actions complexes** qui échappent aux définitions classiques de l'instinct, qui est, lui, constitué de réflexes, innés et acquis. Exemple : une bande de babouins hamadryas est prise au dépourvu par des pluies d'orage qui se sont abattues pendant la nuit sur son site. Les singes, trempés, grelottent. Il leur faut aller ailleurs. Ils se dirigent d'abord vers un site où ils étaient allés la veille. Un vieux singe décharné prend la direction opposée, après s'être beaucoup gratté, signe de conflit intérieur, tout comme chez les humains. Les autres mâles (qui assument toujours la direction des déplacements) s'assoient et se grattent eux aussi, puis finissent par suivre l'ancien. Décision sage, car les pluies avaient gonflé énormément le cours d'eau qui se trouvait dans la première direction qu'avait choisie le groupe. « L'ancien était-il le seul à le savoir ? » demande Hans Kummer, auquel on doit l'une des études les plus approfondies (et les plus riches en faits déconcertants) sur les singes (1). Kummer utilise à ce sujet le terme de "vote". Il y a bien dans les prises de

**Faire des projets,
les analyser, concevoir des
abstractions, inventer
et affirmer une individualité,
et même rire, c'est
aussi le propre de l'animal.**

décision de ces singes toutes les apparences d'un débat "démocratique".

Autre exemple : quand une trouée catastrophique dans un barrage de castors compromet leur lac de retenue, le chef castor et ses recrues plongent au fond du lac et s'empressent, dans un premier temps, de colmater la brèche à l'aide d'herbes et de boue. Or, cela contrevient au "génie civil" des castors, qui est de ne se servir que de branches préparées pour la construction de la digue proprement dite, herbes, boue et gravier ne servant que pour l'étanchéité finale des ouvrages. Mais, en l'occurrence, c'est-à-dire dans l'urgence de la situation, cela prendrait trop de temps. Le colmatage de fortune effectué est le plus sage. Toutefois, le lendemain matin, le chef castor plonge à nouveau avec une branche préparée (écorcée et coupée) et commence de procéder à la réfection de l'ouvrage d'art selon les règles ; ce qui témoigne donc que, pendant la nuit, le castor a réfléchi à la situation.

Dans un autre cas, on a vu un castor commettre la faute inconcevable : faire lui-même un trou dans son barrage. Explication : le lac de retenue était gelé et le castor était obligé, pour nager dessous, de le faire en apnée. Or, en laissant s'écouler un peu d'eau, il pouvait nager sans retenir sa respiration, grâce à la couche d'air qui

(1) et (4) *Vies de singes*
Odile Jacob.

(2) Auteur d'*Animal Minds*, Houghton Mifflin Company, Boston-New York.

(3) Cité par Sharon Begley et Joshua Cooper Ramo, "Not Just a Pretty Face", *Newsweek*, 1^{er} novembre 1993.



Y.Nolo-Campanella/Bios



**« Viens. Je t'aime. Je regrette.
Je veux rentrer. »**

Alex, perroquet gris du Gabon, avait déjà séduit l'éthologue Irene Pepperberg par son agilité d'"esprit". Quand il utilisa dans l'ordre logique et dans des circonstances précises (et pathétiques) les quatre phrases ci-dessus, pourtant apprises séparément, ce fut la stupeur.

s'était ainsi infiltrée à travers des fissures de la glace. De tels comportements, dit l'éthologue américain Donald Griffin (2), ne sont pas inscrits dans un programme génétique.

● **L'animal est capable de former des images mentales.** En témoigne la capacité d'organiser des actions complexes. Le castor ne serait pas allé couper des troncs d'arbres pour colmater la brèche s'il n'en avait, la nuit, conservé le souvenir. Mais l'exemple suivant prouve encore mieux cette capacité d'abstraction : un chimpanzé s'avise que

certaines branches d'un arbre où il trouve sa nourriture lui sont inaccessibles. Le singe s'assied et examine l'arbre pendant un long moment. Puis il va chercher un tronc et le dresse à l'oblique, en l'appuyant contre l'arbre du côté où se trouvent les feuilles. Cela fait, il prend son élan et, grimant sur sa rampe de fortune, parvient à atteindre les branches. Cela prouve une représentation mentale des fins et des moyens (3).

Kummer rapporte encore (4) la comédie suivante, observée chez des babouins géladas. Comme tous les singes, ceux-ci ont une organisation sociale très complexe, avec des animaux de rang supérieur et d'autres de rangs subalternes. Le mâle dominant, ou alpha, s'efforce d'avoir, en plus de sa compagne alpha, le plus possible d'épouses bêta. Dans le groupe en question, le mâle alpha était Killer ; il avait été séduit par une femelle alpha, Juliette. ►

suite de la page 67

Jusque-là, rien que d'ordinaire. Mais voilà que Killer veut s'assurer aussi les faveurs de Vicki, femelle bêta. Vicki ne l'entend pas ainsi, et, plutôt que d'être seconde à Rome, elle préfère être première en province : elle élit un mâle bêta, Mooge, comme époux. Fureur des chefs : Killer et son épouse Juliette (qui entend sans jalousez organiser le harem de son époux) foncent sur Vicki, pour la séparer de Mooge. Vicki s'abrite derrière Mooge. Que fait celui-ci ? Il ne peut attaquer Killer, sous peine d'être chassé du clan : il attaque alors Juliette. Car une femelle est toujours une inférieure. Puis, aidé de Vicki, il met Killer en fuite. Le couple bêta Mooge-Vicki est ainsi constitué, à l'encontre des visées sexuelles du chef Killer. Celui-ci et son épouse tenteront plusieurs fois encore de défaire le couple bêta, mais ils finiront par renoncer.

Or, cela démontre que Vicki a une image mentale très développée du statut de concubine qui la menace. Elle élabore donc une stratégie pour conquérir une dignité sociale. Comportement qui, lui non plus, ne peut être inscrit dans les gènes.

Image mentale signifie-t-il abstraction ? Il faut le croire dans le cas de Sarah et de Sheba, deux chimpanzés femelles que la psychologue Sarah Boysen, de l'université d'Etat de l'Ohio, a entraînées à reconnaître des chiffres arabes. Quand Boysen présente à Sarah deux plateaux sur lesquels elle a posé des cartons avec des chiffres différents et qu'elle lui demande de décider lequel doit aller à Sheba, chaque chiffre représentant un nombre égal de bonbons, Sarah ne se trompe pas : elle désigne le plus petit chiffre pour sa congénère⁽⁵⁾ ! Le chimpanzé possède donc des capacités rudimentaires de calcul.

Il y a une quinzaine d'années déjà, J. B. Wolfe et J. T. Cowles avaient aussi appris à des chimpanzés à se servir de "monnaie" : un jeton bleu donnait droit à deux grains de raisin, un blanc à un grain et un rouge à aucun. Les animaux se révèlèrent excellents comptables, surtout les femelles, les mâles tendant à régler leurs comptes par la force musculaire⁽⁶⁾...

● L'animal est capable d'établir une stratégie psychologique et, incidemment, de mentir. On connaît l'exemple de l'oiseau femelle poursuivi par un prédateur, qui feint d'être blessé pour détourner son attention et sauver ainsi sa nichée. On connaît moins celui, rapporté par Frans de Waal, du chimpanzé qui attend la nuit, quand ses congénères sont endormis, pour déterrer un pamplemousse qu'il a cueilli et caché pendant le jour et le manger sans avoir à le partager. Ou celui du singe de rang inférieur qui, copulant avec une femelle de rang supérieur, se cache le sexe avec la main quand il est surpris en flagrant délit par le conjoint⁽⁷⁾.

Dans le domaine de la stratégie psychologique, qui témoigne encore plus fortement de la capacité de l'animal à inventer un comportement indépendamment de son instinct, il faut citer l'exemple suivant, qui donne incidemment la mesure de la faiblesse des études sur le langage. L'éthologue américaine Irene Pepperberg avait entraîné un perroquet gris du Gabon, l'illustre Alex (il a fait l'objet de nombreuses références dans la littérature sur la question), à nommer les objets qu'elle lui présentait (80 % de succès). Elle dut l'emmener un jour chez un vétérinaire, Alex devant subir une intervention sur le poumon. Alors qu'elle quittait l'animal, celui-ci cria : « Viens ici. Je t'aime. Je regrette. Je veux rentrer. »⁽⁸⁾ A l'évidence, Alex croyait qu'il était abandonné parce qu'il avait commis une faute. Mais, là, un mystère demeure : comment Alex a-t-il pu assembler quatre phrases humaines précédemment apprises et les articuler dans un contexte aussi approprié ?

● **L'animal a la capacité d'inhibition**, celle qui fait que son comportement n'est justement pas "animal" au sens humain mais semble témoigner d'une conscience des répercussions d'une action instinctive. On a souvent décrit les simulacres de combat que se livrent des loups mâles dans leur lutte pour la dominance : le loup qui devine que le duel est perdu pour lui se couche et présente son cou en signe de soumission et, fait essentiel, le vainqueur l'épargne. Il en est de même, dit Kummer, chez les hamadryas. Ils peuvent se battre de fait, mais ils évitent le plus souvent de le faire. L'agressivité est donc bridée et les conflits sont maintenus, quand c'est possible, dans des limites tacites qui évitent l'effusion de sang. Pourquoi ? Parce que l'utilité du combat pourrait être coûteuse par rapport à l'utilité du butin, suppose Kummer.

L'animal respecte aussi la propriété d'autrui. Ainsi, lors d'une expérience à l'institut de zoologie de Zurich, on a donné à des hamadryas des boîtes de maïs qu'ils pouvaient porter et dont ils tiraient la nourriture par des trous. Les mâles ne se sont pas approprié les boîtes des autres mâles, même si ceux-ci étaient de rang inférieur (mais les femelles ne respectaient qu'une fois sur deux la propriété des autres femelles). Kummer met toutefois en garde contre la tentation de baser sur ces faits l'hypothèse d'une "morale" animale.

En veine d'ironie, le biologiste Boris Cyrulnik s'interrogeait sur la différence qui pourrait séparer le militaire claquant des talons et le singe subalterne qui s'incline devant son supérieur. Autant dire que les animaux aussi connaissent la soumission ! Ajoutons, pour faire bonne mesure, que,

(5) Joshua Fischman, "New Clues Surface about the Making of the Mind", *Science*, 3 décembre 1993.

(6) Rapporté par Boris Cyrulnik dans *Mémoire de singe et paroles d'homme*, Hachette.

(7) et (8) *Newsweek*, déjà cité.

(9) Karl von Frisch, *Architecture animale*, Albin Michel.



Des constructeurs, oui, mais aussi des hydrauliciens

On ne leur a reconnu longtemps que le sens du génie civil, théoriquement génétique. Mais l'éthologie relève chez eux des réactions qui supposent aussi des connaissances d'hydraulique. Car abaisser volontairement le niveau d'un lac de retenue gelé pour pouvoir respirer commodément sous la glace témoigne d'une intuition du rapport masse/niveau.

contrairement à ce qu'on a longtemps cru, l'animal possède en tout cas le sens de l'hygiène : jamais un chimpanzé en bonne santé ne souille son nid, rapporte Karl von Frisch (?) (plus connu pour ses études sur les abeilles) : il en vide soigneusement les excréments, même en pleine nuit...

● **L'animal maîtrise les techniques** : les merveilles de l'architecture animale ont fait l'objet de rapports assez nombreux pour que le public en soit informé : du nid de l'épinette aux digues des castors ou aux guêpiers des cartonnères. On remplirait sans peine un gros volume avec les astuces technologiques animales : de la larve de cigale, qui s'imperméabilise en soufflant de l'air dans une goutte de liquide visqueux qu'elle produit et dont elle s'enveloppe, au labre qui maçonnera son puits d'habitation avec des pierres et des coquillages. Comportements héréditaires, donc.

En est-on aussi sûr dans le cas du héron biporeau qui, contemplant les poissons de son étang, va ramasser des brindilles et les jette sur l'eau, ce qui attire les poissons que notre héron n'a plus de peine à capturer ? Et dans le cas du gorille qui, lorsqu'il doit éplucher un fruit épineux, l'enveloppe dans des feuilles pour le manipuler plus commodément ?

● **L'animal a le sens de l'individualité** ; l'animal supérieur, en tout cas. Rien pour le moment ne permet de savoir si la bactérie alpha reconnaît ou non la bactérie lambda dans sa boîte de Petri, ni si le moustique reconnaît un congénère déterminé. Il est établi que la reconnaissance dans une société animale s'effectue selon les signes exté-

rieurs qui appartiennent un individu à son groupe, qui définissent son sexe et, dans les sociétés évoluées, qui marquent son rang dans le groupe (singe alpha, bête, gamma, etc.). Cependant, on a pu constater, chez les mammifères supérieurs, de nombreux signes qui montrent que l'individu *a* identifie un individu spécifique *b* de son groupe et lui témoigne une préférence.

Outre les études de Kummer sur les sociétés de singes hamadryas, citées plus haut, qui confirment amplement ce fait, il faut citer les études sur Koko, le célèbre gorille femelle de la Gorilla Foundation à Woodside, en Californie, qui défraie la chronique éthologique depuis les années soixante-dix. Cela fait des années qu'on s'efforce de trouver un conjoint à Koko. Michael, par exemple, fut rejeté après une longue cohabitation parce qu'il avait mauvais caractère et qu'il souffrait de l'estomac. Il y a peu, Koko est tombée "amoureuse" (quel autre terme ?) de Bongo, après l'avoir vu en vidéo. La preuve de son émoi fut qu'elle couvrit de baisers l'écran. Mais le zoo de Rome refusa de prêter Bongo, et Koko donna alors tous les signes d'un grand chagrin d'amour. Tout récemment, Koko est de nouveau tombée amoureuse, cette fois de Ndume, superbe gaillard du Brookfield Zoo de Chicago. Là aussi, quand on lui en présenta une séquence vidéo, elle donna tous les signes de l'émoi.

Toujours est-il qu'on dispose là, outre des preuves apparentes d'une affectivité très voisine de la nôtre, d'indications précises sur le sens animal de l'individualité de l'"autre". Ce sens pourrait être interspécifique : il y a plusieurs années, le célèbre Joseph Bouglione nous rapporta l'histoire singulière d'une amitié intense entre une chèvre du Caucase et un éléphant mâle. Quand on les sépara, l'éléphant témoigna un grand chagrin, et aucune autre chèvre ne fit l'affaire. Quant à Koko, elle materna, avant sa rencontre avec Ndume, un jeune chat nommé All Ball.



Le langage rend intelligent

Si l'animal avait un larynx lui permettant de parler comme nous, son discours nous surprendrait.

Comme plusieurs autres éthologues, Richard Byrne, de l'université Saint-Andrews, en Ecosse, observe que les primates les plus intelligents sont ceux dont la vie sociale est la plus complexe et aussi la plus variable : les chimpanzés, les orangs-outans et les gorilles. Il n'est actuellement pas possible d'affirmer qu'il y a une corrélation entre les deux, mais on peut observer que, la conséquence d'une vie sociale complexe étant la diversification du système de signes, c'est-à-dire du langage, il y aurait un lien entre l'intelligence et la complexité du système de signes. Une expérience qui remonte à une quinzaine d'années a montré, par ailleurs, que dans un groupe de rats placés dans des conditions difficiles, avec une mauvaise socialisation, certains dégénèrent et deviennent "idiots" (1).

La variabilité de la vie sociale dans certaines conditions semble donc impliquer un développement des facultés mentales, autrement dit de l'intelligence. D'où la différence que relève Kummer à cet égard : en dépit de sa complexité, de sa précision et de son élégance, le langage des abeilles, déterminé génétiquement et invariable (danser à 15° à droite de la direction du soleil signifie : « A 15° à droite vous trouverez une source de nourriture »), n'est pas aussi développé que celui des hamadryas. Moins précis dans leurs signes, ces singes sont pourtant plus intelligents : c'est que leur système de communication est susceptible de variations et que, point essentiel, il tient compte, comme on l'a vu p. 65, des compétences individuelles. Chez les abeilles, il n'y a ni personnalité, ni individualisme ; chez les hamadryas, si : il y a de vieux sages et de jeunes impertinents, des adultes rebelles et des jeunes soumis.

Et revoici le problème qu'on croyait spécifiquement, exclusivement humain des liens entre le développement de l'intelligence et l'acquisition du langage. Et là s'imposent les images des enfants sauvages, qui constituent l'une des énigmes les plus fer-

tiles dans ce domaine. On en a trouvé plusieurs dizaines au cours de l'histoire. Abandonnés sans doute très tôt après leur naissance, ces enfants avaient survécu aux attaques des bêtes sauvages et, d'un niveau mental apparenté à l'idiotie, vivaient en bonne intelligence avec elles, en ayant adopté et les comportements et les cris. Sur l'un des cas les mieux documentés, celui des fillettes indiennes Amala et Kamala trouvées le 4 novembre 1920 en compagnie de loups, on lit ceci dans le rapport circonstancié sur leur observation : « Lorsqu'on les découvrit, leur capacité phonatoire était nulle. Elles étaient muettes. Aucun son articulé ne sortait de leur bouche. » Rien que des grognements bestiaux, constitués de « notes très hautes et perçantes » (2).

Morte neuf ans plus tard, Kamala (3) avait entre-temps appris le langage humain, et elle était revenue presque normale bien qu'elle eût conservé certaines habitudes de louve. Le plus riche des enseignements qu'elle léguera est que son niveau intellectuel et affectif crût au fur et à mesure de son apprentissage du langage.

On admet d'ailleurs, à la suite de Piaget et de nombreux chercheurs, neurologues et spécialistes de la cognition, que, chez l'être humain, l'apprentissage du langage à une époque déterminée de l'enfance est indispensable à un développement normal de l'intelligence. D'où l'importance qu'on attache à l'étude de l'apprentissage du langage chez les animaux.

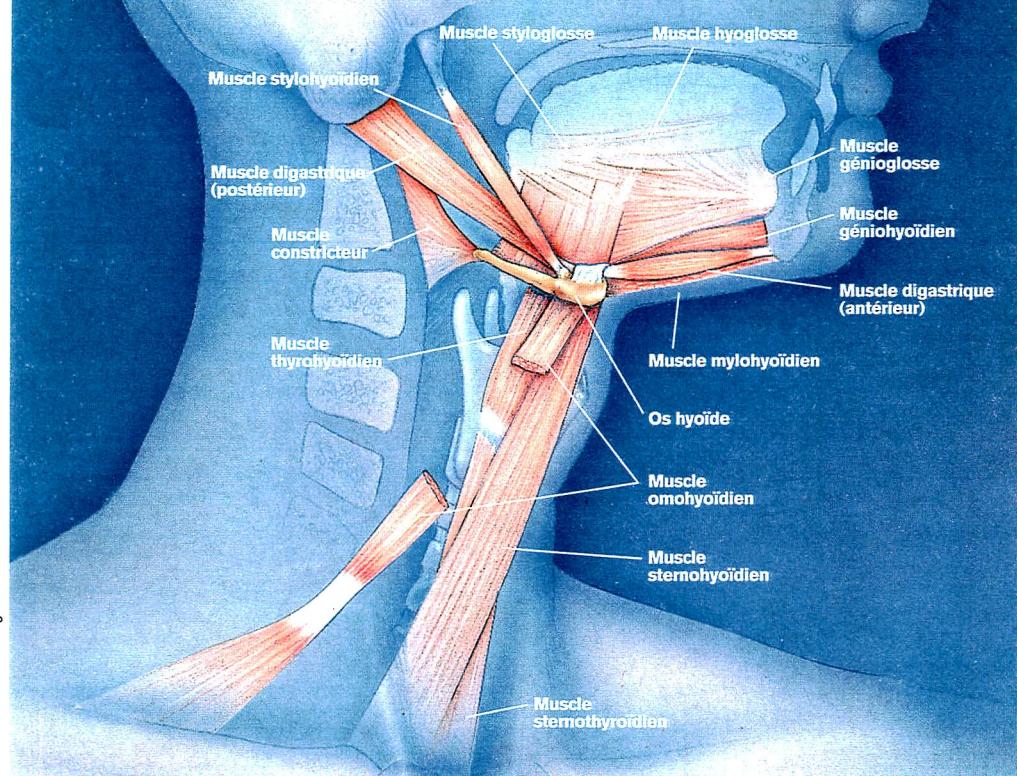
L'intuition scientifique actuelle est qu'on peut accorder aux animaux, dans une certaine mesure, variable selon la place dans l'évolution, la possession de ce qu'on peut appeler les cadres de l'intelligence. N'ayant pas, anatomiquement parlant, notre système phonatoire, ne pouvant échanger que des informations rudimentaires, ne pouvant non plus les transmettre par écrit ou les étudier pour enrichir les intelligences de congénères, les espèces animales, même les plus élevées dans

(1) Expérience de Calhoun, rapportée par B. Cyrulnik dans *Mémoire de singe et Paroles d'hommes*, Hachette.

(2) J. A. L. Singh et R. M. Zingg, *L'Homme en friche - de l'enfant-loup à Kaspar Hauser*, éd. Complexe.

(3) Amala mourut un an après avoir été découverte.

(4) *Newsweek*, 1^{er} novembre 1993.



COMMENT SOMMES-NOUS DEVENUS BAVARDS ?

Une grande émotion a accueilli, en 1989, la découverte d'un vestige humain rare au mont Carmel, en Israël : un os hyoïde du Paléolithique moyen, âgé donc de 60 000 ans. Ce bout d'os en "U" devrait, en effet, donner des informations sur un point crucial de la paléontologie : l'homme de Néanderthal pouvait-il parler comme nous ?

Situé entre la racine de la langue, qui repose sur lui, et le larynx, l'os hyoïde est, de nos jours, relié à ce dernier par douze muscles répartis en

deux groupes : les suprahyoïdes, qui sont des élévateurs, et les infrayoïdes, dépresseurs. Tout mouvement de l'os hyoïde modifie la structure du larynx et donc l'émission des sons. Si le larynx se relève, le volume de la cavité qui se trouve au-dessus de la glotte diminue et la pression qui s'exerce sur elle augmente, ce qui permet la production de consonnes explosives, comme le "p" et le "t". Si le muscle digastrique, attaché à la mâchoire inférieure, se contracte, l'hyoïde et la langue

s'avancent, ce qui est nécessaire à l'émission de sifflantes, comme le "s", et d'alvéolaires, comme le "t". D'où l'immense intérêt de l'os retrouvé au mont Carmel, dont l'étude, qui se poursuit encore, devrait permettre d'établir de quels muscles disposait pour parler l'homme de Néanderthal.

Il y a une vingtaine d'années, le paléontologue P. Liebmann avait conclu, après l'étude d'un modèle de crâne de la Chapelle-aux-Saints, que l'homme de Néanderthal ne pouvait pas, com-

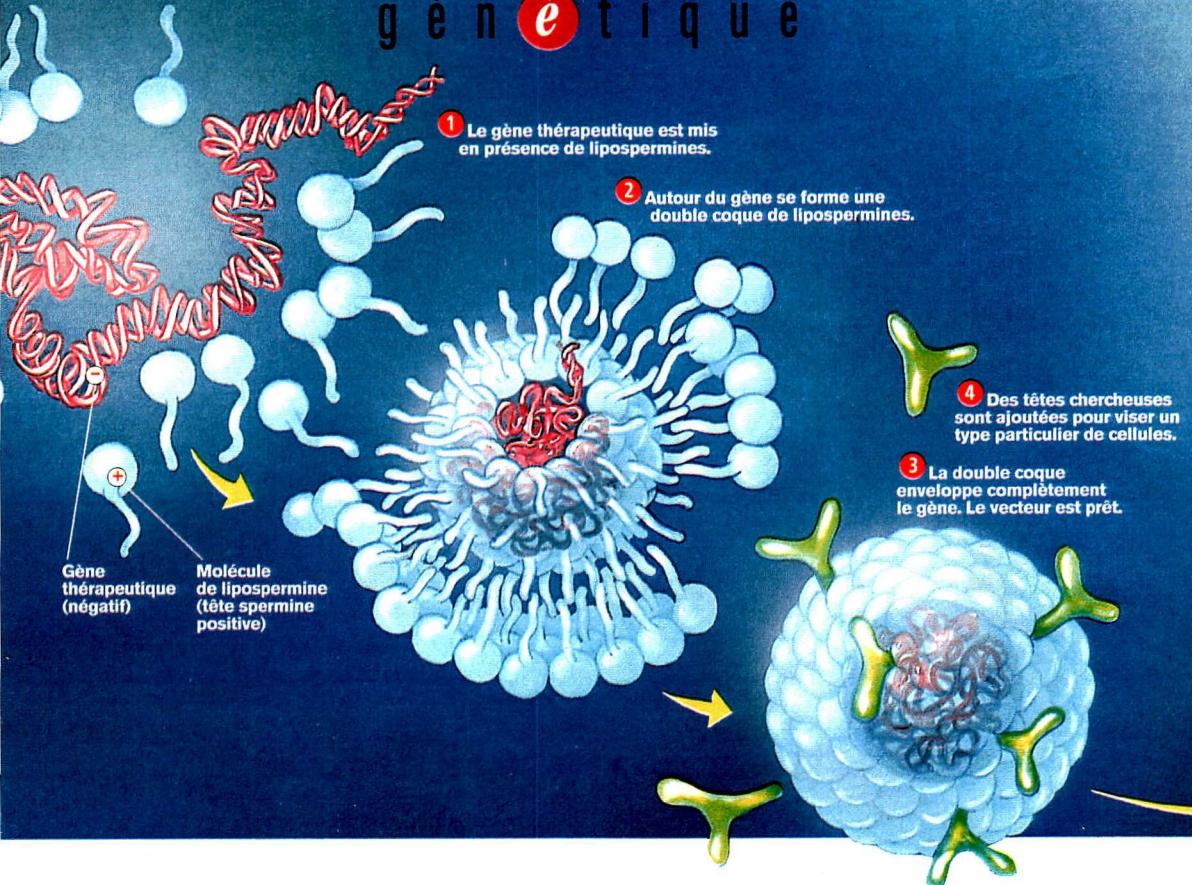
me le chimpanzé, prononcer les voyelles "i", "u" et "a".

Mais, d'après son collègue A. Arensburg, l'hyoïde du mont Carmel indique que notre ancêtre parlait à peu près comme nous. La conclusion ne fait toutefois pas l'unanimité. Dans le cas où Arensburg aurait raison, il resterait à établir à partir de quel palier de l'évolution nous nous sommes séparés des singes et avons maîtrisé ce qui est notre langage actuel, maîtrise qui a contribué au développement de notre intelligence.

l'échelle de l'évolution, sont astreintes à la place subalterne qui est la leur. Telle est la raison pour laquelle nous ne sommes pas près de voir une mission de chimpanzés venir étudier l'éthologie des humains à la Sorbonne.

Peut-être en saura-t-on davantage le jour où un expérimentateur téméraire prendra l'initiative de greffer un pharynx et un larynx humains à un gorille, par exemple, à l'instar du médecin audacieux du roman de Mikhaïl Boulgakov, *Cœur de chien*. Jusque-là, le sujet restera tabou, selon les termes

de l'éthologiste américain Donald Griffin. Poser la question est même considéré comme un faux pas et de nombreux journaux scientifiques refusent par principe de publier des études sur le sujet (*). On peut se demander dans quelle mesure cette réserve n'est pas motivée, en partie, par l'appréhension de fournir des arguments aux adversaires de l'expérimentation animale. En tout cas, Griffin, quand il se plaint que le sujet soit tabou, fait à coup sûr allusion aux journaux académiques ; en ce qui concerne les autres, cet article est la preuve du contraire. ■



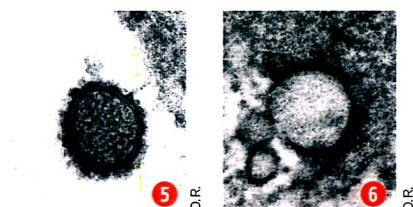
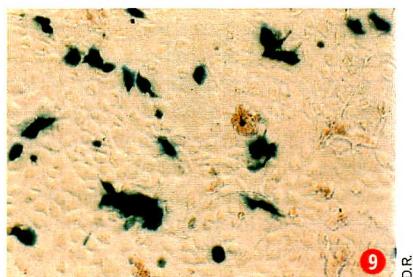
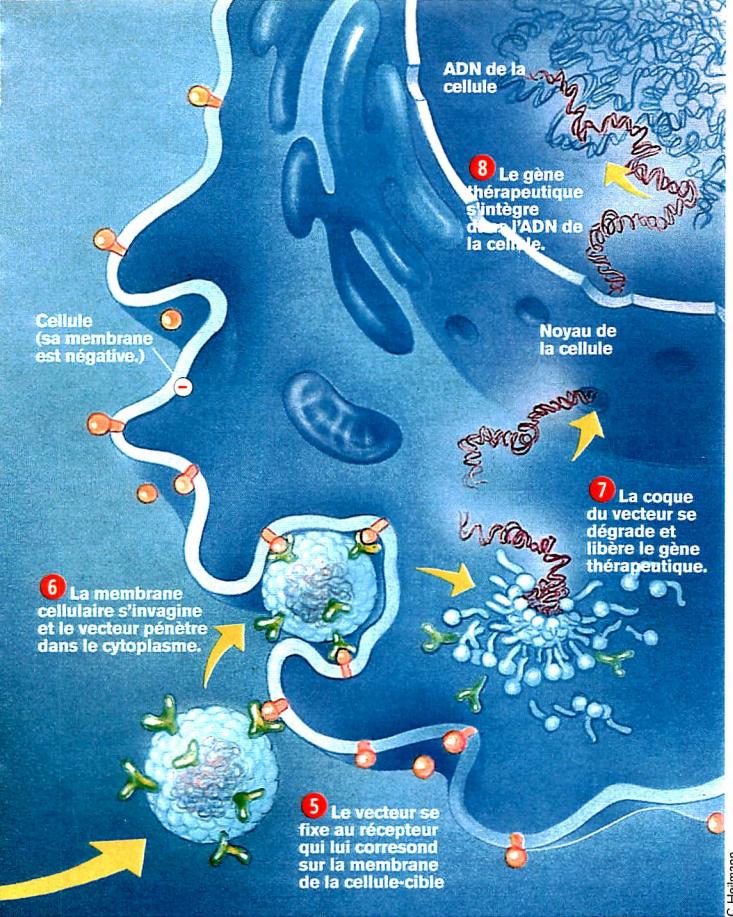
Un faux virus ac

Dans son principe, la thérapie génique consiste à transporter dans les cellules malades d'un organe ou d'un tissu (foie, pancréas, cerveau, poumon, peau, sang) un gène de rechange, afin qu'il prenne la place du gène manquant ou altéré correspondant. Et qu'il se mette ensuite à produire la substance qui fait défaut au patient, l'insuline, par exemple, s'il s'agit d'un diabétique. C'est ce que l'on envisage de faire dans les années à venir pour traiter, en première urgence, les maladies héréditaires comme la mucoviscidose et la myopathie de Duchenne. La thérapie génique peut aussi consister à introduire dans les cellules malades que l'on veut éliminer, les cellules cancéreuses, notamment, un gène suicide susceptible de produire un poison cellulaire mortel.

Pour ce faire, on utilise des vecteurs de gènes, un peu comparables à ce qu'est la fusée Ariane dans la mise sur orbite des satellites. Actuellement, les

Les virus désactivés mis au point pour la thérapie génique demeurent potentiellement dangereux. Un virus synthétique élaboré par une équipe de Strasbourg est, lui, totalement inoffensif. Les premiers essais sur l'homme pourraient commencer dès cette année.

PAR PIERRE ROSSION



Cheval de Troie cellulaire

De charge négative comme la paroi cellulaire, le gène thérapeutique ne peut pénétrer dans la cellule. Cette répulsion a été vaincue en enveloppant ledit gène dans une capsule de charge extérieure positive. La capsule franchit alors la paroi, et le gène s'intègre dans l'ADN et s'y exprime en faisant produire de la β -galactosidase à la cellule. La preuve : celle-ci se colore en bleu (photo 9).

célère la thérapie génique

plus utilisés de ces vecteurs sont des agents viraux, des adénovirus et des rétrovirus, c'est-à-dire des virus ayant pour acide nucléique un acide désoxyribonucléique (ADN) ou un acide ribonucléique (ARN). Ces virus sont, bien sûr, rendus inoffensifs en détirissant l'équipement responsable de leur pathogénicité ; par exemple, en remplaçant certaines séquences de leur acide nucléique par celles que l'on se propose d'introduire dans la cellule. Cependant, malgré cette précaution, on n'est jamais sûr que le virus ne retrouvera pas accidentellement ses propriétés infectieuses et ne provoquera pas la maladie dont il est naturellement à l'origine. On court aussi le risque qu'il se mette à activer accidentellement certains gènes présents dans le patrimoine génétique des cellules et jusque-là inhibés ; il s'agit des gènes de prédisposition à toutes sortes de maladies, dont le cancer. Il est possible aussi que le virus entraîne une réaction du système immunitaire,

auquel cas il est rejeté avant d'avoir pu remplir son rôle. Plus effrayant encore, si ce virus manque sa cible et s'introduit dans les cellules germinales, à l'origine des ovules ou des spermatozoïdes, l'acide nucléique du virus est alors transmis tel quel à la descendance humaine, sans possibilité de faire marche arrière. On pourrait alors voir naître des hybrides homme-virus dont on ne sait pas quelle forme ils pourraient prendre.

Devant tant d'inconnues, on comprend que les comités d'éthique soient réticents à accorder le feu vert pour passer des expériences chez l'animal aux essais cliniques sur l'homme (voir encadré p. 75).

La mise au point du vecteur synthétique, par l'équipe du Dr Jean-Paul Behr, directeur de recherche à la faculté de pharmacie de Strasbourg, pourrait lever rapidement ces hésitations. Elle pourrait aussi donner une véritable impulsion à la thérapie génique, dont on s'attend à des développements.

suite de la page 73

pements importants dans les années à venir, du fait de la découverte de nombreux gènes de maladies héréditaires et de gènes de cancers dans le génome humain. Leur liste ne cesse de s'allonger, mais, faute d'autorisations nécessaires, ils sont pour l'instant condamnés à rester au placard.

Le vecteur révolutionnaire de l'équipe strasbourgeoise présente les avantages d'un virus, par le fait qu'il est capable de transporter au sein des cellules le gène suicide ou de rechange. Mais il n'en a pas les inconvénients.

- Il ne présente aucun danger pour la santé, puisqu'il n'a aucune propriété infectieuse.
- Il ne risque pas d'être rejeté, du fait que les molécules qui le constituent ne sont pas reconnues comme étrangères par le système immunitaire.
- Il ne risque pas de modifier le patrimoine génétique de l'espèce humaine, puisque le gène que l'on se propose de transporter au sein même des cellules est un gène humain.
- Sa capacité peut s'adapter à la taille du gène que l'on y introduit, alors que dans un virus, qui a une dimension donnée, on ne peut inclure que des gènes de longueur réduite, soit 10 000 bases au maximum⁽¹⁾. Or, la plupart des gènes thérapeutiques que l'on se propose d'introduire dans le vecteur sont bien plus grands.
- Il peut, grâce à sa tête chercheuse, se diriger spécifiquement vers l'organe ou le tissu que l'on désire traiter, ce dont sont bien incapables les vecteurs viraux classiques, qui ne peuvent faire la distinction entre le pancréas et le foie ou le poumon et la peau.

Le nouveau vecteur tient, en partie, ses propriétés des substances qui le constituent. Il s'agit, d'une part, d'une spermine, composé organique chargé positivement et omniprésent dans les règnes animal et végétal, et d'autre part, d'un lipide que l'on greffe sur la spermine. L'ensemble forme une molécule, la lipospermine, en forme de têtard, la tête étant la spermine et la queue, le lipide. Cette molécule a la propriété d'être amphiphile, c'est-à-dire que sa partie chargée positivement est hydrophile, alors que sa partie lipidique est hydrophobe. De ce fait, un fragment d'ADN – en l'occurrence le gène suicide ou de rechange – mis en présence de molécules de lipospermine et d'eau se pelotonne sur lui-même et se trouve compacté à l'intérieur d'une double enveloppe formée par les lipospermines.

Explication (voir aussi dessin p. 72) : l'ADN, qui est naturellement chargé négativement, attire automatiquement les charges positives des molécules de lipospermine qui s'agencent en une première enveloppe autour de l'ADN. En conséquence, les queues lipidiques se trouvent dirigées vers l'extérieur de l'enveloppe, tels les piquants d'un oursin. Mais comme les lipides n'aiment pas l'eau, les mo-

lécules de lipospermine, aussi bien celles qui entourent le gène que celles qui se trouvent dans les parages, s'en protègent en se serrant les unes contre les autres. Résultat : il se forme une deuxième enveloppe, dont la paroi extérieure est faite des têtes de spermine chargées positivement.

Grâce à cette double enveloppe, le gène, qui est naturellement chargé négativement et qui, en conséquence, serait repoussé par la membrane cellulaire, elle-même chargée négativement, est transformé en une particule chargée positivement. Cette particule, qui est à peu près de la taille d'un virus classique, soit 0,1 micromètre, peut dès lors être attirée par la membrane cellulaire, s'y fixer et pénétrer à l'intérieur de la cellule par endocytose, à la suite d'une invagination spontanée de la membrane. Une fois dans le cytoplasme, la particule s'ouvre et libère le gène qu'elle enveloppait. Ce gène s'intègre alors à l'ADN cellulaire et exprime la protéine pour laquelle il est programmé. Quant aux lipospermines, elles sont dégradées, dans le cytoplasme, en molécules assimilables par l'organisme.

La réussite de cette "greffe" de gène a été mise en évidence aussi bien *in vitro*, sur des cellules de peau et de méninge humaines, qu'*in vivo*, sur des embryons de poulet et de souris. Les chercheurs ont utilisé pour ces "manips" un gène témoin codant pour la β -galactosidase, enzyme qui a la propriété de colorer en bleu le galactose, un sucre normalement incolore. Les échantillons biologiques furent transfectés avec le vecteur synthétique dans lequel était intégré ce gène témoin. Dans les cellules où il s'est exprimé, une tache bleue est apparue. Preuve que la technique est fiable.

Les chercheurs de Strasbourg l'ont encore améliorée, en ciblant mieux le vecteur. Pour ce faire, ils l'ont muni d'une tête chercheuse capable de distinguer entre les différents organes ou tissus. Les recherches furent surtout axées sur le foie, qui est une cible privilégiée du cancer. Comme les cellules hépatiques (ou hépatocytes) présentent la particularité de porter à leur surface des lectines, protéines que l'on rencontre en grande quantité dans le règne végétal, notamment dans la pomme de terre et le germe de blé, l'idée fut de munir le vecteur d'une tête chercheuse – un lipide accroché à un galactose – qui fut intégré dans la double enveloppe. Le choix du galactose s'explique par le fait qu'il est capable de reconnaître les lectines des hépatocytes et de se lier à elles. D'ores et déjà, ce vecteur révolutionnaire fait l'objet d'un brevet acheté par Rhône-Poulenc. Il intéressera aussi les Japonais.

A l'hôpital Hautepierre de Strasbourg, le Pr Francis Oberling, chef du service d'onco-hématologie, le teste actuellement sur des échantillons de

(1) Les gènes sont des fragments d'ADN constitués d'une succession de nucléotides contenant chacun un sucre (le déoxyribose), un phosphate et une base. Celle-ci peut être une adénine, une cytosine, une guanine ou une thymine.

(2) Voir *Science & Vie* n° 903, p. 116.

CANCER : PREMIER ESSAI SUR L'HOMME REPORTÉ

Annoncé à grand bruit dans les médias pour mars 1994, le premier essai en France, de thérapie génique dans le traitement du cancer, qui devait avoir lieu à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, sous la direction du Pr David Klatzmann, a été reporté à une date ultérieure. « Nous ne pouvons pas dire encore quand il commencera, car toutes les autorisations nécessaires pour conduire un tel essai ne sont pas obtenues », a précisé au *Quotidien du médecin* (daté du 16 février) le Pr Klatzmann. La prudence des comités d'éthique peut s'expliquer par le fait que c'est un virus, certes rendu inoffensif, qui va être utilisé pour transférer le gène suicide dans les cellules cancéreuses.

L'essai de la Pitié-Salpêtrière doit concerner neuf patients atteints de mélanome malin avec métastases, réfractaires à tous les traitements conventionnels. Autant dire qu'il s'agit pour ces malades de l'opération de la dernière chance. Il va consister à inclure le gène de la thymidine kinase dans l'acide nucléique d'un virus de souris rendu inoffensif. Puis, dans un second temps, à diriger le virus

manipulé vers les cellules cancéreuses. Si tout va bien, le gène, une fois intégré dans le patrimoine génétique de la cellule, s'exprimera en produisant la thymidine kinase, une enzyme qui en elle-même n'est pas toxique pour les cellules cancéreuses, mais qui le devient quand on a pris, au préalable, le soin de traiter les patients avec du ganciclovir, un puissant antiviral utilisé dans le traitement du sida. Sous l'effet de l'enzyme, le ganciclovir est alors métabolisé en un produit toxique pour les cellules cancéreuses.

Maous/Gamma



Le Pr Klatzmann, chef du projet de traitement génique de neuf patients atteints de mélanome malin.

foie atteints d'hépatome que lui fournit le Pr Daniel Jaeck, chef du service de gastro-entérologie dans ce même hôpital. Avec un gène témoin, toujours celui de la β -galactosidase, il a montré que le vecteur était capable de reconnaître les hépatocytes des autres cellules du foie et d'y exprimer son gène. Dans les mois à venir, il envisage d'utiliser un vecteur contenant, cette fois, un gène suicide qui pourrait alors détruire, *in vivo*, les hépatocytes malades. Cependant, on n'a pas encore trouvé le moyen de rendre le vecteur capable de distinguer les hépatocytes sains des malades.

Une autre approche envisagée par le Pr Oberling consiste à diriger le vecteur non plus directement vers l'organe malade mais indirectement vers des monocytes, variété de globules blancs impliqués dans les défenses immunitaires. Le choix de ces glo-

bules s'explique par le fait qu'ils sont dotés d'un mécanisme de reconnaissance qui leur permet de distinguer une cellule cancéreuse d'une cellule saine. Ces monocytes seraient prélevés sur le malade, puis, *in vitro*, on les transfectorait avec le vecteur mis au point à Strasbourg qui porterait un gène codant pour l'interféron ou une cytokine, substances qui rendent les monocytes plus vigilants et plus agressifs. Les monocytes seraient ensuite réinjectés au patient, et là ils se dirigeiraient vers l'organe malade pour y détruire les cellules malignes.

Par la suite, le Pr Oberling envisage d'injecter directement le vecteur dans le sang circulant. Mais il reste à mettre au point la tête chercheuse qui lui permettrait de se diriger exclusivement vers les monocytes. Il pourrait s'agir, là encore, d'un sucre fixé sur un lipide, qui serait capable de reconnaître et de se fixer sur des lectines particulières présentes à la surface des monocytes. Dès la fin de cette année, le Pr Oberling pourrait procéder aux premiers essais sur des patients atteints de cancer du foie.

Ces travaux ne sont pas sans rappeler ceux, très contestés, du Pr Steven Rosenberg, au National Cancer Institute, à Bethesda, aux Etats-Unis (?). Seule différence, de taille : au lieu des monocytes, le Pr Rosenberg a utilisé des lymphocytes T, dits tueurs, autre variété de globules blancs. Cependant, contrairement aux monocytes, ils n'ont pas d'activité cytotoxique sélective, c'est-à-dire qu'ils tuent aussi bien les cellules saines que les cellules malades. Et puis, le Pr Rosenberg transfecit ces cellules sanguines avec des virus potentiellement dangereux. Enfin, il n'a jamais obtenu de résultat tangible sur les cancers du sein, du poumon, de l'intestin, du larynx et du pharynx, qui sont les cancers les plus usuels.

Certes, le Pr Rosenberg a obtenu des résultats notables pour le cancer du rein et de la peau. Or, il se trouve que le premier est le seul cancer dans lequel les métastases sont capables de régresser spontanément, alors que le second est facilement reconnu par le système immunitaire et, par conséquent, relativement facile à traiter. Ce sont ces résultats qui ont pu un temps abuser les responsables de la santé aux Etats-Unis.

« Sur le plan conceptuel, Rosenberg a raison, mais sur le plan méthodologique, il a tort », nous dit le Pr Oberling. Depuis, le chercheur américain s'est vu interdire tout essai sur l'homme tant qu'il n'aura pas fait la preuve de l'efficacité de sa méthode sur l'animal. C'est dire tous les espoirs que l'on place dans la nouvelle stratégie conçue par les chercheurs strasbourgeois. Si elle se montre efficace contre le cancer, elle pourrait l'être aussi pour le traitement des maladies héréditaires.

Peptides : des su

PAR JEAN-MICHEL BADER

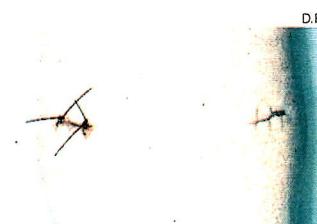
De 1992, la firme américaine Magainin Science Inc. a obtenu de la Food and Drug Administration l'autorisation de mettre à l'essai, aux Etats-Unis, un médicament antibactérien d'un type radicalement nouveau, tiré d'une peau de grenouille. Sa molécule active s'appelle magainine (elle est connue sous le sigle MSI 78). Si tout va bien, ce premier antibiotique d'origine animale sera mis sur le marché en 1996. Jusqu'ici, cette molécule a réussi tous les examens de passage pour le traitement des infections cutanées sévères (ulcères variqueux, plaies infectées des diabétiques, prophylaxie des plaies chirurgicales).

Efficace et sans danger chez l'animal, efficace chez l'homme, la magainine n'a été mise à l'essai en double aveugle qu'en janvier 1994. Chez MSI, on attend le feu vert définitif de la FDA, dans les indications précises d'infections dues à des staphylocoques (*S. aureus* et *epidermidis*). Le monde médical suit de près cet essai, car la magainine pourrait annoncer une vaste gamme de produits, les peptides antibactériens, molécules issues, non plus de moisissures (comme le sont les antibiotiques connus), mais d'insectes, de plantes, de batraciens.

Certaines espèces végétales et animales primitives sont dépourvues de systèmes immunitaires aussi complexes que le nôtre, mais ne semblent pas en souffrir. De fait, les épidémies de maladies infectieuses sont rares dans les jungles ou les jardins. Ce n'est pas faute de risques : ces espèces cohabitent avec des microbes dangereux. Pour se défendre, elles ont essentiellement des cellules macrophagiques, sortes de globules blancs. Quand ces globules trouvent dans le milieu intérieur un agresseur (bactérie, virus, champignon microscopique), ils commencent par avaler l'intrus en l'enveloppant de leur membrane cellulaire. Puis, le puits ainsi créé se referme, et l'intrus se trouve enfermé dans une vésicule nageant dans le cytoplasme du globule.

La cellule macrophagique dépêche ensuite des enzymes vers sa prise. Les membranes des granules enzymatiques fusionnent avec celle de la vésicule et leur contenu se déverse dans cette dernière pour tâcher de détruire la membrane du virus, bloquer la respiration d'une bactérie ou lui interdire de fa-

A chaque nouvel antibiotique répond une nouvelle résistance des microbes. Comment briser ce cercle vicieux ? Peut-être grâce aux molécules découvertes chez des plantes, des bactéries, des insectes, des batraciens, des mammifères ou même chez l'homme. En attendant les médicaments.



per-antibactériens



Elle cicatrice en 24 heures après une opération majeure !

Une nouvelle famille de peptides antibactériens a été isolée chez cette grenouille africaine *Xenopus laevis* par Zasloff et ses collègues. Ce sont les magainines. Ces antibiotiques que l'on trouve chez les batraciens (comme *Litoria caerulea*, ci-dessus) ont un spectre d'activité extrêmement large, sur les bactéries, les virus, les champignons, mais aussi sur les protozoaires (des parasites). Une douzaine de peptides ont d'ores et déjà été reconnus : ils sont concentrés dans les granules contenus dans les glandes de l'épiderme du batracien ; la moindre stimulation, le stress, une blessure, ou une émotion contractent les fibres musculaires entourant ces glandes, et elles expulsent comme des geysers leurs sécrétions, qui se répandent aussitôt sur la peau. Ce qui explique la cicatrisation éclair de *Xenopus laevis* (ci-contre) après une importante opération.

suite de la page 76

briquer ses matériaux de synthèse et empêcher ainsi sa reproduction. C'est dans ces granules qu'on a trouvé, il y a dix ans, une nouvelle catégorie de principes actifs, des protéines de défense, autrement dit des antibiotiques naturels.

Les plantes et les mammifères ont ainsi des défensines, les grenouilles, des magainines, les insectes, des sarcotoxines et des céycopines, les crabes, des tachyplesines... Et les pharmacologues et spécialistes des maladies infectieuses se sont lancés sur les pas des biochimistes et des zoologues pour étudier ces agents nouveaux. Le concept d'antibiotique s'en trouva changé.

La découverte tombait à pic. Au début des années 1950, on pensait avoir vaincu définitivement, grâce à la pénicilline et à la streptomycine, des infections autrefois mortelles comme les méningites, les pneumonies, les septicémies, la tuberculose. Aujourd'hui, près de cinquante ans plus tard, le développement des souches bactériennes résistantes aux antibiotiques est devenu une vraie menace pour la santé publique (1). Non seulement nous nous défendons moins bien contre les microbes de l'environnement, mais nous risquons également à

l'hôpital des infections plus graves (voir encadré p. 80). Il faut constamment de nouveaux antibiotiques, pour tenter d'endiguer la montée de la résistance bactérienne.

D'où l'intérêt porté aux peptides antibactériens. On connaît déjà plusieurs de ces petites protéines très actives. Les défensines des mammifères, par exemple, comptent de 29 à 34 acides aminés. Elles ont d'abord été extraites (en 1980) de globules blancs de lapins et de cobayes. En 1990, on en avait déjà répertorié plus de quinze, dont quatre chez l'homme (les HNP 1, 2, 3 et 4), trouvés au cœur des globules blancs chargés de la défense antibactérienne, les polynucléaires neutrophiles (2). En laboratoire, les défensines ont un large spectre d'action, tuant aussi bien des bactéries gram-positives que gram-négatives (3). Elles s'attaquent aussi aux virus et à des champignons microscopiques pathogènes. Et elles tuent bien mieux les bactéries lorsque celles-ci sont en train de se nourrir ou de se reproduire que lorsqu'elles se reposent. Les défensines s'attaquent aux bactéries en s'attachant à leur paroi constituée de lipides et en y faisant des trous ! La bactérie fuit, perd son eau et ses ions et meurt.

L'étude des défensines a permis de comprendre un phénomène jusqu'ici obscur : on trouvait parfois des polynucléaires neutrophiles dans les tissus enflammés, mais on n'en savait pas le rôle. Maintenant, on sait que les défensines contenues dans ces cellules attaquent la membrane des cellules des épithéliums enflammés, les rendant ainsi plus perméables, mais cette fois sans les tuer (4).

On a évidemment tenté de les produire en laboratoire, par les méthodes éprouvées de l'ingénierie génétique. Thomas Ganz, un chercheur californien, à partir des protéines de deux défensines humaines (trouvées dans les granules de phagocytose des cellules polynucléaires neutrophiles du sang), a reconstitué les gènes responsables de leur fabrication par l'organisme (5). Puis il a introduit ces gènes dans un virus d'insecte, le baculovirus. Succès : la molécule "mère" (proHNP1) de la défensine HNP1 y a bel et bien été produite. Mais, déception : pour l'instant, le passage du gène humain dans le virus a rendu la défensine humaine inactive.

(1) Voir S&V n° 904, p. 49.

(2) On les appelle neutrophiles parce que, à l'étude microscopique, elles sont colorées aussi bien par les acides que par les bases.

(3) La coloration de gram différencie les bactéries à paroi lipidique des autres ; les gram+ sont souvent moins pathogènes.

(4) *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*, 1993, vol. 8, fasc. 2, pp. 193-200.

(5) *Blood*, 1990, 76-11, 2169-2181.

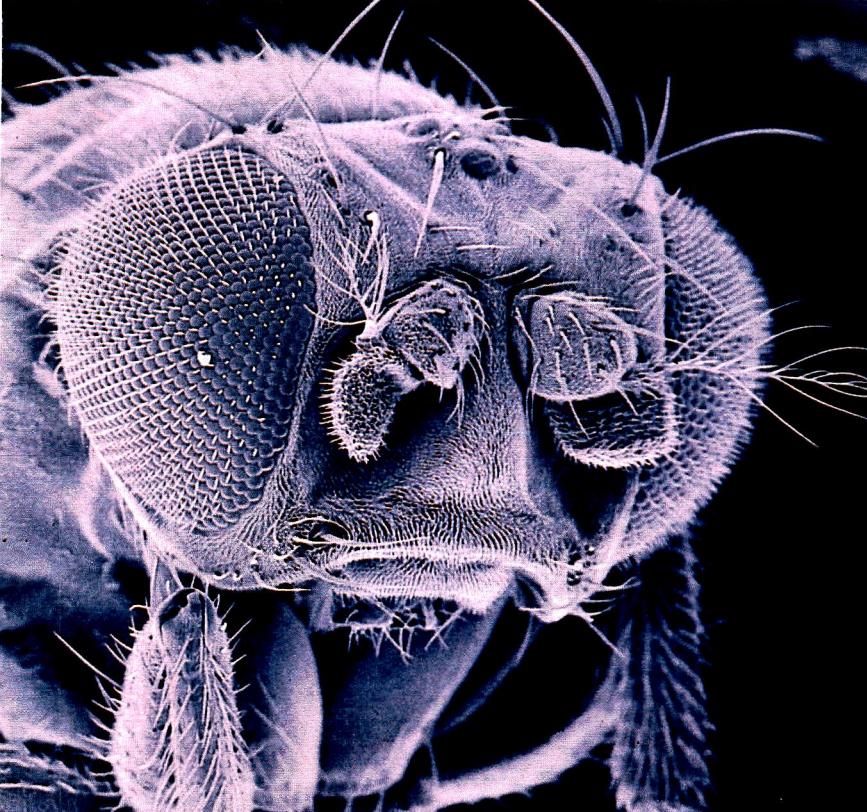
(6) *Infection and Immunity*, 1992, 60 11 4720-25.

(7) *Infection and Immunity*, 1992, 60 11 4754-4761.



Dans l'intestin du cochon

L'intestin grêle du cochon contient, dans sa partie supérieure, de ces antibiotiques sauvages, et il est à peu près stérile (la flore bactérienne en est presque complètement absente). L'un des pionniers dans leur recherche, le Pr Hans Boman, a isolé des cellules intestinales deux peptides, dont la séquence des acides aminés et la structure sont typiques des céycopines. Or, les céycopines furent les premiers peptides antibactériens isolés, par le même Pr Boman, chez des mouches et des papillons, chez le ver à soie et le ver du tabac.



Y.Lanceau / Jacana

Comme chez la drosophile

La fameuse drosophile, ou mouche du vinaigre, détecte la présence de bactéries grâce à sa flagelline, une molécule de structure des flagelles qui permettent aux microbes de se déplacer. Ce signal alerte, dans le corps gras de l'insecte, quatre gènes qui synthétisent les quatre céycopines CeC A₁, A₂, B et C. Ces molécules sont ensuite relarguées dans l'hémolymphe, équivalent du sang chez l'insecte, qui baigne les organes internes. Synthétisées sous forme de grosses molécules, des pré-pocéycopines inactives, elles sont alors coupées par trois enzymes successives pour aboutir à la seule forme active de la molécule.

D'autres ont fabriqué des souris transgéniques qui produisent les défensines humaines. Mais on est encore loin d'une production industrielle. De toute façon, avant de s'y lancer, il faudra comprendre leur mécanisme d'action exact.

Cela n'empêche pas que les défensines humaines passionnent déjà certains spécialistes de la tuberculose : Robert Lerher (6) pense avoir compris pourquoi les sidéens sont souvent atteints par des mycobactéries atypiques, comme *Mycobacterium avium* intercellulaire, alors que les sujets sains ne sont jamais infectés par ce microbe pourtant très courant dans l'eau des rivières, des lacs ou même du robinet. Le sujet sain se défend normalement contre ces mycobactéries grâce aux macrophages, équipés de granules de défensine par les polynucléaires neutrophiles. Chez les sidéens, en revanche, qui sont appauvris en macrophages et en polynucléaires, cette collaboration cellulaire antibactérienne deviendrait inopérante.

Aurait-on trouvé une source de nouveaux médicaments antituberculeux ? L'avenir le dira. Comme l'indique Ganz, les défensines de mammifères ont un spectre d'action remarquable à des concentrations extrêmement faibles (de l'ordre de la micromole), y compris sur des virus enveloppés comme celui de l'herpès simplex. Mais il faut relever aussi que les défensines ne sont pas dans tous les cas une arme suprême : si certaines espèces bactériennes deviennent virulentes, c'est

en raison de leur résistance accrue aux défensines.

A l'inverse, certaines salmonelles mutantes, spécifiques des rongeurs, redeviennent mille fois plus sensibles aux défensines quand elles ont perdu leur gène de virulence. Ce mécanisme existe sans aucun doute aussi chez les espèces dangereuses pour l'homme. Enfin, les défensines semblent capables d'appeler à la rescoussse d'autres cellules de défense de l'organisme, les monocytes (les plus gros des globules blancs), sur le site d'une infection ou d'une inflammation. On comprend que ce nouveau champ de recherches soit suivi de très près par les industriels et les firmes de biotechnologie.

Une autre protéine antibactérienne humaine, la BPI (pour *Bactericidal Permeability Increasing factor*) fait l'objet de nombreux travaux. Constituée de 37 acides aminés, produite elle aussi dans les globules blancs, elle se lie spécifiquement aux lipides de la membrane des streptocoques et des *Bacillus subtilis*, elle bloque la respiration cellulaire des colibacilles et tue bien d'autres bactéries. Elle est plus efficace contre les bactéries dont la membrane est garnie de longues chaînes de sucres que sur les bactéries à membrane lisse (7).

Chez la vache, c'est dans la trachée, qui mène des cavités nasopharyngées aux bronches, qu'on a isolé un nouveau peptide antibactérien. Les voies aériennes des bovins sont normalement protégées des microbes, des particules et des gaz inhalés, par l'anatomie particulière de ces conduits (ils disposent

LES MUTANTS S'INCRUSTENT DANS LES HÔPITAUX

Aux Etats-Unis, cri d'alarme du prix Nobel de médecine, Joshua Lederberg : 5% des malades, soit 2 millions d'Américains, donc un patient sur 20, contractent une infection nosocomiale (d'origine hospitalière). La lutte contre ces infections coûte quelque 10 milliards de dollars par an !

Les responsables sont très souvent des bactéries pyocyaniques, des colibacilles, des *Proteus mirabilis* et des staphylocoques dorés, mais aussi des entérocoques, des *Candida*, des virus, des parasites, des champignons microscopiques multirésistants. Les épidémies d'aspergillus sévèrement régulièrement la mort dans les services de greffe de moelle osseuse où sont soignées les leucémiques.

Pour lutter mieux contre ces résistances, il faudrait une meilleure hygiène hospitalière, et surtout de nouvelles familles d'antibiotiques. Or la recherche est à

bout de souffle dans ce domaine. En France, 7,6 milliards de francs ont été dépensés en 1992 pour combattre ces infections hospitalières. Un patient hospitalisé sur sept contracte une de ces bactéries aggressives. Dans les services de réanimation ou de transplantation d'organes, les risques sont encore plus grands : un malade sur trois est infecté pendant son séjour (1).

Cas particulièrement inquiétant : celui des staphylocoques multirésistants. Voilà près de 15 ans que la totalité des souches de staphylocoques isolées à l'hôpital sont résistantes à la pénicilline (15 % des souches isolées résistent aussi à la méthicilline, un antibiotique plus efficace). Il ne reste plus, pour combattre ces microbes, que certaines associations d'antibiotiques et un seul médicament presque toujours efficace, la vancomycine, qui bloque la synthèse de la paroi des bactéries de la famille des staphylocoques et des entérocoques.

Hélas, des entérocoques résistants à la vancomycine sont apparus en 1980 : dès qu'elle est mise en présence de vancomycine, la bactérie fabrique un matériau de paroi que ne peut attaquer cet antibiotique, ni aucun analogue de la vancomycine. Les réanimateurs craignent aujourd'hui que des gènes de résistance à la vancomycine d'un entérocoque n'infectent un jour prochain les staphylocoques multirésistants.

Déjà, en laboratoire, on a infecté expérimentalement des staphylocoques avec ces gènes, et ils sont devenus parfaitement résistants à la vancomycine. Si cette catas-

trophe écologique microbienne survient en vraie grandeur, 15 % des patients victimes d'infections dues à des staphylocoques hospitaliers mourraient.

Inventer de nouveaux antibiotiques ? Depuis la découverte, en 1928, de la pénicilline dans un champignon microscopique (*Penicillium notatum*) par Alexander Fleming, on a découvert une quinzaine de familles d'antibiotiques, qui regroupent chacune plusieurs dizaines de molécules.

Certes, la nature nous a bien aidés dans le passé : c'est dans des échantillons d'eau d'égoût de Sardaigne, ou de terre des hauts plateaux norvégiens de la Hardanger-Vidå qu'ont été péchés les microorganismes producteurs d'antibiotiques les plus intéressants pour la santé humaine. Chaque jour, des centaines d'échantillons de terre sont analysés dans les laboratoires industriels des firmes multinationales.

Mais aujourd'hui, la planète a beau être ratisée dans tous les sens par des centaines d'ingénieurs, explique le Pr Stuart Levy, ils ne font que redécouvrir toujours les mêmes antibiotiques ou des variations subtiles qui ont le même spectre d'action et les mêmes limites.

Et l'industrie pharmaceutique commence à se trouver à court de nouveautés. Le nombre d'antibiotiques stagnent : chaque nouveau médicament réclame un investissement de 10 à 12 ans et de 250 millions de dollars, aucune nouvelle classe d'antibiotiques n'a été produite depuis dix-huit ans, et les antibiotiques qu'on crée par synthèse sont surtout des va-

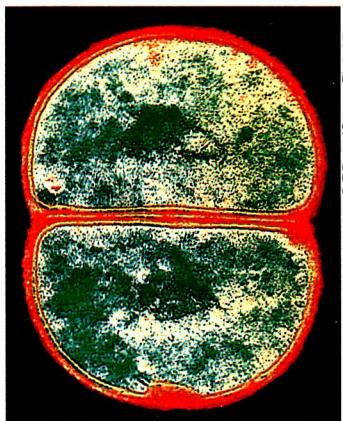
riantes d'antibiotiques existants. L'an dernier, la France n'a autorisé la mise sur le marché que de trois antibiotiques : une quinolone, un macrolide, une céphalosporine.

Depuis plusieurs années, les firmes ont bénéficié des travaux de forages pétroliers pour se fournir en échantillons telluriques profonds. Peut-être y a-t-il, à plusieurs kilomètres sous la surface, des bactéries ou des champignons producteurs de nouveaux antibiotiques. N'ayant jamais été en contact avec les bactéries pathogènes de l'homme, ces molécules vierges ne seraient pas susceptibles d'avoir engendré une résistance chez elles. Peut-être...

On conçoit, en tout cas, que l'industrie pharmaceutique s'active. Rien que la famille élargie des bêta-lactamines (dont font partie les pénicillines, les céphalosporines) comporte aujourd'hui soixante-quatre médicaments antibiotiques. Ces antibiotiques ne sont pas utilisés qu'en médecine humaine ou vétérinaire, mais aussi comme agents de rendement dans l'agro-alimentaire, par milliers de tonnes.

Le marché annuel actuel des antibiotiques est de près de 29 milliards de dollars (à peu près 12 % d'un marché du médicament en progression, évalué cette année à 240 milliards de dollars). Les céphalosporines représentent à elles seules 11 milliards de dollars ; les pénicillines large spectre, 4,6 milliards de dollars ; les fluoroquinolones, 3 milliards ; les tétracyclines, 2,4 milliards.

(1) *Impact Médecin Hebdo*, 24 septembre 1993.



D.T. Brain / Science Photo Library

Le staphylocoque doré (ici, en cours de division) est un des grands responsables des infections contractées à l'hôpital.



suite de la
page 79

de cils éboueurs faisant remonter vers l'extérieur les particules inhalées indésirables), et par une série de mécanismes de défenses cellulaires. Michael Zasloff (8) et ses collègues y ont trouvé un peptide nouveau, nommé TAP (pour *Tracheal Antibacterial Peptide*). De petite taille, il bloque la multiplication de microbes très divers, y compris ceux qui sont cause d'infections fréquentes des voies aériennes, comme le pneumocoque et le staphylocoque, agents de pneumonies, le colibacille, le bacille pyocyanique ou le champignon *Candida albicans*. Il semble aussi efficace sur ces microbes que les défensines, auxquelles il ressemble beaucoup par la structure. Car on connaît sa structure et celle de ses précurseurs, ainsi que le gène qui le produit, son ARN messager et les cellules où il s'exprime.

Comme les bovins, les porcs ont leurs molécules de défense. Et, surprise, ce sont les mêmes que celles des insectes ! Les deux molécules de défense du cochon (cécropines P1 et PR-39) ont, toutefois, une particularité très intéressante : elles ne s'attaquent qu'aux bactéries gram+ très fréquentes dans les tractus intestinaux, ce qui en ferait des remèdes très recherchés. P1 tue instantanément les bactéries en augmentant la perméabilité de leurs membranes interne et externe. Lors d'une expérience, le Pr H. Boman (9)

(8) Ancien chercheur du National Institute of Health reconvertis dans l'industrie, propriétaire de la firme Magainin Sciences Inc. In *Proceedings of the National Academy of Science*, 88, 9, 3952-3956 1991

(9) Université de Stockholm.

(10) European Journal of Biochemistry, 1991, 202, 3 849-854.

(11) CNRS, Strasbourg. Séminaire du 4 juin 93, CNRS Paris, Bio magazine.

Le mystère du ver

Lors d'une attaque bactérienne, le ver à soie géant *Hyalophora cecropia* produit différentes protéines de défense, mais aussi de l'hémoline, qui n'a pas d'activité antibiotique. Surprise ! cette molécule comporte des fragments typiques de la famille des immunoglobulines, dont certaines sont impliquées dans le système immunitaire des mammifères. Or les insectes n'ont pas d'anticorps, et leurs protéines antibactériennes ne sont pas impliquées dans la réponse immune. L'hémoline serait-elle une sorte d'immunoglobuline des insectes ? Si oui, comment l'utiliser dans la lutte antimicrobienne chez l'homme ?

n'a même pas eu le temps de mesurer la vitesse de destruction de P1, tant elle est grande. PR39, au contraire, met une dizaine de minutes à agir sur des colibacilles : elle entre dans le microbe, stoppe toute synthèse protéique nouvelle et dégrade les protéines bactériennes déjà présentes. En trois minutes, 75% des microbes sont morts ; en 9 minutes près de 100% d'entre eux ont disparu. PR-39 est très riche en proline et en arginine, deux acides aminés souvent nécessaires à l'activité antibactérienne des cécropines (10).

Les insectes fascinent particulièrement les chasseurs de peptides. Chez les insectes, le système immunitaire

est encore plus fruste que chez les plantes ou les invertébrés : il n'a pas de cellules capables de fabriquer des anticorps ou des cellules cytotoxiques. Pas d'immunoglobulines, ni de mémoire immunitaire. Il serait donc impossible de les vacciner ! Ils n'en ont pas besoin car, selon Jean-Luc Dímarcq (11), «ils manifestent vis-à-vis des infections bactériennes une résistance remarquable». Lorsqu'un insecte est infecté par un microbe, un organe spécial, le corps gras, équivalent du foie chez l'homme, fabrique des dizaines de peptides antibactériens à large spectre d'activité.

Les cécropines des insectes constituent d'ailleurs une famille très homogène, qui n'a pas dû changer depuis des millions d'années : lors-

suite de la page 81

qu'on les compare, les céycopines du bombyx, de lépidoptères (*Manduca*, *Antherana*, *Hyalophora*) ou de mouches (*Sarcophaga*, *Drosophila*) sont constituées de presque la même chaîne d'acides aminés. Depuis peu, les chercheurs ont identifié les gènes de nombreuses céycopines et d'autres peptides d'insectes (les mélittines), et ils ont fabriqué des hybrides génétiques pour mieux comprendre leur mode d'action. Un de ces hybrides particulièrement efficace et non toxique est un mélange de céycopine A raccourcie et de mélittine. Non seulement le fait de réduire de 60% la taille de la céycopine n'a pas réduit son activité anti-bactérienne, mais l'association à la mélittine a encore amélioré son spectre d'activité⁽¹²⁾.

La mouche à viande, elle, fait des sarcotoxines (dites I, II et III) et des sapécines antibiotiques, tout aussi intéressantes. Ainsi, la sarcotoxine II A allonge démesurément la paroi des colibacilles qu'elle attaque et fait apparaître des protubérances à leur surface, ce qui fait que les bactéries ne savent plus comment fabriquer les éléments nécessaires à cette paroi. Or, c'est le mode d'action de nombreux antibiotiques sur les microbes. De là à penser que les sarcotoxines pourraient être utilisées en médecine humaine, il n'y a évidemment qu'un pas...

La production démarre tout juste, mais pour les essais sur l'homme, la prudence s'impose. Produire et essayer, voilà donc les consignes de l'heure. Produire n'est sans doute pas trop compliqué, grâce à l'ingénierie génétique. Le Pr Shunji Natori⁽¹³⁾ a réussi récemment à produire en grande quantité une sarcotoxine recombinante de mouche. En effet, et comme on pouvait le deviner, les quantités de sarcotoxine qu'on peut extraire des mouches sont très faibles, environ 70 mg seulement pour 150 ml d'hémolymphe. Le Pr Natori a reconstitué, à partir de la suite d'acides aminés de la sarcotoxine, un ADN codant pour cette sarcotoxine. Il a inclus cet ADN dans le plan de fabrication dans un véhicule de transport (un baculovirus) pour amener ce plan de fabrication dans la cellule-usine de production. Il a choisi pour cela des cellules de ver à soie (et pour cause, les cellules bactériennes sont tuées par les sarcotoxines!). Pour l'instant, le rendement est faible (20 mg de sarcotoxine pure pour 450 ml de milieu de culture ; le rendement en fermenteur se calcule au poids de substance produite par litre de milieu de culture où vivent les bactéries productrices), mais c'est un premier pas indispensable vers la production industrielle⁽¹⁴⁾.

Les deux céycopines du porc, P1 et PR 39, ont été séquencées, leur ADN a été produit et l'on se prépare à en fabriquer de grandes quantités par clonage. Mais les essais cliniques ne sont pas au

programme pour l'instant. On parle d'aérosols antibiotiques...

Autres animaux qu'on se propose de "mettre au travail", les batraciens. En 1987, Zasloff fut un jour très surpris de voir cicatriser en moins de 24 heures, dans l'eau saumâtre de son aquarium, une grenouille africaine *Xenopus laevis* qui venait de subir une intervention chirurgicale majeure. La cicatrice se refermait absolument sans la moindre trace d'inflammation. Simple hypothèse de travail du chercheur : pour expliquer cette cicatrisation éclair, une ou des substances antiseptiques ou antibactériennes devaient se répandre à la surface de la blessure. Or, Zasloff était instruit de la physiologie particulière des batraciens sauvages, et aussi des poisons violents présents dans leur peau pour éloigner les prédateurs. On y a déjà trouvé des analogues de la morphine, des molécules spécifiques des récepteurs de la douleur, ou des agents antihypertenseurs ; pourquoi pas aussi des antibiotiques ? C'est cette curiosité de chercheur qui a ouvert un nouveau champ d'investigation sur les antibiotiques, et qui a conduit à la découverte des magainines.

Les magainines agissent comme une crème antibiotique protectrice naturelle qui défend les grenouilles dans un environnement naturel chargé en microbes pathogènes. Mais on a trouvé des magainines, non seulement sur la peau des grenouilles, mais aussi dans leur estomac et leur intestin : des neuf magainines isolées dans la muqueuse gastrique, huit étaient déjà connues⁽¹⁵⁾. La neuvième, nommée PGQ, est belle et bien produite sur place, dans l'estomac de la grenouille et, comme les magainines de la peau, elle se concentre dans des glandes. Pourquoi un tel mécanisme ? *Xenopus* avale des proies vivantes qu'elle garde dans son estomac plusieurs heures avant que débute la digestion. La sécrétion de magainines dans l'estomac, au moment de l'ingestion de la proie, pourrait bloquer toute prolifération bactérienne.

«Depuis, a expliqué Zasloff⁽¹⁶⁾, 3 500 analogues de magainines ont été construits pour tâcher de comprendre comment une molécule aussi simple que la magainine peut avoir une activité antibiotique». On ne sait toujours pas si les magainines agissent, comme les céycopines, en modifiant la perméabilité de la membrane, en créant des canaux ioniques ou en modifiant de façon non spécifique la solubilité des membranes bactériennes. Mais on a trouvé quantité d'autres activités à ces molécules décidément surprenantes. Notons que les magainines sont aussi des facteurs de croissance, qui pourraient agir sur la cicatrisation de plaies (ce qui expliquerait, d'ailleurs, la propreté remarquable des plaies et leur fermeture rapide) : l'analogue de magainine MSI 420, utilisé en collyre, assure une

(12) FEBS Letter, 1992, 296 2 190-11194.

(13) Université de Tokyo.

(14) Biochemical Journal, 1990 272 3 633-636.

(15) Journal of Biological Chemistry, 1991, 266 29 19851-57.

(16) Antimicrobial Peptides, Symposium 186, Ciba Foundation, janv. 94.

(17) Synthétisés par la firme de Philadelphie, Magainin Science Inc..

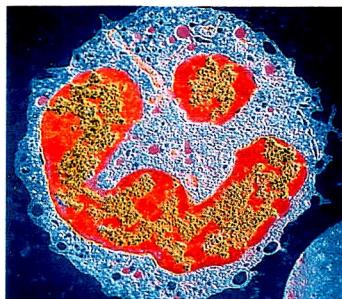
(18) Trends in Biotechnology, 1990, 8 1 26-30.

restauration de la cornée après une blessure, et en moins de quatre heures. Cette propriété fait actuellement l'objet d'une évaluation clinique aux Etats-Unis

On ne l'écrit ici qu'avec prudence, mais certaines d'entre elles ont enfin des propriétés anticancéreuses, sur l'animal, empressons-nous de le préciser. Dans un essai destiné à comparer les effets respectifs de MSI 511 et de MSI 198, on a injecté des cellules de mélanome (cancer de la peau) à des souris génétiquement incapables de se défendre contre les cancers. Deux semaines plus tard, une tumeur se développait. Ces souris furent divisées en deux groupes de neuf individus, dont chacun recevait des injections d'une des deux magainines. Quarante-cinq jours plus tard, les souris ayant reçu du MSI 511 présentaient des tumeurs si évolutives qu'il fallut les sacrifier. Mais chez sept des neuf souris qui avaient reçu du MSI 198, la tumeur avait totalement disparu dans ce petit laps de temps.

Dans un autre essai, deux analogues de la magainine 2 (MSI 136 et MSI 238) (17) ont été testés sur des cancers de l'abdomen de la souris : deux leucémies très invasives, un sarcome et un cancer de l'ovaire. Les produits ont montré une efficacité remarquable chez l'animal vivant. Aujourd'hui, dans le traitement des cancers ovariens, même les nouvelles drogues (taxol et taxotère) perdent peu à peu leur efficacité, car il existe des mécanismes de résistance à ces molécules. Ce n'est apparemment pas le cas pour des peptides comme les magainines. Par ailleurs, ces tumeurs abdominales peuvent faire l'objet d'injections intrapéritonéales directes de ces peptides, sans passer par voie sanguine.

Pourra-t-on faire des médicaments à usage humain avec toutes ces molécules ? Les obstacles restent nombreux. En 1990, le chercheur américain Peter Elsbach résumait ainsi la situation, de façon sans doute sévère (18) : «Le problème crucial pour l'usage en thérapeutique de ces "antibiotiques venus de l'intérieur" est leur spécificité pour une cible cellulaire. La plupart de ces cytotoxines, qu'elles soient de mammifères ou d'espèces plus primitives, manquent, en effet, de spécificité et pourraient endommager ou tuer les propres cellules de l'hôte. Heureusement, ces agents sont habituellement confinés dans des granules, et leur concentration n'atteint un niveau toxique que dans les vésicules de phago-



Secteur Leucie / Roussel-Uclaf - CNRI

Notre pharmacie antibiotique

Chez l'homme, les polynucléaires neutrophiles semblent décidément être une source très abondante de produits antibactériens : outre les défensines et la BPI, on y trouve des protéines antibiotiques comme la MBP (*Major Basic Protein*), l'ECP (*Eosinophil Cationic Protein*), le lysozyme, les bacténines, la cathepsine G, la lactoferrine, l'azurocidine, ou une enzyme antibactérienne, l'élastase.

cytose, où sont emprisonnés les microbes. Mais s'en servir comme antibiotiques injectables (par voie sanguine), ferait courir un risque toxique certain au malade.»

«D'abord, il s'agit de protéines, et qui plus est de protéines d'espèces étrangères, phylogéniquement très éloignées de l'homme. Or, l'introduction de protéines dans un organisme est immunogène, c'est d'ailleurs le principe même de la vaccination. Cette protéine étrangère est appréhendée par les cellules de défense du corps, qui la présentent au système de reconnaissance immunitaire. Celui-ci décide qu'il s'agit d'une pro-

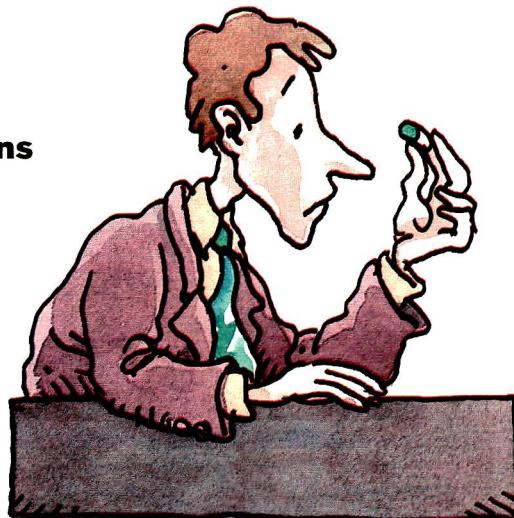
téine étrangère, et ordonne qu'elle soit détruite, mais aussi que la mémoire de son passage dans le corps soit conservée. Toute réinjection de cette protéine provoque une réaction allergique immédiate. Dans certains cas, cette réaction peut être d'une violence inouïe et tuer le sujet.»

«On conçoit, poursuit Elsbach, quelles limites cela constitue pour un antibiotique, qui peut nécessiter jusqu'à six injections intra-veineuses ou intramusculaires par jour, voire des perfusions permanentes ! Il faudrait également être assuré de pouvoir amener la protéine active dans l'organe ou le tissu infecté sans qu'elle soit détruite par les enzymes digestives ou l'acide de l'estomac (par voie orale), et sans qu'elle soit captée par les protéines du sang et détruite dans le foie ou les reins. Même la BPI, qui est pourtant une cytotoxine très spécifique ne s'attaquant qu'aux bactéries, n'est pas assurée d'être un agent thérapeutique efficace.»

Mise en garde nécessaire, pour brider l'éternel espoir du Médicament Suprême. Mais qu'il faut elle-même tempérer, car on peut quand même espérer que les peptides humains, eux, pourront être utilisés en thérapeutique à plus ou moins longue échéance. Ce sont surtout les peptides animaux qu'il faut placer dans une plus vaste perspective. Pour éviter d'aboutir au fameux constat «le malade est mort guéri», force est, pour le moment, de considérer ces derniers comme des modèles d'étude pour de nouveaux médicaments. On l'a vu au début de ces pages : une magainine est déjà en cours d'essais cliniques et devrait être commercialisée dans deux ans. Ce qui ne signifie pas qu'il faille nourrir des espoirs fous. C'est déjà une chance que d'avoir des modèles neufs.

**Porté par la vague
des médias, un
médicament antidépresseur,
le Prozac, bat des records
de vente aux Etats-Unis et en
France, où il compte des millions
d'adeptes. Mais il se pourrait
que cette "pilule du bonheur"
soit prescrite à bon nombre
de malades imaginaires.**

Le bonheur



PAR MARC MENNESSIER

“Pilule du bonheur”, “drogue douce”, “phénomène de société” : rarement médicamenteux aura suscité autant de commentaires et de polémiques que le Prozac. Commercialisé par la firme pharmaceutique américaine Eli Lilly, cet antidépresseur s'est taillé la part du lion au hit-parade des ventes. L'an passé, son chiffre d'affaires mondial a dépassé la barre du milliard de dollars (6 milliards de francs environ). C'est la première fois dans l'histoire de la médecine qu'un psychotrope (médicament qui agit sur le psychisme) atteint de tels sommets. On estime que cinq millions d'Américains et un million de Français se sont fait prescrire au moins une fois du Prozac depuis sa mise sur le marché en 1988 aux Etats-Unis et début 1990 en France. Actuellement, dans notre pays, 300 000 personnes, c'est-à-dire environ 20 % des sujets soignés par un antidépresseur, utilisent ce médicament. Faut-il s'en inquiéter ?

La question divise psychiatres et pharmaciens. Pour certains, le Prozac permet de traiter de façon satisfaisante les personnes atteintes de dépression nerveuse sans provoquer autant d'effets secondaires indésirables que les antidépresseurs classiques. Pour d'autres, l'utilisation abusive de ce médicament fait courir le risque d'une “psychiatrisation” croissante de notre société.

Tout le problème, en effet, est de savoir si ce psychotrope est prescrit aux gens qui en ont ef-

DUBO

fectivement besoin. Et à eux seuls. Or, le livre *Listening to Prozac* (à l'écoute du Prozac), du psychiatre américain Peter Kramer, révèle qu'aux Etats-Unis nombre de gens utilisent la petite gélule beige et verte sans être malades le moins du monde. Le Prozac est vu comme le “médicament-miracle” qui permet de surmonter les difficultés passagères de l'existence (chagrin d'amour, ennui professionnel, examen, coup de cafard...), de vaincre un supposé défaut de caractère (trac, timidité, manque de dynamisme, etc.) ou tout simplement de rester “en forme” et “d'être bien dans sa tête”. A notre connaissance, aucune étude approfondie sur l'utilisation de ce médicament n'a encore été réalisée en France, mais rien ne dit que la même dérive n'est pas en train de se produire chez nous. D'autant que trois produits de la même famille chimique sont en cours d'évaluation en vue de l'Autorisation de mise sur le marché (AMM, permission de commercialisation délivrée par les pouvoirs publics) et que des dizaines d'autres sont à l'étude dans les laboratoires. L'affaire semble en tout cas suffisamment sérieuse

sur ordonnance



DU Bon



DU BonHEUR

Dessins R. Sabatier

pour que la firme Eli Lilly ait jugé bon, vraisemblablement sous la pression du ministère de la Santé, d'envoyer une lettre à tous les médecins généralistes et psychiatres de France leur rappelant que le Prozac ne doit être prescrit que dans le cadre strict défini par son AMM. C'est-à-dire exclusivement pour soigner les dépressions et les troubles compulsifs obsessionnels. Rien d'autre.

La fluoxétine, matière active du Prozac, agit sur l'humeur des sujets atteints de dépression en bloquant la dégradation de la sérotonine dans les fentes synaptiques des neurones qui utilisent cette dernière comme neurotransmetteur, c'est-à-dire pour véhiculer l'influx nerveux d'une cellule à l'autre (voir dessin p. 87). D'après le professeur Henri Loo, chef du service de psychiatrie de l'hôpital Sainte-Anne à Paris, «même si on ne connaît pas précisément leur rôle, on sait que les neurones à sérotonine sont perturbés lors des crises de dépression.» Mais surtout, contrairement aux autres antidépresseurs, en particulier ceux de la famille des tricycliques, la fluoxétine ne bloque pas les récepteurs cholinergiques et

α -adrénergiques. Ce faisant, elle n'engendre pas les effets secondaires provoqués par ces médicaments : bouche sèche, constipation, troubles de la vision, vertiges, difficultés de concentration, hypotension artérielle (et donc risque de chute pour les personnes âgées), etc.

Par ailleurs, la fluoxétine, du fait de sa faible toxicité, est d'un emploi beaucoup moins délicat que les IMAO, ou inhibiteurs de la monoamine oxydase – autre famille d'antidépresseurs –, dont il faut accroître progressivement les doses avant d'atteindre la posologie efficace.

La prise de Prozac peut toutefois s'accompagner d'effets indésirables : nausées, vomissements, insomnies, éruptions cutanées... qu'il convient de ne pas négliger. Aux Etats-Unis, ce médicament est même considéré comme un inhibiteur sexuel voire comme un moyen de lutter contre l'éjaculation précoce (!). En fait, il est bien difficile de savoir si la perte de libido doit être mise sur le compte du médicament ou sur celui de l'état dépressif du sujet. Quoi qu'il en soit, malgré ces désagréments réels ou supposés, le Prozac est un

suite de la page 85

médicament très "maniable", que les médecins généralistes n'hésitent plus à prescrire. Et c'est certainement là que réside la principale raison du succès de ce produit.

Selon le Dr Yves Lecrubier, chercheur à l'INSERM et psychiatre à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière à Paris, «les enquêtes épidémiologiques, réalisées sous l'égide de l'Organisation mondiale de la santé, révèlent que la France compte entre 5 et 8 % de déprimés. Ce qui veut dire que, dans notre pays, environ de 2 à 3 millions de sujets adultes souffrent de cette maladie à des degrés divers. Mais une bonne moitié d'entre eux ne sont pas traités correctement ni même repérés.» En effet, toujours selon Yves Lecrubier, des études récentes montrent que les médecins généralistes ne reconnaissent en moyenne qu'un sujet déprimé sur deux parmi leur clientèle. Ce chiffre est toutefois en progression par rapport à il y a dix ans, quand seulement 30 % des cas de dépression étaient diagnostiqués. Le plus souvent, il y a confusion avec l'anxiété. Si bien que de nombreux déprimés reçoivent des tranquillisants (voir encadré ci-dessus), principalement des benzodiazépines, médicaments qui ont le double inconvénient de ne pas être adaptés à leur état et de provoquer à la longue une pharmacodépendance. Ce qui n'est pas le cas avec les antidépresseurs.

Dans ces conditions, le succès du Prozac et plus généralement l'utilisation croissante d'antidépresseurs, dont le marché a plus que doublé en dix ans, s'expliquerait par un meilleur diagnostic de la maladie par les généralistes. Et il n'y a aucune raison pour que cela s'arrête. Sachant que des millions de déprimés ne sont pas ou mal soignés, on s'attend à ce que "le marché de la dépression" double encore dans les cinq prochaines années.

On peut se réjouir qu'un nombre croissant de sujets souffrant réellement de dépression soient mieux soignés à l'avenir. Mais, à l'inverse, on peut craindre, comme nous l'avons vu, que nombre de

À CHACUN SA PILULE

● **Antidépresseurs** : en 1992, vingt-huit médicaments de ce type étaient commercialisés en France. Ils appartiennent à trois grandes familles : les tricycliques, les inhibiteurs de la monoamine oxydase (IMAO) et les inhibiteurs de la dégradation de la sérotonine, dont le Prozac.

● **Tranquillisants ou anxiolytiques** : comme leur nom l'indique ces médicaments soignent l'anxiété (et non la dépression). Ils appartiennent pour l'essentiel à la classe des benzodiazépines et sont susceptibles d'entraîner une pharmacodépendance, notamment lors de traitement au long cours. Comme *Science & Vie* l'a révélé (n° 856, p. 30),

la France bat le record du monde de la consommation de tranquillisants.

● **Neuroleptiques** : ces médicaments qui, étymologiquement, "abattent les nerfs" et que l'on peut comparer à des camisoles de force chimiques, calment les malades agités ou violents. Le premier et le plus célèbre d'entre eux, la chlorpromazine, a été découvert en France en 1952. Il est commercialisé sous le nom de Largactil.

● **Thymorégulateurs** : ces "régulateurs de l'humeur" servent à soigner et surtout à prévenir les rechutes de la psychose maniaco-dépressive. Le plus connu d'entre eux est le lithium.



personnes se fassent prescrire un traitement antidépresseur dont elles n'ont pas besoin.

L'incroyable publicité dont a bénéficié le Prozac depuis sa mise sur le marché fausse en effet la relation médecin-patient. Résultat : les patients demandent eux-mêmes à leur médecin de leur fournir la "pilule-miracle" dont ils ont entendu tant de bien, plaçant le praticien en position de prescripteur forcé. C'est d'autant plus vrai que de nombreux médecins de ville sont dans une situation financière précaire et hésitent à ne pas donner satisfaction à leur maigre clientèle de peur de la perdre. Il faut savoir que, à tort ou à raison, 85 % des médicaments psychotropes, toutes classes confondues, sont délivrés par des généralistes. Par ailleurs, la formation des médecins en pharmacologie clinique est notoirement insuffi-

(1) Odile Jacob, 245 p., 130 F.

sante en France. Pour des raisons obscures, cette discipline est de moins en moins enseignée dans les facultés. Et on peut craindre que la formation des généralistes dans ce domaine ne soit bientôt plus assurée que par les visiteurs médicaux envoyés par les laboratoires pour vanter les mérites de tel ou tel médicament.

Mais, surtout, quelle valeur attribuer aux enquêtes épidémiologiques qui annoncent que de 5 à 8 % des Français adultes souffrent de dépression ? Et puis sur quoi se base-t-on pour dire que quelqu'un est déprimé ou non ?

Comme l'écrit Edouard Zarifian, chef du service de psychiatrie de l'hôpital de Caen, dans son livre *Des paradis plein la tête* (1) : «Un diagnostic clinique en psychiatrie est toujours approximatif, il exprime une probabilité et jamais une vérité enfermant le patient dans un cadre définitif.» Selon ce spécialiste, la frontière entre le normal et le pathologique est floue. Qui n'a pas ressenti dans sa vie du chagrin, de la tristesse et du décuage à la suite d'un deuil ou d'une ex-

périence douloureuse (perte d'emploi, divorce, etc.) ? Est-il anormal de pleurer, même longtemps, la perte d'un être cher ? Suffit-il d'être triste pendant plusieurs jours d'affilée pour être classé "dépressif" ? A partir de quand un médecin doit-il décider qu'il faut administrer un psychotrope et pour quelle durée ? Enfin, comment rendre compte de toutes ces nuances dans une enquête épidémiologique qui, fatidiquement, repose, à un moment ou à un autre, sur des critères purement arbitraires ?

Selon Zarifian, «on incite les gens à se représenter leurs difficultés existentielles en termes de maladie. Or, toute souffrance psychique n'est pas forcément synonyme de trouble psychique ! Bien au contraire, la souffrance psychique liée à un événement vécu est maturante et structurante. Son gommage systématique par des moyens chimiques est un "génocide" du cerveau humain. Cela revient à falsifier l'existence, à abolir la liberté et à promouvoir l'indifférence.»

Les principes du bon vieux docteur Knock font toujours recette : laisser croire à des millions de gens qu'ils sont des dépressifs qui s'ignorent fait les affaires de beaucoup de monde. Les prix des médicaments étant bloqués en France, les laboratoires pharmaceutiques ont en effet intérêt à se rattraper sur leurs ventes et à créer des produits artificiels destinés à soigner des pseudo-maladies. C'est le cas de la "dépression brève récurrente" dont on est censé souffrir au bout de trois jours de tristesse consécutifs.

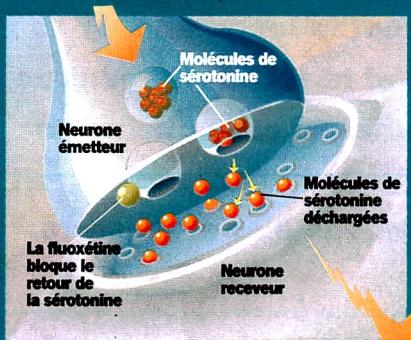
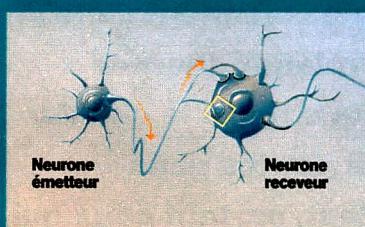
Mais le plus préoccupant dans cette affaire consiste à laisser croire que le bonheur peut être prescrit sur ordonnance et que – suprême raffinement de la société de consommation – une simple pilule permet de s'offrir une personnalité et une humeur sur mesure en faisant l'économie de la nécessaire confrontation aux difficultés de l'existence. C'est également faire fi de l'insoudable complexité du psychisme humain et réduire l'homme à bien peu de chose.

Ravalés au rang de distributeurs de cachets, psychiatres et médecins sont en passe de contrôler les esprits, un peu comme dans *le Meilleur des mondes*, le fameux roman d'Aldous Huxley.

«Après tout, il suffirait de distribuer aux chômeurs, aux agriculteurs et aux marins-pêcheurs les pilules qui conviennent pour qu'ils se tiennent tranquilles», note Edouard Zarifian. «Si pendant la Seconde Guerre mondiale la consommation de psychotropes avait été ce qu'elle est aujourd'hui en France, y aurait-il eu des résistants pour se rebeller contre l'occupant ?»

Coup de fouet

L'influx nerveux passe d'un neurone à l'autre par la décharge, dans la fente synaptique, de molécules appelées neurotransmetteurs (dopamine, acétylcholine, sérotonine, etc.). Dès que le courant est transmis, ces molécules sont recaptaées par le neurone émetteur. Lors d'un épisode dépressif, le fonctionnement des neurones à sérotonine est perturbé. La fluoxétine, matière active du Prozac, bloque la recapture de ce neurotransmetteur, prolongeant ainsi le passage de l'influx.



C'est le bavardage qui cause l'effet de serre !

PAR JONATHAN SWIFT

Nous avons tous fait l'expérience suivante : plus on est nombreux dans une pièce, plus la température s'y élève. En effet, parallèlement à notre consommation de calories (1,25 kilocalorie par minute pour une personne au repos et 7,5 kcal pour une personne en mouvement), nous en dégageons. La valeur du dégagement varie selon l'activité, mais elle est toujours proportionnelle à la consommation.

Des travaux de chercheurs de l'université d'Annaheim (¹) viennent d'établir que, lorsque quelqu'un parle, sa consommation de calories se situe aux alentours de 5 kcal. Ce chiffre peut monter à 8 kcal lors d'une discussion enflammée, lorsque le sujet est un orateur politique, un avocat dans une plaidoirie criminelle, un époux se justifiant. Une conversation téléphonique en posture assise nous fait consommer de 5 à 6 kcal, ce qui est plus élevé que la dépense normale d'une conversation, en vertu du fait que, pour être compris au téléphone, il faut faire un effort particulier d'articulation et lever un peu plus la voix.

D'autres chercheurs (²) ont mesuré le taux de calories restituées à l'environnement, non seulement par le rayonnement de la température cutanée de l'individu, mais encore par l'air chaud, essentiellement du gaz carbonique, qu'il rejette. Pour un individu qui parle au téléphone, la chaleur ainsi restituée se décompose ainsi :

- rayonnement cutané : 0,1 cal/m³ par minute ;
- air chaud : 0,2 cal/m³ par minute.

On comprend donc pourquoi, dans une réunion sociale telle qu'un cocktail, où tout le monde parle à la fois, la température monte beaucoup plus vite que dans un cinéma, par exemple, où l'on se tait et où l'hiver on garde son bonnet.

Les conséquences globales de ces mesures ont été établies par un travail conjoint et, il faut le



R. Kavay/Magnum

Deux équipes de chercheurs américains viennent d'établir une corrélation thermodynamique entre la chaleur dégagée par les gens qui parlent, surtout ceux qui utilisent la langue de bois, et le réchauffement de la planète. Leur conclusion est que le bavardage accroît les risques d'effet de serre.

souligner, hautement original, de deux équipes, celle de Strass, citée plus haut, s'étant adjointe celle des sociologues Weg, Kohn-Fious et Pointless, de l'Ecole de thermographie appliquée de l'université de Pensacola (Californie).

Etant donné qu'il y a sur la Terre plus de 5 milliards d'habitants, la quantité fondamentale de chaleur dégagée est de : 0,1 cal/min x 5 milliards = 500 millions de calories par minute par simple rayonnement cutané, soit encore 3 milliards de calories par heure, soit encore 72 milliards de calories par jour.

Une calorie élève la température de 1 g d'eau de 1 °C à la température ambiante de 15 °C. C'est-à-dire que, tous les jours, la chaleur dégagée par la peau des humains pourrait éléver de 1 °C la température de 72 000 t d'eau.

Mais ce n'est pas dans l'eau que se déversent ces milliards de calories, c'est dans l'air, qui, lui, chauffe deux fois plus. Une calorie élève la température de 1 cm³ d'air de 2 °C. C'est-à-dire que le rayonnement cutané élèverait de 2 °C tous les jours 72 000 m³ d'air, ou 144 000 m³ d'air de 1 °C. Chiffres apparemment négligeables, en regard des 400 000 milliards de mètres cubes que représente la troposphère atmosphère.

Mais il faut aussi tenir compte du dégagement de chaleur de l'exercice et du temps passé en parlores. Un travail de statistique très fin, étalé sur cinq ans, a permis d'établir que la moyenne des humains sont éveillés près de quinze heures par jour et qu'ils parlent pendant trois heures. Cela donne, sur les mêmes bases que plus haut : 180 milliards de calories de plus par jour au minimum, car certains discours sont interminables.

Se fondant sur les estimations du statisticien D. Leerant, nos chercheurs relèvent toutefois ce dernier chiffre, étant donné que, dans le secteur tertiaire – qui représente, aux Etats-Unis, par exemple, 80 % environ de l'activité économique –, on parle environ huit heures par jour (sans compter les gens qui parlent tout seuls dans la rue), et que ce secteur est en progression dans le monde entier. C'est donc, observent-ils, quelque 100 milliards de calories par jour qu'il faudrait ajouter.

Mais, à nouveau, ces taux doivent être révisés à la hausse, selon Lang, Legnus et Sapin, de l'Institut d'économétrie linguistique de New Sabiria : la langue de bois, qui gagne du terrain dans le monde et qui, après avoir conquis Moscou dans les années trente, sévit dans l'Europe occidentale (la France en est particulièrement atteinte), en est la cause. En effet, une proposition courante, transcrise en langue de bois, exige de trois à quatre fois plus de vocables et donc entraîne un accroissement correspondant d'air chaud. Exemple : au lieu de dire

« Untel a été renvoyé parce qu'il ne faisait rien et qu'il coûtait de l'argent », on dit, dans ce langage, « Les exigences de parité dans le ratio des rentabilités du personnel actif et l'incompatibilité des nécessités de compression budgétaire en regard de l'équilibre des répartitions salariales ont entraîné la prise de décision du licenciement d'Untel. » Et, comme dit Sapin : « La langue de bois brûle bien ! » A prendre également en compte : les bâillements incoercibles des auditeurs de ce jargon.

Autre responsable d'une révision à la hausse de la chaleur dégagée par le discours humain, les « aides à la communication », équipement et personnel censés faciliter les échanges de vues. La principale de ces « aides » est le classique téléphone, dont la seule présence excite la verbosité des logorrhéiques et déclenche un réflexe psychomoteur bien connu : le malade s'empare du combiné sans même savoir à qui il va parler et forme le premier numéro qui lui vient à l'esprit pour se lancer dans un discours irrépressible. Une autre est l'équipement informatique qui, mal utilisé, entraîne également des dépenses verbales excessives. Sapin relève que les querelles entre l'informaticien de service et l'utilisateur autour d'un programme informatique de traitement de texte entraînent des débordements verbaux d'un volume excédant jusqu'à dix fois celui du texte à traiter.

Il faut donc ajouter au moins 25 % aux 100 milliards de calories cités plus haut. Le total, y compris la chaleur du rayonnement cutané, est donc de quelque 377 milliards de calories par jour. Or, cette chaleur ne se dissipe pas mais s'accumule, en théorie de façon exponentielle. Compte tenu de ce fait, Kohn-Fious et Pointless estiment que, *grosso modo*, le taux d'absorption par mètre cube par jour est de 0,005 °C.

Les modèles aérologiques (3) indiquent que la moitié de cette chaleur est dissipée par les courants froids de la haute atmosphère. Il n'en reste pas moins qu'en cent jours, la troposphère a absorbé 0,25 °C, non résorbés, et, en un an, quelque 0,75 °C.

« C'est largement assez pour expliquer l'accroissement des températures moyennes du globe et l'effet de serre », nous a déclaré Kohn-Fious au cours d'une conversation faxée. « A mon avis, ce n'est pas l'activité industrielle qui est seule responsable, mais l'expansion démographique et le bavardage effréné de la planète. La seule consigne pour toute personne consciente des dangers écologiques est de restreindre considérablement son temps de parole. A parler de manière aussi intemperante que le fait l'humanité, elle risque la noyade par élévation du niveau des mers consécutive à la fonte des pôles. La devise de l'humanité prudente sera donc motus et bouche cousue. » ■

(1) Strass, Diamond, Tock et coll., *Proceedings of the National Academy of the School of Baloney*, 1989, vol. 67.

(2) Munchausen, Serendipitor, université de haute Californie.

(3) D. Stort, Mattachine Effulvescence Institution, 1988.

Un enfant de 1 800 000 ans chambarde l'histoire humaine

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

Son âge avait été lourdement sous-estimé. En effet, l'enfant dont on avait trouvé le crâne en 1936 à Mojokerto, en Indonésie, est de 800 000 ans plus vieux que ce qu'on avait pensé (1,8 million contre 1 million d'années). Du coup, l'hypothèse généralement admise, selon laquelle les premiers humains avaient quitté l'Afrique pour essaimer dans le monde il y a environ un million d'années, s'effondre. Et si l'homme moderne est apparu en Afrique et en Asie en même temps, c'est donc qu'il n'aurait pas d'origine unique.

Deux géologues américains, Carl Swisher et Garnis Curtis, ont déclenché ce séisme en anthropologie. Ils ont, pour réévaluer l'âge du crâne de Mojokerto, utilisé une technique de datation nouvelle et très fiable, reposant sur le rapport entre l'argon 40, radioactif, et l'argon 39, stable, dans les roches d'origine volcanique. Géologues estimés au Geotechnology Center, Institute of Human Origins (Berkeley, Californie), nos "casseurs de chronologies" ont effectué leurs mesures sur des fragments rocheux prélevés à l'intérieur de la calotte crânienne. Pourquoi cette correction n'est-elle donc faite que si tard ? C'est que non seulement la technique de datation est nouvelle, mais encore qu'elle n'est applicable qu'aux roches volcaniques contenant des quantités suffisantes d'argon.

Or, il s'agit bien d'un *Homo erectus*, "l'homme debout", premier primate considéré comme humain et ancêtre présumé d'*Homo sapiens* et d'*Homo sapiens sapiens*, l'homme moderne apparu il y a une centaine de milliers d'années.

Jusqu'à présent, les fossiles les plus anciens d'*Homo erectus* ont été découverts à Koobé Fora, au Kenya ; ils datent de 1,77 million d'années. L'Afrique était donc tenue pour le berceau

Un crâne d'enfant remet en cause l'histoire des migrations d'*Homo erectus* et de l'humanité telle qu'on l'avait imaginée jusqu'ici. Il faut maintenant se demander si l'espèce humaine n'aurait pas eu au moins deux berceaux, l'Afrique et l'Asie.

de l'humanité, et on pensait qu'*Homo erectus* n'avait pas quitté ce continent avant il y a 1 million d'années. Ses premières excursions auraient pu coïncider avec l'une des grandes innovations de la préhistoire, l'outil de pierre taillé des deux côtés, ou biface, caractéristique de la civilisation dite acheuléenne.

Ces bifaces, permettant de mieux chasser et de mieux dépecer le gibier, ont été trouvés dans de nombreux sites africains et en Europe, mais jamais en Asie. Et ce fait a contribué, depuis plusieurs décennies, à confirmer l'Afrique comme unique berceau de l'humanité. Voilà un siècle, c'était "l'homme de Java" qui passait pour l'ancêtre. L'anthropologue hollandais Eugène Dubois avait découvert, en 1891, sur les berges de la rivière Solo, à Java, une calotte crânienne et un fémur dont il pensa qu'ils appartenaient au fameux "chaînon manquant" darwinien, intermédiaire entre le singe et l'homme. Il avait classé ce spécimen dans une espèce nouvelle, *Anthropopithecus erectus* (l'homme-singe debout), qu'il rebaptisa par la suite *Pithecanthropus erectus* (singe-homme). Assez curieuse-

(1) Voir *Science & Vie* n° 918, p. 48.

L'ODYSÉE DU PREMIER HOMME



Deux berceaux pour l'humanité

Tous les sites où l'on a retrouvé des vestiges d'*Homo erectus*, et leur ancienneté. D'après une nouvelle analyse, l'homme de Java (Mojokerto) est aussi ancien que celui d'Afrique (Koobé Fora).

D'après Science

ment, Dubois était parti à Java parce que c'était là que, en 1868, le biologiste allemand Ernst Haeckel avait prédit qu'on trouverait l'ancêtre de l'humanité. C'est bien plus tard qu'on rattacha *Pithecanthropus erectus* au genre humain et qu'on le reconnaît donc comme un *Homo erectus*. Mais on ne lui prêta plus guère d'attention.

C'est que le centre d'intérêt des anthropologues avait, depuis les années cinquante, migré en Afrique. On y avait, en effet, déterré de nombreux fossiles d'hominidés, y compris ce que l'on a considéré jusqu'à aujourd'hui comme le spécimen le plus ancien d'*Homo erectus*, celui de Koobé Fora, au Kenya, vieux d'un peu plus de 1,77 million d'années. On avait bien découvert des fossiles d'*H. erectus* en Chine et en In-

donésie, mais leur datation était soit incertaine, soit inférieure à 1 million d'années (compatible avec l'idée de migration). La calotte crânienne de l'enfant de Mojokerto, datée (et mal datée) d'après l'étude de sédiments qui l'entouraient, cadre bien avec ce schéma.

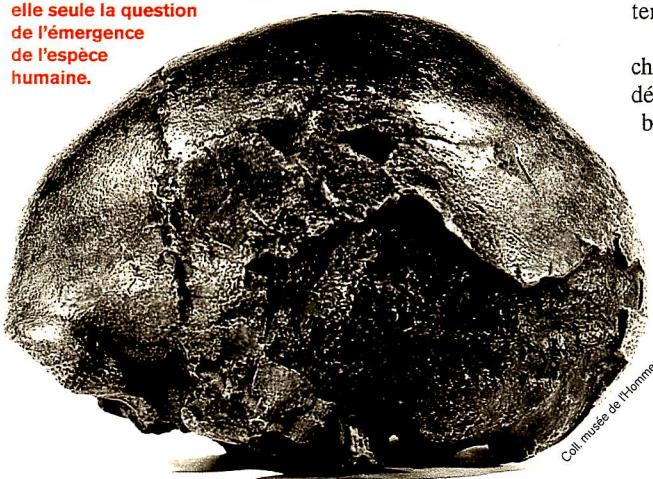
A ceux qui seraient tentés, pour conserver l'ancien édifice, de contester une technique de datation toute neuve, les deux géologues pourront objecter qu'elle a été confirmée par une étude du paléomagnétisme. Celui-ci porte sur les variations dans le temps des champs magnétiques terrestres, qui laissent leurs empreintes dans les roches (¹).

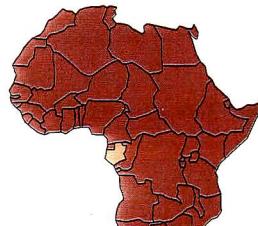
Ils ont également daté un autre crâne javanais, découvert il y a une quinzaine d'années à Sangiran. On lui attribuait un âge compris entre 700 000 et 800 000 ans : il date en réalité de 1,66 million d'années, preuve de plus qu'il y avait des humains en Asie il y a bien plus longtemps qu'on ne l'avait pensé.

Comme un bonheur ne vient jamais seul, des chercheurs géorgiens rapportent qu'ils ont, eux, découvert à Dmanisi, dans cette ancienne république de l'URSS, un crâne d'*Homo erectus* qui daterait de 1,6 million d'années. Cette dernière estimation reste toutefois à vérifier.

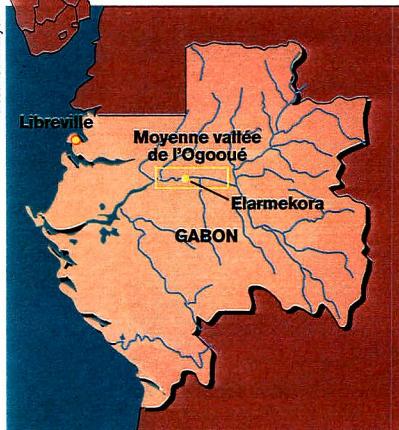
Néanmoins, le scénario du peuplement de la Terre est bien à revoir. L'humain est né en Afrique, Curtis et Swisher l'admettent, mais il est également né ailleurs. Mais alors, comment se sont faites les évolutions ? Il faudra tailler encore notre vieil arbre généalogique... ■

Cette calotte crânienne, dont on a sous-estimé l'âge pendant cinquante ans, pose à elle seule la question de l'émergence de l'espèce humaine.





Dessins A. Meyer



PAR PIERRE ROSSION

Si l'on en croit les encyclopédies, l'Afrique subsaharienne n'aurait produit, jusqu'aux premiers siècles précédant l'ère chrétienne, que des outils en pierre rudimentaires et grossièrement taillés, tels que des bifaces, des haches, des burins et des grattoirs, du Paléolithique inférieur. A croire que, depuis son apparition sur la Terre, il y a 400 000 ans, l'*Homo sapiens* d'Afrique s'était octroyé un repos du septième jour prolongé. Alors que, pendant ce temps, son homologue des pays coiffant le continent africain, du Maroc à l'Ethiopie, et celui de l'Europe et de l'Asie évoluaient graduellement, d'abord vers une civilisation paléolithique moyenne et supérieure, dont témoignent, en Afrique du Nord, les gravures rupestres du Sahara, puis vers une civilisation néolithique, avec l'apparition d'objets en pierre polie, de poteries décorées, et pour terminer vers une civilisation du cuivre, du bronze et enfin du fer, qui marque la fin de la préhistoire.

Intrigué, Richard Oslisly (1), un jeune préhistorien français – dont les travaux sont soutenus par Yves Coppens, titulaire de la chaire de paléanthropologie au Collège de France –, se posa la

La préhistoire de l'Afrique est beaucoup plus riche qu'on ne le pensait. C'est ce qui ressort de fouilles au Gabon. Elle ont mis au jour une civilisation inconnue, particulièrement avancée dans l'art rupestre et dans la métallurgie du fer. Une civilisation tout à fait originale, selon le paléontologue Yves Coppens.

question de savoir si ces faits étaient fondés ou non, c'est-à-dire s'ils avaient été établis à partir de résultats de fouilles ou, au contraire, à partir d'opinions peut-être émises à la légère. Pour s'en assurer, il commença par consulter l'*Atlas de la préhistoire de l'Afrique*, établi dans les années soixante sous la direction de John Desmond Clark et de Glynn Isaac, professeurs de préhistoire respectivement à l'université de Berkeley et à l'université Harvard. Il ne lui fut d'aucun secours, du fait que, dans toute la région correspondant au Gabon, au Congo, au Zaïre, à la République centrafricaine et au Cameroun, il y avait un grand blanc. Il se mit alors à fouiller les bibliothèques pour y rechercher les publications relatives à la préhistoire de l'Afrique. Là encore, comme il fallait s'y attendre, elles étaient rares et pauvres en informations et dataient pour la plupart de la période coloniale, c'est-à-dire d'une époque où il valait

(1) De ces découvertes, Richard Oslisly a fait une thèse de doctorat, soutenue en 1992 à l'université Paris I, intitulée "Préhistoire de la moyenne vallée de l'Ogooué" (Gabon). Il est aussi l'auteur des *Gravures rupestres de la vallée de l'Ogooué* (éditions Sépia).

eu son âge du fer

De l'art figuratif

Seuls des outils en fer ont permis de réaliser de telles gravures. Cette pointe de flèche stylisée montre les préoccupations alimentaires d'un peuple de chasseurs.



Photos C. Adrien

meilleur, pour justifier le rôle civilisateur de l'Occident, présenter l'Afrique comme une terre vierge de toute civilisation.

Les plus récentes de ces publications, mais aussi les plus intéressantes, dataient des années soixante. Elles provenaient des archives du Gabon, pays que les archéologues considèrent comme une région propice aux découvertes préhistoriques car elle occupe une situation privilégiée, à la charnière des voies de communication entre les pays du continent africain situés au nord et ceux situés au sud. Les voies empruntaient les lignes de crête, orientées en majorité nord-sud, à mille mètres d'altitude environ, là où la forêt fait place à la savane.

Ces publications étaient donc le résultat d'une vogue pour la préhistoire qui s'était manifestée au Gabon, mais aussi dans les autres pays d'Afrique, après l'accession à l'indépendance des pays africains. Cette vogue faisait suite au grand courant culturel qui animait alors le continent et dont le but était de réhabiliter les valeurs anciennes, an-



Et des représentations plus ésotériques

En revanche, on n'a pas encore trouvé de signification à ces cercles concentriques reliés par des ponts.

térieures à l'influence européenne, et de retrouver les racines authentiques du passé.

Tous les grands leaders africains de l'époque s'étaient impliqués dans cette quête, au premier rang desquels Léopold Sédar Senghor, président de la république du Sénégal et poète de renom, pour qui « La préhistoire est plus importante que l'histoire, elle embrasse toutes les données du problème des sources originelles de l'Afrique. »

Dans la foulée, en 1965, une équipe de chercheurs dirigée par un enseignant, Bernard Farine, créa avec le soutien de Léon M'Ba, à l'époque président de la république du Gabon, la Société de préhistoire et de protohistoire gabonaise (SPPG) qui, à l'issue de nombreuses sorties sur le terrain, recensa 256 gisements préhistoriques desquels fut mise au jour une impressionnante collection d'objets. Malheureusement, ces pièces uniques entreposées au musée de Libreville furent égarées. Seuls sept bulletins et deux mémoires furent épargnés.

Disposant de cette unique source d'informations, Richard Oslisly reprit donc, en 1980, les fouilles là où les chercheurs de la SPPG défunte

suite de la page 93

les avaient laissées. Aidé de Bernard Peyrot, professeur de géographie physique à l'université du Burundi à Bujumbura, il fixe son choix sur la moyenne vallée de l'Ogooué, région du Gabon la plus riche en sites intéressants. De très anciens foyers d'habitation dans lesquels abondent des objets en pierre taillée et polie et des fragments de poteries sont mis au jour. Mais surtout ils découvrent des bas-fourneaux qui apportent la preuve que le Gabon était bien passé par les étapes classiques de la préhistoire. Des fouilles, faites récemment au Congo, au Zaïre et au Cameroun, semblent apporter la preuve que cette civilisation préhistorique de haut niveau devait englober toute l'Afrique subsaharienne forestière.

La préhistoire africaine avait à peu près suivi la même évolution que celle des autres pays du monde, mais en développant cependant des caractéristiques propres. Différentes étapes technologiques de la taille des pierres, allant des galets grossièrement taillés du Paléolithique inférieur aux pierres polies du Néolithique ont pu être distinguées. Les plus anciens de ces objets (environ 400 000 ans avant J.-C.) ont été mis au jour dans les hautes et moyennes terrasses de certains cours d'eau, comme l'Ogooué, et dans les berges d'anciens lacs.

Puis, avec l'évolution des techniques de taille, on voit apparaître vers 5 000 ans avant J.-C. de remarquables pièces de petite taille finement travaillées, en silex, jaspe et quartz. La technique évolue ensuite très rapidement vers la taille d'outils de pierre polie (haches, hachettes, herminettes), souvent accompagnés de meules façonnées sur des fragments de dolérite ou même de basalte. Certaines des hachettes sont si petites qu'il est possible de douter de leur réelle utilité autrement qu'en tant que pièce d'ornement ou qu'objet à contenu magique. Il pourrait s'agir de l'ancêtre du gri-gri – Richard Oslisly a par ailleurs retrouvé dans des grottes des résidus de quatre espèces de plantes utilisées dans des rituels magiques et qui datent de 3 500 ans avant J.-C. (?). A côté des pierres polies apparaissent les premières poteries, presque toujours décorées de nombreux motifs incisés. Il s'agit de vases, de cruches, de bouteilles, de grandes jarres, à usage domestique. En revanche, et jusqu'à preuve du contraire, ni la charrue, ni la roue, dont l'invention remonte à 3 500 ans avant notre ère, en Mésopotamie, n'ont traversé le Sahara. L'agriculture se faisait par le brûlis et la houe.

Après le Néolithique, le Gabon passe directement, vers 700 ans avant J.-C., à l'âge du fer, sans connaître ceux du cuivre et du bronze, comme un

bon élève qui aurait sauté deux classes d'un coup. Il s'agit là d'une particularité intéressante car, s'il est assez fréquent que des peuples négligent l'âge du cuivre, en revanche, rares sont ceux qui ignorent l'âge du bronze, alliage de cuivre et d'étain. Cet âge du fer gabonais correspond, dans le temps, à l'âge de la Tène, dernier âge du fer en Europe.

Des trois métallurgies, celle du fer est la plus sophistiquée, elle nécessite la température de fusion du minerai la plus élevée (1 535 °C, contre 1 034,5 °C pour le cuivre) et l'emploi de charbon de bois pour fournir le carbone nécessaire à la réduction du mineraï. Et puis, il s'agit d'une véritable métallurgie et non du martelage de blocs de fer météoritique, tombés tout droit du ciel, comme certains esprits sceptiques l'avaient cru au départ. La découverte de bas-fourneaux (datés de -700 ans avant J.-C. par la méthode du radiocarbone) en est d'ailleurs la preuve la plus évidente. Le mineraï de fer provenait soit de gisements, très abondants au Gabon, soit de graviers ferrugineux présents dans le sol latéritique. Enfin, cette technique ne pouvait pas avoir été introduite par des peuples venus de l'Afrique du Nord, qui détenaient cette technique des Egyptiens, lesquels la tenaient des Assyriens. Ce n'est, en effet, qu'après la conquête de l'Egypte en 667 avant J.-C. par le roi d'Assyrie, Assurbanipal, que la métallurgie du fer fut introduite au pays des pharaons. La métallurgie gabonaise, apparue avant, n'a donc pu qu'être inventée sur place (?).

Les métallos gabonais extrayaient le mineraï, le broyaient avec des galets et le fondaient dans les bas-fourneaux creusés dans le sol et surmontés d'une hotte d'argile étayée de branchages. Puis, afin d'activer la combustion pour augmenter la température, ils insufflaient, à l'aide de tuyères en terre cuite, de l'air pulsé par des soufflets faits de bois et de peaux d'animaux. Le fer fondu était ensuite travaillé pour fabriquer des armes et autres outils.

Aucun objet en fer n'a été retrouvé, de sorte qu'il est impossible d'avoir une idée sur leur forme et leur niveau d'élaboration. Mais cela n'a rien d'étonnant du fait de la corrosion, de l'acidité du sol et de l'humidité quasi permanente. Une preuve de leur existence est cependant apportée par les pétroglyphes (gravures rupestres) découverts à proximité des bas-fourneaux préhistoriques. Ces fresques, réalisées en piquant la roche de milliers de petites cupules, sont contemporaines de l'âge du fer gabonais. D'une part parce que leurs motifs sont identiques à ceux des poteries trouvées à proximité, que la méthode du radiocarbone 14 a daté entre -200 avant J.-C. et + 200 après J.-C. D'autre part parce qu'elles n'ont pu être gravées que par des outils en fer, seuls capables d'attaquer

(2) *Nature*, vol. 367, p. 25.

(3) Les premières traces de la métallurgie du fer dans le monde apparaissent chez les Hittites, en Anatolie centrale, vers 2 000 ans avant J.-C.



Lézard ou crocodile ?

Une idée de la faune africaine d'il y a deux mille ans.



De l'art abstrait avant l'heure

Ces séries de cercles concentriques reliés entre eux pourraient avoir une signification religieuse de communication avec l'au-delà.



La chasse, mais aussi la pêche

Cette forme sommaire pourrait, selon les préhistoriens, être un poisson.

Photos C. Adrien

le substrat rocheux (grès quartzite) sur lequel elles ont été réalisées. Certes, des burins en silex auraient pu faire l'affaire, mais on aurait dû les retrouver. Or, ce n'est pas le cas. Et puis, ces burins auraient été trop grossiers pour réaliser les milliers de petits trous réguliers (8 mm de diamètre sur 6 de profondeur) nécessaires pour obtenir chaque figure.

Surprise plus grande encore, ces gravures rupestres – près d'un millier réparties sur 40 km², les plus intéressantes étant concentrées dans le site d'Elarmekora – ne sont pas toutes de facture classique comme le sont celles du Tassili ou de Lascaux, mais abstraites, rappelant les compositions de Miró. Là encore, on peut évoquer un saut de classe, car ce n'est qu'après avoir épousé toutes les possibilités de la technique classique que les peintres occidentaux en sont venus à découvrir les secrets de l'art abstrait, au début de ce siècle.

« Ces gravures sont absolument uniques en leur genre, par leur thématique, leur composition et leur inspiration. Elles sont le signe d'une culture et d'une forme d'art tout à fait originales », nous dit le Pr Yves Coppens.

La thématique fait coexister deux styles, l'un carrément abstrait et symbolique, l'autre plus schématique et réaliste. Les figures abstraites représentent des séries de cercles concentriques ou tangents, isolés ou regroupés dessinant un itinéraire très compliqué, difficile à interpréter, qui pourrait être la représentation graphique des aspirations spirituelles des peuples préhistoriques d'Afrique subsaharienne. Apparaissant toujours au sommet de monolithes rocheux, ils évoquent irrésistiblement une forme de communion astrale. « Ces mystérieux messages ne nous étaient pas destinés mais s'adressaient aux forces obscures qui résident dans la pierre, la terre, le soleil, où les éléments naturels qui permettent à l'homme de subsister dans son être de chair mais aussi de persévérer dans sa destinée d'être pensant », écrit Jean Abelanet, préhistorien, spécialiste de l'art rupestre.

Quant aux figures schématiques, elles évoquent des animaux, entre autres des caïmans, associés à des figures géométriques représentant des symboles sexuels (vulves) et des armes de chasse (lances, sagaies, couteaux de jet). Il pourrait s'agir d'une forme d'écriture reflétant, à la manière d'un film documentaire, les préoccupations d'un peuple de chasseurs. Il reste maintenant à trouver la pierre de Rosette susceptible d'aider à les comprendre.

« La découverte de cette civilisation enrichit la préhistoire de l'humanité », dit Yves Coppens. Elle risque aussi d'alourdir un peu plus les encyclopédies, qu'il va bien falloir remettre à jour. ■

Vers des essais

PAR GERMAIN CHAMBOST

Dès que l'on aborde le domaine des armements nucléaires, on entre dans l'ère du secret, d'ailleurs plus ou moins cultivé avec complaisance par "ceux qui savent". Même le nombre d'essais nucléaires réalisés par tel ou tel pays présente parfois à contestation. Soit que le pays concerné dissimule certaines de ses expérimentations – ce qui est généralement le cas, peu de nations jugeant utile de fournir au monde entier ce type d'informations... –, soit que ces expérimentations soient indétectables (voir encadré p. 98). Soit même que les pays qui détectent les expérimentations effectuées par d'autres ne les révèlent pas au grand jour, utilisant ce genre de renseignements comme argument de négociation avec les membres de ce qu'il est convenu d'appeler aujourd'hui "le club nucléaire", qui regroupe les pays détenteurs de l'arme atomique. Pour la France, on sait tout de même qu'elle a procédé au total à 204 essais, dont 45 dans l'atmosphère.

Le même problème se pose lorsqu'il s'agit de dire si, oui ou non, les membres de ce club nucléaire ont aujourd'hui besoin de procéder à des essais supplémentaires. Par exemple, pour mettre au point les armes nouvelles de leurs forces de dissuasion. Une question qui faisait précisément l'objet du rapport d'information Galy-Dejean (1). Ce dernier souligna bien qu'en la matière le savoir est concentré entre les mains de quelques experts, notamment ceux de la direction des Applications militaires (la DAM) du Commissariat à l'énergie atomique (le CEA), «tout cela confiné dans le phénomène du secret Défense», ce qui rend très difficile une prise de décision de la part des politiques. Pas commode, donc, pour ces derniers, de trancher entre les tenants d'un arrêt immédiat et définitif des essais nucléaires, ceux-ci pouvant être remplacés par des simulations en laboratoire, et les partisans d'un recours à de telles simulations, mais après cinq, dix, vingt essais en vraie grandeur sur l'atoll de Mururoa, dans le Pacifique.

L'enjeu des simulations informatiques est d'autant plus important qu'il réduit le risque de prolifération des bombes nucléaires actuelles (voir encadré p. 99). En effet, outre les États-Unis, la Grande-Bretagne, la France et sans doute la Chine,

Le livre blanc sur la défense qui vient d'être publié ne prend pas position sur la poursuite des essais nucléaires : le président de la République est contre ; la majorité est pour. Les spécialistes proposent de continuer les essais sur ordinateur.

qui ont les connaissances et les moyens nécessaires pour réaliser des bombes A sophistiquées, d'autres pays sont tout à fait à même de rééditer la bombe d'Hiroshima : Inde, Pakistan, Corée du Nord, Irak. Aller au-delà, pour eux, supposerait qu'ils puissent procéder à des essais de validation des techniques mises en jeu. D'où la volonté des "grandes puissances" nucléaires de parvenir à une interdiction totale de ces essais.

Jusqu'ici, explique en substance le député Pierre Favre, ingénieur, membre de la commission Galy-Dejean, le nucléaire militaire est encore relativement empirique. Les essais servent donc à tous les stades de la conception d'une arme et de sa réalisation. Et les essais passés ont montré que même les calculs les plus sophistiqués ne plaçaient pas les techniciens du nucléaire à l'abri de surprises. Des tolérances de quelques micromètres dans l'usinage, la présence de quelques impuretés, et la bombe ne fournit qu'une fraction de la puissance escomptée. Si cette arme est une bombe A qui doit servir d'amorce, la bombe thermonucléaire qu'elle est censée "allumer" ne fonctionnera tout simplement pas. D'où le soin extrême apporté à la mise au point de cette "allumette". Personne ne paraît échapper à ce genre de déboires.

Le rapport Galy-Dejean rappelle ainsi les déconvenues des Américains durant les années 1958-1961, alors qu'ils observaient un moratoire avec l'URSS et la Grande-Bretagne. Les armes mises en service pendant cette période connurent diffé-

(1) Rapport d'information (publié en décembre 1993) demandé par la commission de la Défense de l'Assemblée nationale et rédigé par un groupe de députés présidés par M. Rémi Galy-Dejean.

sans bombe

Tremblement de mer à Mururoa

Agitée par les ondes sismiques que déclenche une explosion nucléaire enfouie dans le plancher sous-marin, l'eau de l'atoll présente une effervescence qui la colore en blanc.

CEA

rents problèmes lorsqu'elles furent ensuite essayées en vraie grandeur : puissance cent fois moindre que celle calculée par les physiciens, corrosion du plutonium, notamment sur les missiles mer-sol Polaris. Car les essais ne servent pas seulement à la conception et la mise au point d'une arme nucléaire. Ils permettent, durant la "vie" de celle-ci (essais de sécurité), de vérifier qu'elle vieillit bien, sans risques pour les utilisateurs ou les populations, tout en conservant ses caractéristiques militaires de puissance et de fiabilité.

Tout cela pourra-t-il être remplacé par des simulations ? Difficile de répondre avec précision aujourd'hui à pareille question. Pour mettre au point des armes nucléaires, il est nécessaire de disposer à la fois d'hommes de très haut niveau (mathématiciens, physiciens, chimistes, informaticiens), de moyens de simulation numérique avec leur puissance de calcul associée, d'outils de laboratoire et d'essais réels. La décision prise par le président de la République française, en 1992, de suspendre les essais dans le Pacifique a, en tout cas, incité les responsables de la Défense à mettre l'accent sur les autres propositions : simulation numérique et outils de laboratoire. D'ailleurs, dès 1991, le CEA avait proposé le programme PALEN (Préparation à la limitation des essais nucléaires). Il s'agissait alors de pallier la diminution du nombre de tirs imposée pour des raisons budgétaires : douze tirs en 1981, huit ensuite, puis cinq par an. Mais il

s'agissait aussi de tirer profit de l'amélioration de la collecte des résultats de chaque tir. Collecte beaucoup plus importante depuis que des fibres optiques étaient utilisées pour acheminer les paramètres d'une explosion du sous-sol vers la surface. Chaque tir "donnait" davantage, on pouvait donc envisager d'en diminuer le nombre. D'autant qu'il faut un an, parfois même deux, pour exploiter à fond les résultats d'un tir. Le programme PALEN avait pourtant été refusé en 1991 par le gouvernement d'alors car jugé trop coûteux. Aujourd'hui, il paraît s'imposer comme une nécessité.

Avec cependant une nuance de poids : si son objectif ultime est bien de parvenir à simuler entièrement une expérience nucléaire, PALEN aura quand même besoin de recalages intermédiaires. Dans un premier temps, on tentera de simuler les essais nucléaires qui ont déjà été effectués et que l'on connaît bien, afin de créer les modèles mathématiques nécessaires. Avec ces modèles, on simulera une nouvelle arme, dont les caractéristiques seront corrélées avec l'essai réel de cette arme-là. Il faudra donc encore des essais. Si les résultats sont probants, alors pourra-t-on s'appuyer uniquement sur la simulation.

Cette démarche suppose d'avoir à disposition des calculateurs au minimum cinquante fois plus puissants que les plus gros actuels. Ces machines n'existent pas, même aux États-Unis. En attendant, le CEA a décidé d'acquérir un Cray T3D à 128 processeurs. Il est prévu d'acquérir l'année prochaine ►

suite de la page 97

un ordinateur vectoriel. Puis, un peu plus tard, un ordinateur massivement parallèle comportant quelque mille processeurs, le T3E. Le coût total de ces acquisitions est estimé à 400 millions de francs.

Un prix qui paraît minime quand on le compare à celui des moyens lasers. Ceux-ci seront utilisés pour simuler une mini-explosion nucléaire en concentrant l'énergie du laser, sans doute converti en rayons X pour des raisons d'uniformité dans l'attaque, sur une cible composée de quelques microgrammes de deutérium-tritium enfermés dans une capsule de silice. Cela suppose que l'énergie délivrée approche les deux mégajoules. Or, le plus gros laser du CEA, Phébus

(d'origine américaine), délivre cent fois moins. Son successeur pourrait d'ailleurs être développé en coopération avec les États-Unis. Coût estimé : 5 milliards de francs. Il serait disponible en 2002. La possibilité d'effectuer en laboratoire une micro-explosion thermonucléaire est à ce prix.

Reste le problème de l'amorce, c'est-à-dire de la mini-bombe A qui déclenche la fusion. Il est possible, en ce domaine, de réaliser des expériences hydrodynamiques froides, c'est-à-dire qui ne dégagent pas d'énergie nucléaire. La coquille de plutonium est comprimée par de l'explosif classique et réduite en ce que l'on appelle une bille (en réalité, la forme est très tourmentée). Grâce à des moyens

de radiographie rapide (radiographie éclair), on pourra mesurer les mouvements de la matière fissile et sa compression et donc évaluer son rendement. Le CEA est en passe de se doter de ces moyens-là, basés sur des accélérateurs en cours de développement et qui devraient être mis en service vers 1998. Une telle installation est en cours de montage au CESTA (Centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine), près de Bordeaux. Coût estimé : 430 millions de francs.

Les Américains possèdent un équivalent du PALEN, le TBR (Test Ban Readiness), qui est bien plus avancé. Selon la commission Galy-Dejean, il se trouvait dans sa phase ultime en 1992. Les États-Unis auraient ainsi effectué plus de vingt essais relatifs à la physique des amorces, avec pour but de comparer les résultats de tirs réels, ou d'expériences hydrodynamiques froides, avec les résultats obtenus par le calcul. Ils ont également travaillé sur la relation entre amorce et charge thermonucléaire, ainsi que sur la possibilité d'extraire en vraie grandeur les résultats obtenus avec des bombes à énergie volontairement réduite. Ils ont encore fait exploser une centaine de micro-charges entre 1980 et 1989, afin d'établir des corrélations

LES PETITES EXPLOSIONS SONT INDÉTECTABLES

On sait aujourd'hui camoufler les explosions nucléaires souterraines (les explosions à l'air libre sont abandonnées à cause des risques de pollution qu'elles entraînent, et leurs retombées suscitent la réprobation générale) à condition qu'elles ne dépassent pas un certain seuil de puissance. Il suffit de placer l'engin au centre d'une grande cavité souterraine qui va jouer le rôle d'enceinte de confinement.

En effet, les explosions nucléaires souterraines importantes sont détectables par les ondes sismiques auxquelles elles donnent naissance et qui se propagent dans le sol. La forme de ces ondes se différencie de celle des ondes produites par un tremblement de terre par le fait que l'onde d'origine nucléaire est plus abrupte que l'onde provoquée par le tremblement de terre. Avec celui-ci, l'amplitude de l'onde met un certain temps avant d'atteindre son maximum, et on observe alors comme une sorte de croissance.

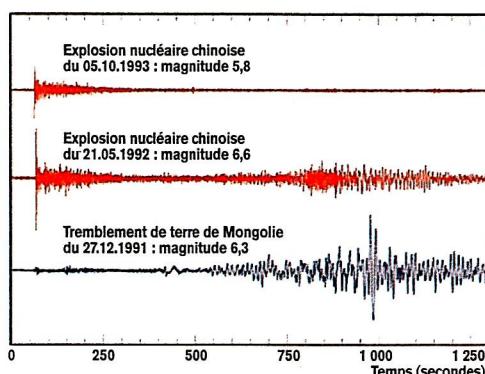
A l'inverse, les explosions nucléaires de très faibles puissances peuvent facilement être confondues avec des

tremblements de terre de faible intensité. Il faut savoir, en effet, qu'avec une explosion nucléaire de 1 kt, la magnitude des ondes va atteindre 4,8 sur l'échelle de Richter. Or, chaque année, il se produit environ 1 500 tremblements de terre d'une intensité supérieure ou égale, et les réseaux de sismographes permettent de bien les repérer, ce qui réduit les possibilités de confusion.

Avec une explosion de 1 kt, on atteint 4 sur l'échelle de Richter, et on dénombre chaque année environ 7 500 mouvements de la croûte terrestre qui atteignent cette intensité. La distinction est déjà moins aisée. Mais, avec une bombe de

1 kt placée dans une cavité de confinement, la puissance transmise au sol ne sera plus que de 15 t. Ce qui équivaut à de nombreuses explosions avec des explosifs classiques et donne une magnitude de 2,5.

Or, il se produit chaque année au moins 100 000 mouvements d'intensité comparable dans la croûte terrestre. Difficile, alors, de repérer les expérimentations nucléaires. Ce qui prouve que les pays qui sont à même de se contenter d'essais de faible puissance et qui disposent en plus de champs de tir adéquats peuvent poursuivre leurs expérimentations sans que quiconque puisse les montrer du doigt.



PAS DE BOMBE H SANS ALLUMETTE A

Les armes nucléaires, on le sait, peuvent être classées en deux grandes catégories : à fission (bombe A) et à fusion (bombe H). Dans les premières, c'est la fission de noyaux d'atomes lourds (tels que ceux d'uranium ou de plutonium), c'est-à-dire leur rupture, qui provoque le dégagement d'une importante quantité d'énergie sous forme d'effet de souffle, d'effet thermique et de rayonnements. On peut ainsi obtenir des armes d'une puissance de quelques kilotonnes (kt) à quelques centaines de kilotonnes.

Dans les bombes H, thermonucléaires, le dégagement d'énergie est obtenu par fusion de noyaux d'atomes légers d'hydrogène, sous forme d'isotopes de celui-ci : deutérium ^2H et tritium ^3H . La puissance est infiniment supérieure, jusqu'à plusieurs dizaines de mégatonnes (les Soviétiques ont ainsi fait exploser, le 31 octobre 1961, une bombe thermonucléaire dont la puissance était évaluée à 60 Mt). Le schéma de principe des bombes est bien connu.

Pour la bombe A, l'uranium fortement enrichi (au moins à 90 %) ou le plutonium est maintenu en état de masse subcritique jusqu'au moment où l'on déclenche l'explosion. C'est-à-dire dans un état où la masse du matériau par rapport à sa surface totale ne permet pas la réaction en chaîne. L'uranium ou le pluto-

nium de ce type de bombe a la forme d'une boule creuse dont la paroi est épaisse de quelques millimètres. De l'explosif classique est disposé tout autour de cette boule ①.

Mis à feu de la manière la plus uniforme possible, cet explosif va comprimer la sphère creuse et la réduire à une bille de masse critique ou supercritique, provoquant l'explosion atomique ②. C'est le modèle de bombe dit "à implosion", celui utilisé à Nagasaki en 1945. La nécessité de disposer une quantité importante d'explosif classique autour d'une sphère de plutonium explique l'aspect très ventru de la bombe de Nagasaki baptisée Fatman (gros bonhomme). La puissance fournie fut de 14 kt.

Il existe un autre modèle, dit "canon" : deux demi-sphères sont maintenues à distance en masse subcritique dans un tube, puis rapprochées violemment l'une contre l'autre pour obtenir la masse critique. C'est ce modèle qui fut lancé sur Hiroshima. Puissance : 14 kt.

Le rendement d'une bombe A peut être amélioré par injection de neutrons, qui vont accélérer la réaction en chaîne. On fait appel en général à du tritium, propulsé depuis l'extérieur de la sphère jusque dans la bille de plutonium en train de se former par compression sous l'action de l'explosif. Le moment exact où l'on procède à cette injection constitue l'un des "tours de

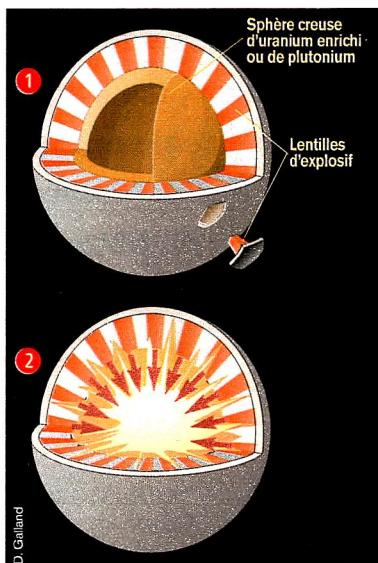
main" des physiciens nucléaires et conditionne le rendement de l'ensemble.

La bombe H, elle, fait appel à la fusion d'atomes légers d'isotopes de l'hydrogène. A ce jour, le seul moyen d'obtenir les températures de plusieurs dizaines de millions de degrés nécessaires pour amorcer une bombe H est de recourir à une bombe A. L'idée qui vient immédiatement à l'esprit est de placer cette "allumette" autour du matériau de la bombe H. Mais sa réalisation se révèle difficile. L'une des solutions possibles consiste donc à placer l'amorce à côté de la bombe H, à l'intérieur d'une enceinte (en titane, par exemple) qui servira de réflecteur et dirigeira le flux thermique sur l'ensemble deutérium-tritium qui constitue l'étage de puissance jusqu'à déclencher la fusion.

Là encore, ce flux doit être parfaitement uniforme sur tout le pourtour de l'explosif thermonucléaire. On mesure la difficulté de cette réalisation quand on garde en mémoire que les réactions en question se déroulent en quelques nanosecondes. Et que la bombe ainsi fabriquée ne doit pas dépasser quelques dizaines de centimètres de longueur et avoir un profil très effilé. Le missile air-sol M 45 qui va équiper les sous-marins nucléaires de nouvelle génération emportera ainsi six "têtes" nucléaires d'une puissance unitaire de 150 kt (1).

Pour des raisons d'économie, les sous-marins nucléaires français, mais aussi les avions, autres porteurs possibles d'armements nucléaires, sont de taille nettement inférieure à celle des engins américains ou russes. Les missiles qui servent de vecteurs aux armes sont donc eux aussi plus petits. Ce qui a imposé de réaliser des armes de taille réduite et à très haut rendement. Non soumis à de telles contraintes, Américains et Russes peuvent se contenter d'armes moins sophistiquées et plus nombreuses, de manière à saturer les défenses adverses. Rien d'étonnant, dans ces conditions, à ce qu'il ait fallu vingt-deux tirs au total pour mettre au point la tête nucléaire TN 75 dont est doté le missile M 45.

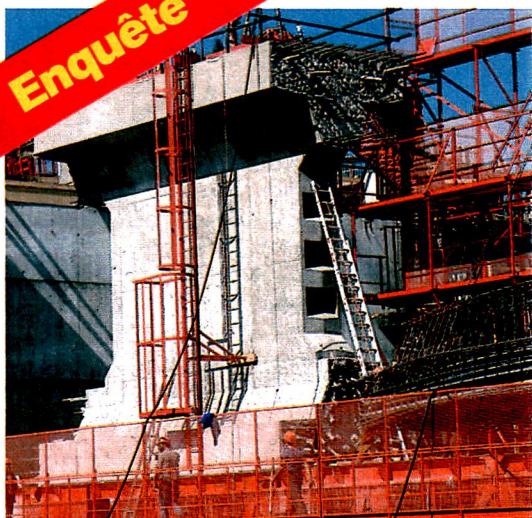
(1) Après une trajectoire balistique, les têtes nucléaires plongent vers leurs cibles à grande vitesse. Un revêtement ablatif qui se volatilise lors de la rentrée dans l'atmosphère protège du choc la coque métallique qui contient la bombe.



avec des expériences laser. Ils possèdent donc l'essentiel de ce qui leur serait nécessaire pour mettre au point des armes nouvelles par simulation.

D'autant que l'accent a été mis sur les essais à faible ou très faible puissance (de 1 ou 2 kt), indétectables. Le département américain de l'énergie a d'ailleurs révélé, fin 1993, que 252 essais de ce type avaient été réalisés et jamais rendus publics. Ce qui relativise l'efficacité d'un Traité d'interdic-

tion des essais nucléaires tel qu'il pourrait être signé en 1996. Car comment en vérifier l'application si les essais deviennent indétectables ? Les Américains et les Russes seraient donc en mesure, à l'heure actuelle, de poursuivre la mise au point de nouvelles armes, grâce à des expérimentations à très faible puissance leur permettant de compléter leurs travaux de simulation. Sans que personne ne le sache et puisse trouver à y redire.



Bouygues

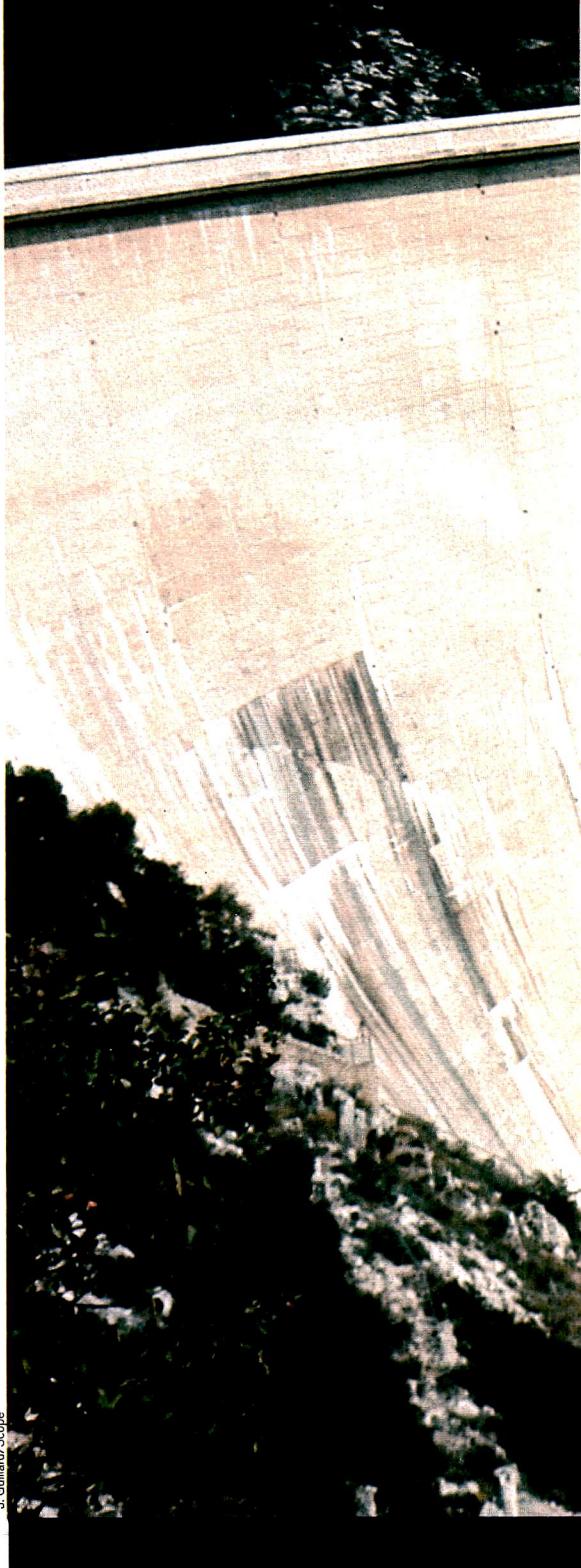
Alerte ! Les ponts, barrages et autres bâtiments se fissurent, le béton est malade. Après avoir longtemps sous-estimé le problème, les pouvoirs publics réalisent l'ampleur des dégâts. Panorama français du béton contaminé.

PAR DIDIER DUBRANA

Le béton envahit nos villes et nos campagnes. Autoroutes, parkings, gratte-ciel, barrages ou centrales nucléaires poussent comme des champignons depuis quarante ans. Les ponts enjambent les fleuves, et les îles perdent leur charme lorsqu'un de ces monstres les amarre au continent. Toujours plus solides, les nouveaux bétons "hautes performances" supportent des compressions quatre fois plus importantes que leurs ancêtres - 200 mégapascals au lieu de 50 mégapascals (¹).

Du coup, ce matériau joue avec la pesanteur, comme en témoigne l'arche de la Défense, ce nouveau temple des temps modernes. Au Japon, des projets de construction pharaoniques prévoient la

J. Guillard/Scope



Le cancer du béton

Le grand malade Le barrage de Bimont se fissure sous l'effet d'une réaction chimique qui fait gonfler le béton.

Armer le béton, oui, mais quand c'est

suite de la page 100

construction d'immeubles de 4 000 m de haut au centre de Tokyo. Aujourd'hui, rien ne semble pouvoir entamer l'avenir du béton. Et pourtant la santé de ce grand costaud est gravement menacée de par le monde ! En effet, des maladies rongent le béton des bâtiments, des barrages ou des ponts... Elles s'appellent "alcali-réaction", "attaque sulfatique" ou, tout simplement, "corrosion" et mettent en danger la sécurité des ouvrages.

Les premiers symptômes – des fissures et des coulures jaunâtres – sont apparus aux Etats-Unis dans les années quarante. Ce pays a alors entamé un dépistage systématique des constructions contaminées. Une étude de l'association Portland montre aujourd'hui que 10 % des routes ont besoin d'être réparées ou remplacées. L'association State Highway & Transportation Official déclare quant à elle que 40 % des autoroutes sont en-dessous des normes de sécurité. Enfin, selon les expertises du département américain des transports, «230 000 des 575 000 ponts ont des défauts de structure ou sont obsolètes». Les pistes d'atterrissement ou les réseaux d'assainissement ne sont guère en meilleur état.

Qu'en est-il en France ? Les premiers barrages malades furent signalés à la fin des années soixante-dix. Mais il fallut attendre dix ans pour constater que plusieurs ponts français étaient aussi concernés. En novembre 1988, une circulaire de la direction des Routes invite les départements à se pencher sur ce problème de plus en plus inquiétant. Cependant, il n'existe aucun inventaire centralisé des ouvrages d'art en France. De plus, l'entretien des ponts ou des routes étant assuré par une multitude de gestionnaires épars sur le territoire français, l'évaluation de l'épidémie reste imprécise. Certains avancent le chiffre de cinq barrages touchés, d'autres celui de 10... 200 ponts sur 200 000 seraient contaminés. Et combien d'habitations ? Dans ce secteur, quatre sociétés de contrôle technique se partagent le marché de l'expertise : l'APAVE (Association des propriétaires d'appareils à vapeur et électriques), le bureau Véritas, la CEP (Contrôle et Prévention) et la SOCOTEC (Société de contrôle technique). Mais il est impossible de connaître l'étendue précise des dégâts.

«Une chose est certaine», affirme Jean-Pierre Boutin, ingénieur en chef à la SOCOTEC, «dans 90 % des cas, la dégradation des bâtiments est due à la corrosion des armatures en fer emprisonnées

V. Mouchel

Ponts et Chaussées



Un pont à l'agonie

Le pont de Tenerez souffre d'alcali-réaction : son béton gonfle.
La maladie le ronge inexorablement, malgré l'injection de résine époxydique. Sur le cliché de gauche, réalisé à l'aide d'un microscope électronique à balayage (grossissement 312 X), on distingue nettement le gel d'alcali-réaction, dont la surface a un aspect mamelonné. Ce gel tapisse l'intérieur d'une bulle située dans la pâte de ciment.

dans le ciment.» Et il précise : «Cela commence à la surface du béton par de fines fissures et de légères traces jaunâtres. Puis, les fissures s'élargissent et la rouille brune suinte. Des éclats de béton se soulèvent, se détachent et tombent, laissant apparaître des aciers presque totalement corrodés, dont la section est fortement diminuée.» En effet, si le béton est dur à la compression, il résiste mal,

(1) 1 pascal équivaut à une pression de 1 newton sur une surface de 1 m².

lui qui gonfle ?

L'ÉLECTRICITÉ CONTRE LA ROUILLE

Lorsqu'on coule le béton, le ciment forme une pellicule protectrice sur les armatures en acier : on dit que l'acier est "passivé". Cependant, au fil du temps, le fer de l'acier est dissous par oxydation dans l'eau : commence alors la "dépassivation" de l'acier, qui devient réactif.

Cette oxydation libère des ions ferriques (Fe^{2+}) et des électrons ($2 e^-$) ①.

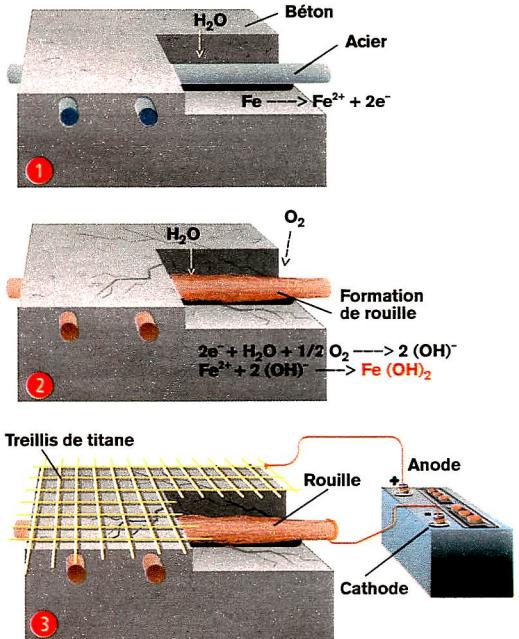
Les électrons réduisent l'oxygène de l'air, qui est lui-même dissous dans l'eau en produisant des ions hydroxyles (OH^-). Finalement, ces derniers se combinent avec les ions ferreux (Fe^{2+}) pour former la rouille [$Fe(OH)_2$] puis $Fe(OH)_3$ ②, qui recouvre les armatures et provoque l'éclatement du béton. La corrosion de l'acier est donc une simple réaction d'oxydoréduction entre le fer et l'oxygène.

Cette chimie induit un courant électrique sur les câbles d'acier, où on peut identifier un pôle positif (anode) et un pôle négatif (cathode). Entre les deux circulent les ions ferreux et les électrons.

Pour stopper ce processus, il suffit de soumettre l'armature à une tension opposée au courant électrique induit par la corrosion.

Cette méthode, appelée "protection cathodique", est pratiquée sur les bâtiments malades de la rouille, comme le pont de Noirmoutiers. Pour ce faire, on appose à la surface du bâtiment un treillis de titane relié à l'anode d'une batterie ③.

La cathode de la batterie est, elle, reliée au squelette métallique de la bâtie. Dès que la batterie est sous tension, la circulation des ions est stoppée dans l'armature.



en revanche, aux efforts de tension. Du coup, les fabricants incorporent un treillis d'acier afin de consolider l'édifice. Mais ce squelette métallique est le siège de réactions électrochimiques transformant le fer en hydroxyde de fer [$Fe(OH)_3$], qui n'est autre que la rouille (voir encadré ci-contre). Cette rouille occupant de six à huit fois plus de place que le fer dont elle est issue, la force exercée par son expansion provoque l'éclatement du béton. «Ce phénomène a été longtemps banalisé par les constructeurs d'immeubles», souligne André Raharinaivo, ingénieur au laboratoire central des Ponts et Chaussées de Paris (LCPC). Et, poursuit-il, «le marché de la réhabilitation des immeubles étant légèrement supérieur à celui de la construction (51 % contre 49 %), cette maladie est, en fait, en période de crise, un des moteurs de l'économie immobilière». Mais, aujourd'hui, l'affaire est trop sérieuse pour laisser cette gangrène ronger l'ensemble du parc immobilier français et européen. Depuis trois ans, un programme de recherche scientifique baptisé COST (pour Coopération scientifique et technologique) a été lancé par l'Union européenne afin d'étudier les phénomènes de corrosion dans le béton.

L'origine des maladies dont souffre le béton repose sur la nature chimique du matériau. Pour fabriquer du béton, il faut du ciment (calcaire + argile), des granulats (sable, etc.) et de l'eau. Cette mixture, une fois durcie, forme un matériau poreux qui ressemble à une éponge composée d'un dédale de minuscules tunnels. Mais, alors que l'eau est le meilleur ami du béton durant la prise, elle est aussi son pire ennemi après. Elle réagit avec bon nombre d'éléments chimiques, qu'elle puise à la fois dans le ciment et les granulats. Résultat, en vieillissant, certains bétons passent d'un pH basique (12 en moyenne) à un pH plus acide (inférieur à 9). Cette acidification du milieu déclenche la formation de la rouille, qui détériore les structures.

Autre pathologie : les phénomènes d'alcali-réaction, qui mettent en péril la sécurité de grands ouvrages tels que les ponts, les barrages ou les autoroutes. Dans ce cas, c'est la silice des granulats qui réagit avec les alcalins (Na_2O , K_2O) contenus dans le ciment. L'eau, encore elle, intervient dans cette réaction et provoque le gonflement du béton par la formation d'un "gel d'alcali-réaction" au contact ciment/granulats (photo p. 102). Le béton gonflant, la compression augmente, l'édifice se fissure et il y a danger. «Si les barrages furent les premiers ouvrages atteints d'alcali-réaction à être dépistés, ce n'est certainement pas un hasard», signale Bruno Godart, ingénieur en chef de la section "durabilité des ouvrages d'art" du LCPC, «car ce sont des structures en contact permanent avec

Quatre ponts "cancéreux" ont déjà

suite de la page 103

l'eau.»⁽²⁾ Jusqu'à présent, cinq barrages malades ont été officiellement recensés : il s'agit du barrage de Chambon (photo p. 105), de Castelnau, de Temple-sur-Lot, de Maury et, enfin, de Bimont.

Pour les ponts, la maladie s'attaque aussi bien aux banals échangeurs d'autoroute qu'aux ponts suspendus comme celui de Tenerez, dans le Finistère (photo p. 102). L'épidémie sévit dans la France entière avec quelques particularités, comme le montre une récente cartographie établie par le LCPC (carte ci-dessous). La région du Nord-Pas-de-Calais recèle à elle seule plus de 150 ponts malades. Elle est suivie de près par le Finistère (30 ponts). Jusqu'à présent, l'essentiel des ponts dépistés ont été construits après 1970. «Sans avoir une explication scientifique incontestable, il semble qu'une modification de la nature des matériaux utilisés lors de la fabrication du béton soit à l'origine de ces problèmes», souligne Bruno Godart. En effet, la raréfaction des gravières a entraîné l'ouverture de nouvelles carrières, qui ont fourni des granulats extrêmement réactifs avec les élé-

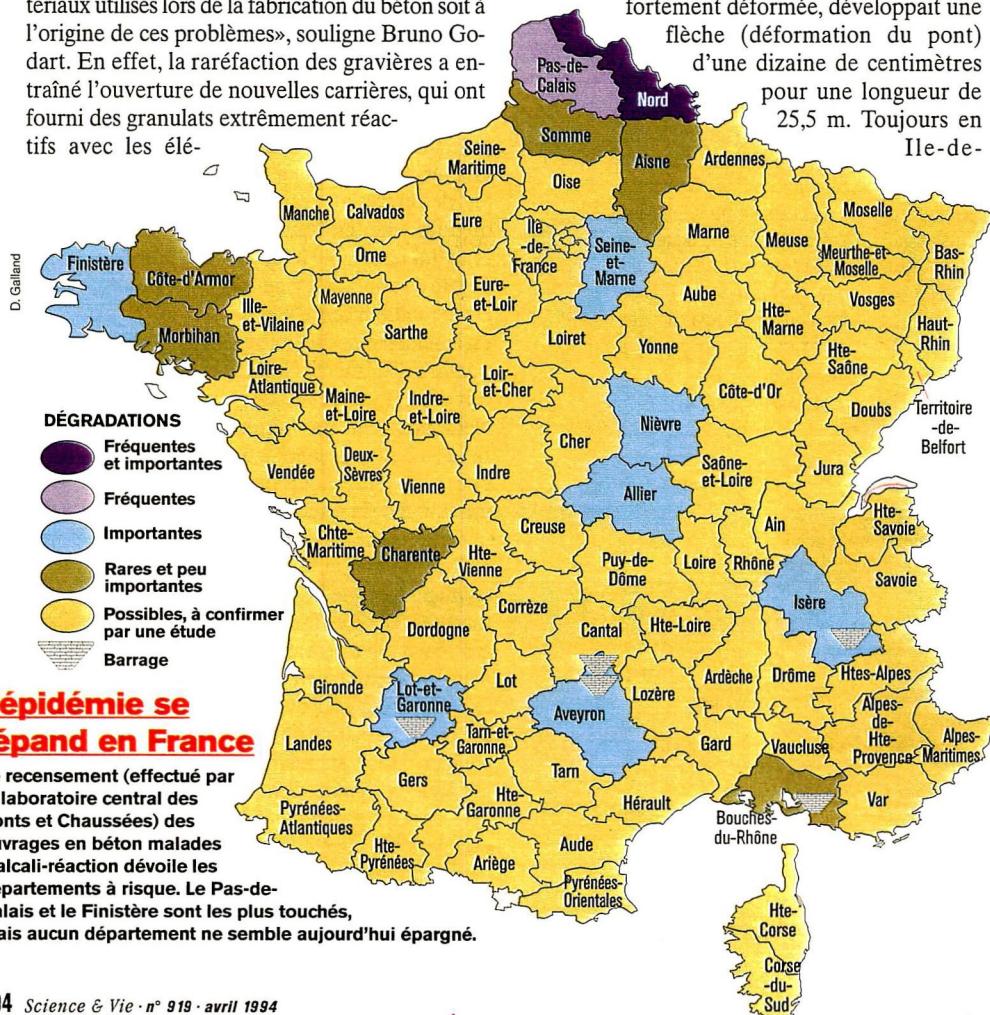
ments alcalins du ciment. De plus, une analyse statistique, effectuée par le LCPC, montre que l'industrie cimentière française a changé le dosage des alcalins du ciment entre 1970 et 1976. Cette modification serait due à l'application de nouvelles normes environnementales. Celles-ci préconisaient des mesures d'économie d'énergie ainsi que la limitation du rejet des poussières de cimenterie. Ce qui entraîna la modification des techniques de fabrication du ciment, provoquant l'augmentation de sa teneur en alcalins.

L'affaire du "cancer du béton", comme l'appellent les professionnels, a poussé l'Etat dans ses derniers retranchements : quatre ponts ont dû être détruits en France. L'un d'entre eux, situé en Ile-de-France, vibrait anormalement au passage des

poids-lourds, et l'une des travées centrales, fortement déformée, développait une flèche (déformation du pont) d'une dizaine de centimètres pour une longueur de 25,5 m. Toujours en

Ile-de-

(2)Annales de l'institut technique du bâtiment et des travaux publics, n°517.



été détruits !

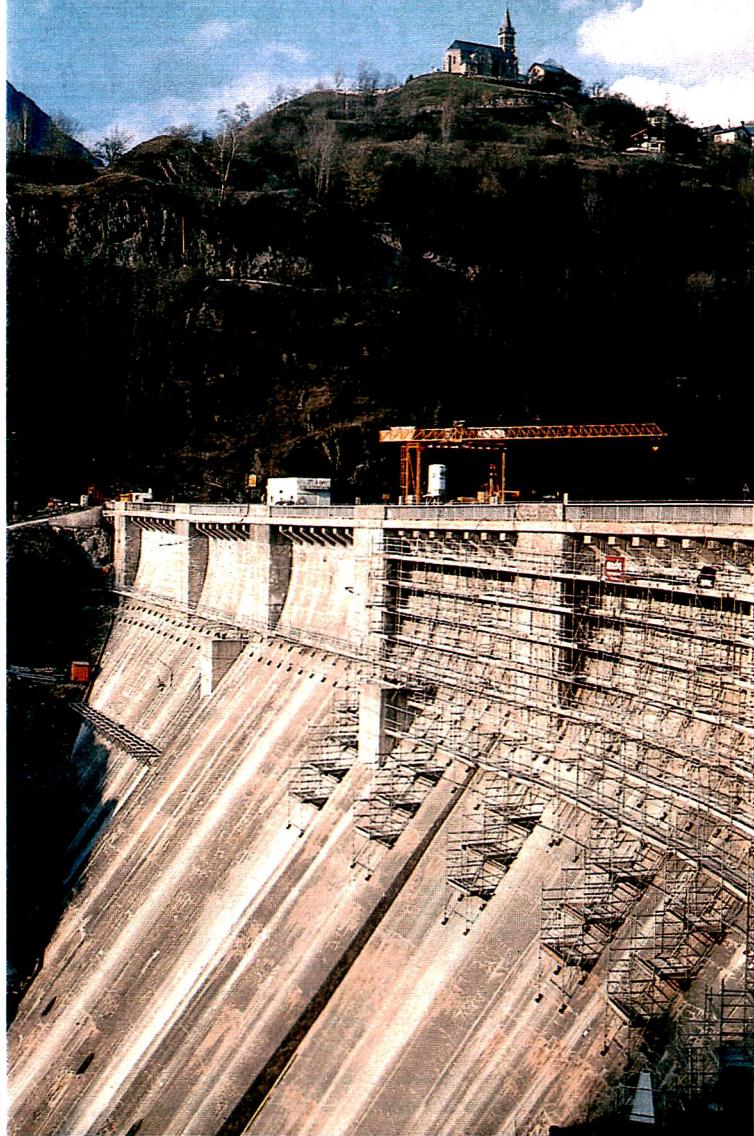
France, un autre pont endommagé laissait choir régulièrement quelques blocs de béton sur l'autoroute sous-jacente ! Il a été également détruit.

Le drame, «c'est qu'il n'y a aucun remède contre l'alcali-réaction», comme en témoignent les conclusions du colloque de Londres réunissant les scientifiques du monde entier en juillet 1992. Pourtant, ce ne sont pas les tentatives de sauvetage qui manquent. En France, par exemple, le pont suspendu de Tenerez, perché sur des pylônes en béton armé de 36 mètres de haut, est à l'agonie depuis vingt ans, malgré les soins dont il fait l'objet. En 1982, on a injecté de la résine époxydique dans les fissures les plus ouvertes et recouvert les pylônes d'une triple couche de peinture époxy-polyuréthane pour l'étanchéité de l'édifice. Six ans plus tard, il a fallu recommencer. En 1990, une expertise réalisée à l'aide du carottage des pylônes confirme que l'alcali-réaction continue à faire gonfler l'ouvrage, qui se détériore lentement mais sûrement.

Plus optimiste, EDF a entamé un vaste programme de rénovation de cinq ans sur le barrage de Chambon, vieux de 59 ans, qui freine le cours de la Romanche. Après avoir envisagé la construction d'un autre barrage en amont et l'immersion du premier, les ingénieurs d'EDF ont estimé que les techniques actuelles étaient capables d'enrayer l'alcali-réaction. «De toute façon, la sécurité des riverains n'est pas menacée, assure EDF, puisqu'il s'agit d'un ouvrage de type "béton-poids", c'est-à-dire que le poids seul du béton assure la stabilité de l'édifice.»

Bien d'autres pathologies entament la solidité des ouvrages en béton, comme le gel et le dégel, qui ouvrent les pores du béton et les élargis-

Barjau



EDF SOIGNE SON BARRAGE

Construit en 1935, le barrage EDF de Chambon, sur la Romanche, fait l'objet de nombreux soins afin d'enrayer le "cancer du béton".

gissent, provoquant l'apparition de fissures. Ou encore les réactions sulfatiques produites par la pénétration des sulfates (présents dans l'eau de mer, par exemple) réagissant avec la pâte de ciment chargée d'aluminates.

Les nouvelles techniques permettent aujourd'hui de fabriquer des bétons de meilleure qualité. Le secret du nouveau béton – le béton hautes performances – est d'être plus dense que l'ordinaire. Des adjuvants incorporés à la pâte permettent d'utiliser beaucoup moins d'eau tout en gardant le béton suffisamment liquide pour le verser. En diminuant la porosité du béton, les chercheurs pensent doubler l'espérance de vie des ouvrages et éviter bien des imprévus... ■

La révolution des mat

PAR SERGE BROSSELIN

Jusqu'ici cantonnée dans les logiciels, l'intelligence artificielle est en train d'investir un nouveau et vaste champ d'application : celui des matériaux. Toutes les grandes puissances industrielles sont aujourd'hui impliquées dans d'importants programmes de recherche portant sur de tels matériaux "intelligents".

Dans le secret des laboratoires, on travaille, par exemple, sur des *Smart Skins* aux propriétés surprenantes. "Collées" sur les ailes d'un avion, ces "peaux intelligentes" pourraient remplacer les gouvernes et les volets de toute sorte, indispensables pour décoller, virer, atterrir. Comment ? En réponse à des impulsions de commande envoyées par le pilote ou l'ordinateur de bord, ces revêtements modifiaient tout simplement leur forme de manière à provoquer le même effet qu'une gouverne de profondeur abaissée, qu'un volet d'aérofrein sorti, etc. ! L'enjeu industriel est énorme, car de très nombreux secteurs industriels sont concernés.

Mais, d'abord, qu'est-ce au juste que des matériaux intelligents ? A la base, il s'agit d'alliages métalliques ou de matériaux de synthèse capables de s'auto-adapter à l'environnement, d'adopter des formes "utiles" en réaction à une sollicitation extérieure naturelle ou provoquée, d'ordre vibratoire, acoustique, mécanique ou thermique. Les éléments faits avec ces matériaux peuvent aussi bien recevoir une information et se comporter comme des capteurs qu'exécuter un ordre et agir alors en actionneurs. Autre particularité, capteur et élément actif ne forment souvent qu'un seul et même ensemble intégré.

Au stade de développement atteint actuellement en laboratoire, trois grandes familles de matériaux intelligents font l'objet de travaux intenses :

1. Les alliages à mémoire de forme, à base de cuivre ou de nickel, sont capables d'"apprendre" une forme et de la restituer à volonté : après déformation à basse température, ils retrouvent par chauffage leur forme originale. Les AMF commencent à trouver des applications dans le bâtiment (systèmes de sécurité), l'électronique (contacteurs), l'hydrau-



Les matériaux du xxie siècle seront intelligents.

Capables de changer de forme au gré des besoins, ils remplaceront les pièces mobiles des ailes d'avion, annuleront le bruit des voitures et éviteront même les erreurs de pointage des caméras à bord des satellites.

lique (jonction de tubes), la mécanique et la robotique, et même en électroménager (photo p. 110).

2. Les matériaux électro-strictifs et magnéto-strictifs. Composés de synthèse ou céramiques, ils ont la faculté de se déformer, sous l'action d'un champ électrique pour les premiers et d'un champ magnétique pour les seconds. Surtout, la déformation est proportionnelle au carré de la puissance des champs appliqués. Cette relation précise entre la cause et l'effet est d'une grande utilité pratique. D'une part, elle permet facilement d'établir une loi de contrôle pour le pilotage d'un dispositif, par exemple, pour établir un contact à une valeur particulière d'un champ électrique ou magnétique. D'autre part, le fait que la déformation soit liée au carré de la puis-

ériaux intelligents



Des ailes lisses

Les structures mobiles d'une aile d'avion sont autant d'éléments négatifs du point de vue aérodynamique, en raison des discontinuités qu'ils représentent dans le profil alaire. Un revêtement d'aile en matériau spécial est à l'étude pour les remplacer : cette "peau intelligente" remplirait leurs fonctions tout en supprimant leurs inconvénients.

sance du champ est très intéressant, par exemple, pour piloter des mécanismes lourds ou des fonctions nécessitant des passages d'efforts importants.

3. Les matériaux piézo-électriques. Véritables surdoués, ils forment la nouvelle élite de la métallurgie du troisième millénaire. On peut comparer leurs propriétés et leur mode de fonctionnement à ceux du système nerveux humain, mais d'un système nerveux qui combinerait la rapidité de l'arc réflexe (lorsqu'on se brûle la main, celle-ci se retire d'un geste aussi brusque qu'involontaire) avec la capacité d'analyse qui précède l'exécution d'un geste volontaire commandé par le cerveau. Rappelons que l'effet piézo-électrique, ou EPE (¹), se manifeste sous deux formes. Par l'apparition de charges élec-

triques à la surface de certains cristaux soumis à une contrainte, c'est l'effet "direct". Une simple compression entraîne l'apparition d'une charge électrique sur les deux faces opposées d'une lame ou d'un bloc faits de ces matériaux. Et c'est cette différence de potentiel qui est exploitée.

Seconde forme, l'effet dit "inverse". Ici, c'est l'action d'une tension électrique qui induit une variation dans les dimensions des cristaux et donc dans la forme de la structure réalisée à base de ce matériau. Le contrôle de la déformation est, dans le mode "inverse", assez complexe car la transformation de la pièce dans ses trois dimensions suppose que les tensions électriques soient appliquées en fonction de la géométrie de la structure cristal- ►

(¹) L'effet piézo-électrique a été découvert en 1880 par les frères Curie. Les premiers travaux sont dus à P. Langevin (1918), mais c'est en 1975 que l'utilisation du PVDF (polyvinyl-di-fluor) permet une généralisation de l'usage de cet effet en mécanique.

suite de la page 107

line. Il convient notamment ici que soient respectées les directions de polarisation. Une condition qui suppose donc que l'intégration des capteurs ou des actionneurs dans le matériau fasse l'objet d'une étude précise de la configuration de la pièce. Souvent, d'ailleurs, les deux effets direct et inverse sont utilisés simultanément dans un même dispositif (voir photo ci-contre).

Ces différents matériaux miracles sont le fruit, du moins au départ, de la recherche en aéronautique et procédaient d'une logique purement militaire, celle de "permanence de mission". En clair, le but recherché était de permettre à un avion militaire dont un système a été endommagé par un tir ennemi de poursuivre sa mission dans des conditions le moins dégradées possibles. D'où l'idée de redondance des organes ou des équipements vitaux.

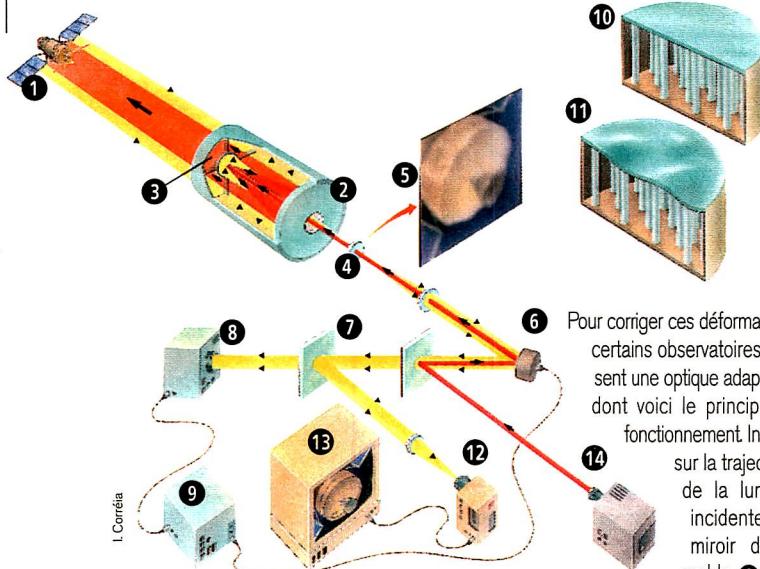
Première solution imaginée qui a reçu un début d'exécution : la dissémination des calculateurs. Plutôt que d'avoir un seul et gros calculateur central,

l'idée a germé d'architecturer l'avionique⁽²⁾ de l'appareil autour de plusieurs calculateurs et logiciels. Ces derniers, assez éloignés les uns des autres, auraient chacun une fonction principale et une fonction secondaire, de sorte que, en cas de destruction de l'un d'eux, il puisse être procédé à une reconfiguration générale des modes de fonctionnement de l'avion. Ainsi, ses capacités opérationnelles seraient-elles sinon préservées dans leur totalité du moins très largement maintenues pour permettre la poursuite de la mission. C'est le concept de "redondance relative".

En fait, pour des raisons assez obscures, cette décentralisation des calculateurs ne s'est pas, jusqu'ici en tout cas, signalée par une percée foudroyante. Entre-temps, l'arrivée des matériaux intelligents a fondamentalement changé les données du problème. La notion d'organe ou de système vital (comme le radar, par exemple) en tant qu'entité localisée en un ou plusieurs endroits d'un avion

(2) Toute l'électronique de fonctionnement des systèmes d'un avion, y compris celle concernant la navigation.

UN MIROIR QUI SCULPTE LA LUMIÈRE



Lorsqu'on observe au télescope un objet dans le ciel – une planète, une galaxie, un satellite **1** –, la lumière qui en émane (rayon jaune) arrive sur le miroir primaire du télescope **2**, lequel la renvoie sur le miroir secondaire **3**, et ce dernier la réfléchit à son tour vers l'oculaire **4**. C'est là qu'est montée

la caméra qui permet de prendre des clichés de l'objet observé.

L'ennui, c'est que les images ainsi enregistrées sont de mauvaise qualité **5**. Elles souffrent d'une altération due, entre autres, aux différences de température – et donc de densité – des différentes couches d'air traversées par la lumière.

Pour corriger ces déformations, certains observatoires utilisent une optique adaptative dont voici le principe de fonctionnement. Installé sur la trajectoire de la lumière incidente, un miroir déformable **6** renvoie celle-ci, via un miroir semi-réfléchissant **7**, vers un analyseur de front d'onde **8**.

L'analyseur détecte toute déformation des rayons incidents et envoie l'ordre de correction correspondant à un boîtier de commande **9**. Celui-ci transmet alors des impulsions électriques aux éléments piézo-électriques

de l'optique adaptative **10**, qui s'allongeront ou se raccourciront de manière à en déformer la surface **11** pour compenser les défauts du front d'onde. Ainsi, la lumière se trouve en quelque sorte déformée en sens opposé de la déformation qu'elle avait subie en traversant l'atmosphère. Résultat : la caméra **12** donne un cliché d'une grande qualité **13**, et les astronomes peuvent en tirer des informations utiles dans leur étude de l'objet observé.

Ce principe peut s'appliquer en sens inverse, pour "sculpter" un faisceau laser **14** destiné, par exemple, à "aveugler" un satellite espion. Les informations acquises sur la déformation de l'image du satellite provoquée par l'atmosphère serviront à "pré-corriger" le laser pour lui permettre de compenser cet effet indésirable. Un tel système peut "basculer" plusieurs fois par seconde du mode "visée", détaillé ci-dessus, au mode "tir" (trajet rouge **14-6-3-2-1**), donnant en permanence un faisceau laser optimal.



Mieux respirer à bord

Le cœur d'un pilote de chasse a du mal à pomper un sang dont le poids, lors des fortes accélérations, peut être multiplié par six, sept, voire neuf. Pour compenser cet effet, sa cage thoracique est mise en surpression : grâce à un accéléromètre relié à un système pneumatique, son masque lui envoie de l'oxygène à la surpression adéquate. Pour remédier à la lenteur de ce dispositif, l'accéléromètre est en passe d'être remplacé par un capteur piézo-électrique. Toute accélération (ou décélération) induit une déformation du capteur et donc un signal électrique proportionnel. Ce signal, transformé en consigne de pression, est comparé à la pression d'oxygène à la sortie du régulateur. Tout écart se traduit par une tension appliquée à un autre barreau piézo-électrique, un actionneur, dont la déformation commande le degré d'ouverture du clapet contrôlant le débit d'oxygène.

disparaît. De "relative", la redondance devient "absolue" : senseurs et capteurs sont tout simplement "dilués" à la surface des matériaux, un peu à la manière de ce que l'on réalise avec certains plastiques ou PVC teintés dans la masse. Les "peaux intelligentes" ainsi obtenues sont théoriquement capables d'assumer les fonctions classiquement dévolues aux radars, sonars, conduites de tir optroniques (3), systèmes de vision de nuit par thermographie (4) ou amplification de lumière, sans parler, bien sûr, de l'ensemble des fonctions permettant d'écouter et de repérer l'ennemi aérien ou terrestre, de leurrir ses radars, etc.

Dans la pratique, trois types d'application sont mis plus particulièrement en avant

par les experts, dans la mesure où ils pourraient inspirer des réalisations dans le court et le moyen termes.

- La première a trait au contrôle des vibrations acoustiques. Un film est collé aux parois dont on veut annuler les vibrations. Il est tapissé de lames de capteurs piézo-électriques dans lesquels les vibrations induisent une tension électrique. Ce signal a une double tâche : révéler les fréquences des vibra-

tions et, à travers une loi de contrôle, exciter d'autres lames piézo-électriques, dont les vibrations amortiront ou annuleront les premières.

- La seconde est liée à la réalisation des optiques adaptatives destinées à permettre aux télescopes des observatoires astronomiques de scruter avec une plus grande précision les confins de l'Univers ou à "sculpter" le faisceau des lasers de puissance (voir encadré page ci-contre).

- Enfin, troisième concept, la cambrure auto-adaptative des voitures d'avion. Car les propriétés des matériaux intelligents continuent d'intéresser au plus haut point l'aéronautique, aussi bien militaire que civile. Cette aptitude à modifier leurs dimensions, donc leur configuration, commune aux matériaux à mémoire de forme et à ceux utilisant l'effet piézo-électrique, permet, par exemple, d'envisager de nouveaux types de cinématique appliqués aux parties périphériques de voiture. En clair, l'objectif ici est de pouvoir réaliser, ni plus ni moins, des ailes d'avion affranchies de leurs nombreuses pièces mobiles : fini les volets de courbure, les becs de bord d'attaque, les ailerons d'extrémité de voiture et autres volets d'aérofreins. Tous ces éléments seraient éliminés, et les parties de l'aile concernées seraient recouvertes d'un matériau intelligent ou constituées d'une structure intelligente, qui se déformerait sur commande pour remplir la fonction désirée. Par exemple : modification de la surface alaire pour augmenter la portance lors de l'atterrissement, rôle dévolu actuellement aux becs de bord d'attaque et aux volets hypersustentateurs des bords de fuite.

Deux avantages découleraient d'un tel recours aux structures intelligentes en aéronautique. D'une part, une économie de poids serait réalisée sur les organes de puissance et les vérins actuellement utilisés pour actionner ces volets et gouvernes. Et, en second lieu, on parviendrait à obtenir un profil nettement mieux optimisé d'un point de vue aérodynamique : les discontinuités de surface ainsi supprimées, on diminuerait du même coup les tourbillons qu'elles engendraient. Le meilleur rendement de l'aile qui s'ensuivrait réduirait la consommation de carburant et donc abaisserait le coût d'exploitation de l'appareil.

Cela dit, si sur le plan théorique ces nouveaux matériaux miracles sont parfaitement maîtrisés, les applications pratiques ne sont en général pas encore tout à fait au point. En particulier pour ce qui est des matériaux électro-strictifs et magnéto-strictifs, dont le développement est moins avancé que celui des matériaux à mémoire de forme ou à effet piézo-électrique.

D'une manière générale, on peut dire que tout ce qui a trait au contrôle du bruit ou des microvibra-

(3) Dispositif intégrant une caméra spéciale (optique, radar ou infrarouge) associée à une électronique et permettant de détecter un objectif ennemi, d'en saisir les coordonnées et de déclencher le tir d'un missile et de le guider jusqu'à l'impact.

(4) Grâce au rayonnement infrarouge émis par tout objet dégageant de la chaleur, soit activement, (chars, avions, usines), soit passivement, en relâchant la nuit la chaleur emmagasinée le jour.

suite de la page 109

tions est déjà très abouti, et parfois même les premières applications industrielles sont déjà sur le marché. C'est le cas, par exemple, du système de contre-bruit, qui doit diminuer le niveau sonore à l'intérieur de l'avion de transport régional franco-italien ATR 42. Toujours en aéronautique, ces matériaux sont en passe de remplacer efficacement les systèmes actuels de régulation de la pression de l'oxygène qui alimente les masques des pilotes d'avions de combat (voir photo p.109).

A l'inverse, certaines fonctions aérodynamiques assez complexes, comme la maîtrise de la laminarité⁽⁵⁾, ne sont pas encore tout à fait à portée de la main. «Se pose ici un problème d'usinage pour assurer la cohésion du film piézo-électrique sur le revêtement de voilure, nous ont déclaré Jean-Claude Hutin et Isabelle Legrain, de l'ONERA⁽⁶⁾. Pour l'instant, nous réalisons du collage à froid de PVDF⁽¹⁾ sur la surface à laquelle on veut conférer des modes de contrôle actif. L'idéal serait de pouvoir procéder à une intégration à chaud du film.» Malheureusement, cela n'est pas possible, car les températures atteintes entraînent une dépolarisation du matériau et donc une perte de ses propriétés.

tés. «Nous recherchons une solution pour contourner cette difficulté», ajoutent ces deux experts.

En dehors de l'aéronautique, voici quelques autres domaines qu'intéressent ces nouveaux matériaux :

- Dans les observatoires astronomiques, outre la correction de la lumière venant du ciel (voir encadré p.108), les matériaux piézo-électriques intégrés dans la plate-forme des télescopes supprimeraient les instabilités de visée en corrigeant toute déformation due au poids de l'engin, aux vibrations imputables au vent ou à d'autres sources.
- A bord des satellites, ils mettraient les caméras et autres instruments de mesure à l'abri de toute vibration susceptible d'en fausser les résultats.
- Dans la construction automobile, des films de matériaux piézo-électriques intégrés au véhicule à certains points stratégiques annuleraient les vibrations produites par le moteur ou la carrosserie. Par ailleurs, à l'institut pour les nouveaux matériaux, à Sarrebrück, en Allemagne, on met actuellement au point des amortisseurs utilisant des suspensions de particules qui changent de viscosité en 1/100 seconde quand on y induit un courant très faible. Ce courant peut être induit, justement, par des matériaux piézo-électriques en cas de choc.
- Dans la construction navale, ils réduiraient le bruit des superstructures et les vibrations engendrées dans la coque par la rotation de l'arbre de transmission.
- En détection sous-marine, des capteurs piézo-électriques pourraient devenir la pièce centrale des hydrophones répartis sur la coque des sous-marins : soumis aux variations de pression dans l'eau induites par les bruits émis par un bâtiment naviguant dans les parages, ces capteurs produiraient une tension électrique qui, amplifiée et analysée, permettrait de localiser l'adversaire et d'en reconnaître la «signature».

Lorsque, il y a six ans, «sortaient», aux Etats-Unis, les premières informations sur les *Smart Skins*, on prévoyait déjà outre-Atlantique que de nombreuses industries allaient en être bouleversées. Aujourd'hui, les spécialistes vont plus loin : ils sont convaincus que l'on tient là la prochaine révolution

technologique. Les matériaux classiques,

alliages métalliques ou

composites, ne sont pas

destinés à disparaître systématiquement, en revanche,

soulignent-ils, il est certain que

partout où des structures auront

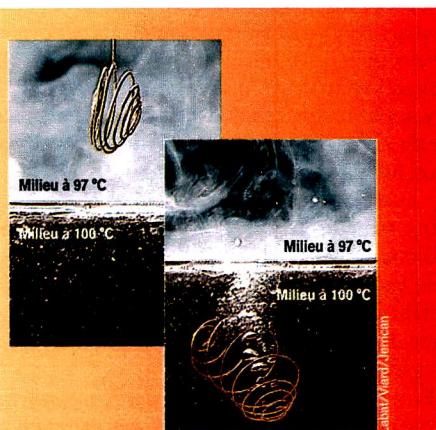
à jouer un rôle actif, les matériaux

intelligents se substitueront aux

matériaux «amorphes».

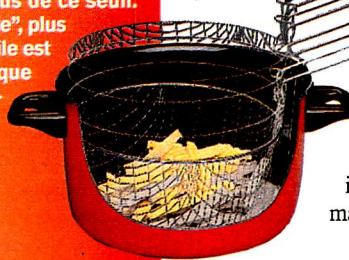
(5) Il s'agit de mettre au point des matériaux intelligents qui se déforment de manière à maintenir sur les profils des avions, plus particulièrement les ailes et l'empennage, un écoulement de l'air le plus lamineux possible et à retarder au maximum l'apparition de tourbillons préjudiciables au rendement aérodynamique.

(6) Respectivement chef de la division aéroélasticité expérimentale et chargée des études de contrôle actif à l'aide de matériaux piézo-électriques à l'Office national des études et recherche en aéronautique.



La friteuse intelligente

Les alliages à mémoire de forme, comme ce fil en spirale, changent de profil dès que leur température dépasse un seuil donné et reviennent à leur forme première dès que cette température chute en dessous de ce seuil. Avec cette friteuse "intelligente", plus besoin de se demander si l'huile est à la bonne température. Dès que celle-ci est atteinte, un élément en alliage à mémoire de forme change de géométrie et déclenche par ce mouvement la descente dans l'huile du panier porte-frites.



DECOUVREZ LE PANORAMA DE LA PRESSE SCIENTIFIQUE ET ABONNEZ-VOUS DES AUJOURD'HUI A L'UNE DE CES DEUX FORMULES :

- Tous les mois, **SCIENCE & VIE** vous informe parfaitement sur les derniers développements de la recherche, dans tous les domaines scientifiques. **SCIENCE & VIE**, le magazine d'information scientifique de référence.
- Tous les deux mois, **LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE** vous font vivre l'Histoire des sciences comme on ne vous l'a jamais racontée. En 1994, **LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE** évoquent les pères fondateurs de la science moderne : PARE, CARNOT, KEPLER, FREUD, BUFFON et CURIE.
- Tous les trois mois, **LES HORS SERIE de SCIENCE & VIE** traitent de façon exhaustive un grand sujet de notre temps. Chaque **HORS SERIE** fait le tour complet d'une question d'actualité scientifique.

FORMULE N° 1

ABONNEMENT D'UN AN AU PANORAMA DE LA SCIENCE

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

333 F seulement
au lieu de 456 F *

FORMULE N° 2

ABONNEMENT D'UN AN AU MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE

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

398 F seulement
au lieu de 556 F *



BULLETIN D'ABONNEMENT A TARIF PRIVILÉGIÉ

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

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

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

* prix de vente des magazines chez votre marchand de journaux

Conformément à la loi Informatique et Liberté du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

Autres lieux de résidence : Nous consulter au 46 48 47 08.

RCS Paris B 572 134 773



FORMULE N°1 : PANORAMA DE LA SCIENCE (18 N°)

C43A

333 F seulement au lieu de 456 F * / **123 F** d'économie



FORMULE N°2 : MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE (22 N°)

C43Z

398 F seulement au lieu de 556 F * / **158 F** d'économie

SV 919



Voiture de l'an 2000

Le rêve prend forme lentement

PAR LUC AUGIER

Dans l'industrie automobile, le fait nouveau de cette fin de siècle réside dans l'élévation des standards de qualité des modèles. Quel que soit le niveau de gamme, l'automobiliste est aujourd'hui en droit de prétendre aux vitres à commande électrique, à la direction assistée, à la condamnation centralisée des portes, éventuellement commandée à distance, à l'antiblocage de freins, à la climatisation. Sur le haut de gamme, la position de conduite est "mémorisée", les réglages de siège, tout comme la hauteur et la profondeur de la colonne de direction, se font par des commandes électriques. S'y ajoutent l'ordinateur de bord ou la programmation de la vitesse de croisière, éventuellement le bois et le cuir pour flatter la présentation.

Outre ces prestations, il en est d'autres, moins perceptibles mais tout aussi réelles et raffinées : l'arsenal antipollution, la structure déformable programmée, les renforts de portières, les *airbags* et les rétracteurs pyrotechniques de ceintures, le choix des matériaux, la constitution et la fixation de pièces déterminés en vue du recyclage, etc. Le tout dans une ambiance et une présentation inspirant confiance et qualité : élévation spectaculaire du confort et du comportement routier, silence, épaisseur des tôles, aspect et grain des matières, harmonie des couleurs, précision des accostages, vitrages affleurants, etc. Tous les constructeurs ont fait de la qualité leur nouveau dogme, avec la stimulation d'une concurrence féroce, sous la menace des surcapacités de production et face à une clientèle plus attentiste et plus vorace. Parfois sous l'effet de douloureux traumatismes économiques, l'industrie automobile a aussi procédé à sa révolution culturelle. On a mis au point de nouveaux outils de recherche et de développement par la conception assistée par ordinateur (CAO) ; la coordination des différents services (étude, style, marketing, après-vente, achats, méthodes

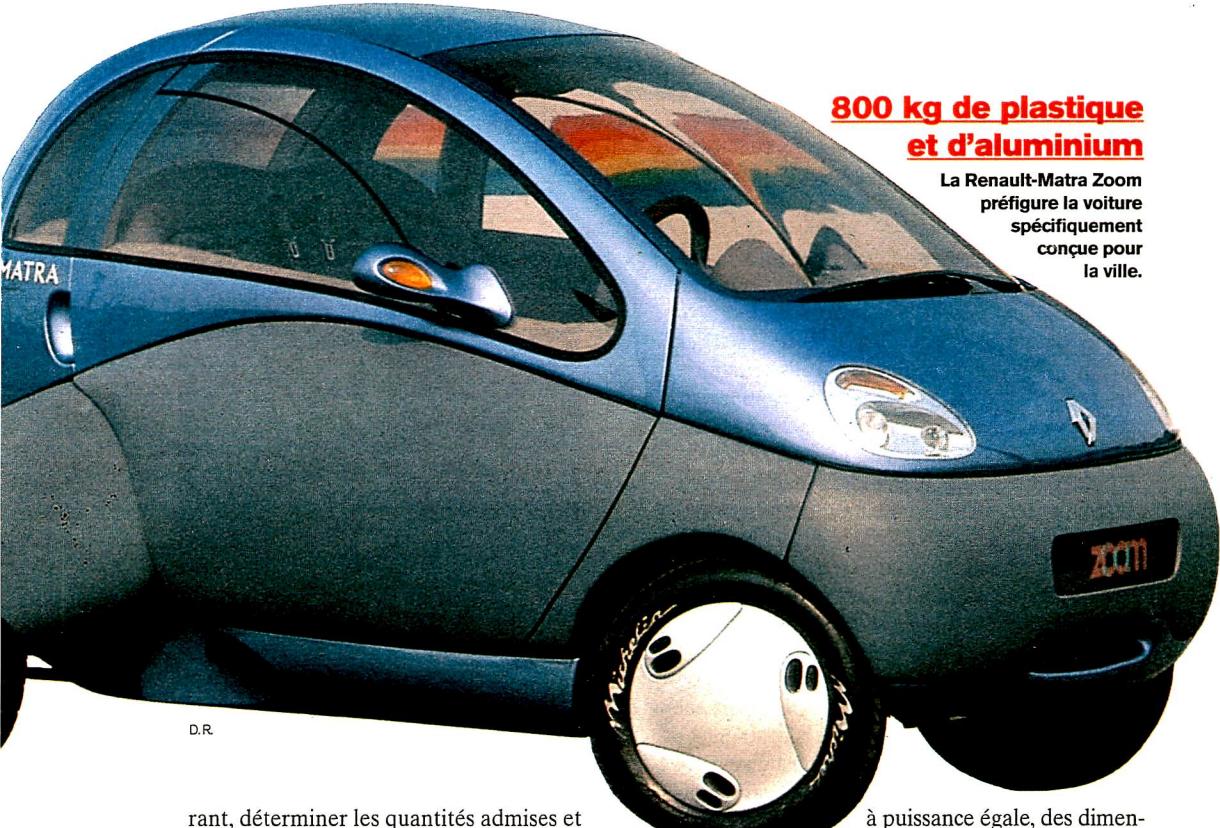
La voiture du futur sera plus sûre, plus automatisée, plus confortable. Mais, malgré les innovations techniques en électronique et en matériaux, son prix et son allure la feront encore étrangement ressembler à celle d'aujourd'hui.



d'industrialisation) s'est améliorée ; et, enfin, les appareils de production sont plus flexibles.

Et pourtant, en tant qu'industrie de masse, l'automobile se distingue d'autres produits sophistiqués de grande consommation : l'élévation des prestations proposées n'a pas été de pair avec l'abaissement des coûts. Pire : la crainte du moment est de les voir de nouveau s'envoler car il va falloir faire encore plus léger et encore moins polluant...

En ce qui concerne ces deux contraintes, pas de solution miracle en perspective. L'hydrogène reste remis aux calendes grecques, les batteries attachent toujours l'auto électrique comme une chèvre à un piquet, faute d'autonomie : il n'y a aucune alternative réaliste au pétrole et au moteur thermique. L'électronique a permis de mieux en définir la morphologie, grâce à la modélisation mathématique de phénomènes jusqu'alors appréhendés par empirisme : l'investigation des écoulements de gaz et de la combustion est plus fine, et on évalue mieux les contraintes mécaniques et thermodynamiques. Côté fonctionnement, l'électronique gère l'allumage et l'injection pour doser le mélange air-carbu-



D.R.

800 kg de plastique et d'aluminium

La Renault-Matra Zoom préfigure la voiture spécifiquement conçue pour la ville.

rant, déterminer les quantités admises et l'instant d'inflammation optimal. Elle a été un passage obligé pour réduire la toxicité des gaz mais, en même temps, la consommation a augmenté de 10 %. Du coup, on s'inquiète désormais des émissions accrues de gaz carbonique (CO_2).

Le Diesel ne suffit pas à résoudre le problème de la consommation. Certes, à prestations égales, elle est inférieure de quelque 25 % avec le Diesel, mais celui-ci a d'autres inconvénients : il est plus lourd, plus encombrant, plus bruyant, et il vibre davantage. Il est aussi plus cher à fabriquer et le sera encore davantage avec les prochaines contraintes visant à réduire ses émissions d'oxydes d'azote et de particules. Essence ou diesel, on parle depuis longtemps des revêtements de pièces en matériaux céramiques pour réduire les pertes par rayonnement thermique, mais l'innovation n'est pas encore passée en série.

Et on demande toujours plus au moteur : au cours de ces dix dernières années, les voitures se sont alourdies. Un modèle qui pesait 1 000 kg naît en pèse 1 200 aujourd'hui sous l'effet des tôles plus épaisse, de l'équipement plus élaboré, des insonorisants plus fournis. C'est 20 % de poids en plus à mouvoir, un surcroît d'énergie à dépenser qui se répercute à son tour sur la consommation et les quantités de CO_2 émises.

D'ici l'an 2000 (!), la seule voie nouvelle pourrait résider dans le retour du moteur deux temps. Une explosion par tour moteur au lieu de deux, c'est théoriquement une cylindrée moitié moindre

à puissance égale, des dimensions et un poids réduits. Autre avantage : une plus grande simplicité mécanique. Jusqu'alors, le deux-temps gaspillait trop d'énergie et polluait trop, en rejettant le tiers des gaz frais à l'échappement. Mais, avec l'injection directe haute pression ou assistée par air comprimé et contrôlée par l'électronique, il s'ouvre un nouvel avenir. La course engagée entre Toyota, Orbital (avec Ford) et l'IFP (avec PSA, Renault, Le Moteur moderne et Siemens) pourrait aboutir à la mise sur le marché de moteurs 1 200 cm³ trois cylindres équivalents en prestations à des 1 600 cm³ quatre-temps à essence ou à même de concurrencer l'alternative Diesel.

Côté propulsion électrique, des objectifs ambitieux ont été fixés par l'Etat de Californie : 10 % des voitures que les constructeurs y vendront en 2003 devront être électriques ! Mais la réalité d'aujourd'hui n'encourage pas à l'optimisme : un kilo de batterie restitue une énergie de 50 watts-heures, contre 12 000 pour le même poids d'essence. La voiture électrique demeurera pour longtemps confinée à l'espace urbain, dans un rayon d'action de 120 km, avec 300 kg de batteries pour un poids d'une tonne, à en juger par les Renault Clio, Peugeot 106 ou Citroën AX expérimentales qui roulent aujourd'hui. Et encore seraient-elles vendues quelque 160 000 F, soit le double du modèle thermique équivalent. L'essor de la voiture électrique ne pourra qu'être accompagné par des mesures incitatives très vigoureuses de la part des pouvoirs publics. Forte de ses disponibilités d'électricité nucléaire "propre", ▶

(1) Cinq ans au moins s'écoulent entre le premier coup de crayon et l'apparition d'une nouvelle voiture dans la rue.

suite de la page 113

la France entend se poser en leader. Le coût énergétique au kilomètre est divisé par cinq si l'on prend en compte les prix et les rendements respectifs de l'électricité et de l'essence.

Resterait, bien sûr, à aménager les sites en stations de recharge et à instaurer de nouveaux modes d'usage, comme l'échange standard ou la location, auprès de stations spécialisées, de blocs-batteries adaptés à ces véhicules. Il faudrait aussi produire des volumes suffisants pour réduire les coûts par effet de série, autant chez les constructeurs que chez leurs fournisseurs. Le véhicule électrique routier, lui, ne peut se concevoir qu'en mode hybride : avec un générateur thermique (turbine ou diesel) alimentant des batteries tampons en rase campagne ; avec traction électrique seule dans l'environnement urbain. Quel automobiliste serait disposé à en payer le prix ? Dans l'un et l'autre cas, l'offre spontanée sera impuissante à susciter la demande. Et, à l'inverse, l'absence de demande ne provoquera pas l'offre. La solution appartient au législateur, par la persuasion ou la contrainte.

Dans l'immédiat, donc, la préoccupation majeure réside dans l'arrêt de l'escalade à la consommation de voitures conventionnelles, plus pour limiter les émissions de CO₂ que pour épargner l'énergie – ce qui implique une réduction de la traînée aérodynamique, de la traînée de roulement, des pertes mécaniques et, bien sûr, du poids. Tout en tenant compte du fait que l'usager n'est pas disposé à abandonner les avantages acquis en confort.

● **La traînée aérodynamique.** L'amélioration des coefficients de forme est limitée par les besoins d'alimentation en air pour le refroidissement, par la stabilité dynamique, et par les impératifs de compacité et de visibilité. Quant au maître-couple (la surface frontale du véhicule), il est pénalisé par les besoins d'habitabilité et devient particulièrement imposant pour la nouvelle génération de monospaces ou pour les petites voitures que l'on veut aussi spacieuses que les grandes.

Radioguidage à l'épreuve

350 Renault roulent en région parisienne avec des terminaux Carminat embarqués, connectés sur les PC de circulation Sirius. Etat du trafic, itinéraire recommandé, places de parking disponibles sont communiqués par voie vocale ou sur écran.

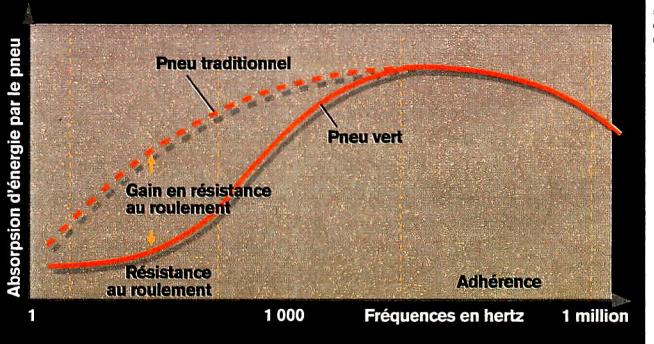


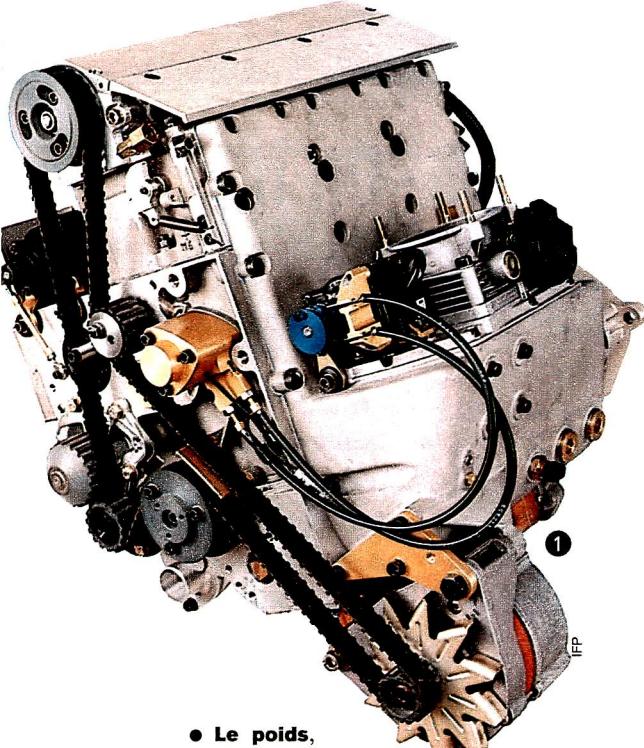
● **La traînée de roulement.** Michelin vient de franchir un grand pas avec son pneu "vert", baptisé Energy (graphique ci-dessous). D'autant plus significatif que le pneu, du fait de sa déformation, représente 30 % de la résistance à l'avancement en ville, et 18 % à 120 km/h. Grâce à une nouvelle construction et à une nouvelle gomme, la dissipation d'énergie a été réduite de 20 %, ce qui correspond à une baisse de consommation de 3 à 5 % sans que ses autres qualités soient altérées.

● **Les pertes mécaniques.** Leur traque fait mauvais ménage avec l'entraînement d'un système de climatisation, des assistances de direction, des transmissions automatiques. Mais les boîtes modernes, avec prise directe sans brassage d'huile sur les derniers rapports, ne gaspillent plus rien sur route ou autoroute, en vitesse de croisière. Quant aux transmissions intégrales sur les quatre roues, dévoreuses d'énergie, elles n'ont pas eu le succès attendu auprès de la clientèle malgré leur contribution spectaculaire à la sécurité en cas d'adhérence précaire.

Les secrets du pneu "vert" Michelin

Ces courbes montrent l'absorption d'énergie d'un pneu en fonction des fréquences de vibration auxquelles il est soumis. Les hautes fréquences indiquent l'adhérence et les basses fréquences, la résistance au roulement : pour le pneu vert (en trait plein), le gain pour cette dernière est d'environ 20 % (entraînant une baisse de consommation de 4 %), et l'adhérence est préservée.



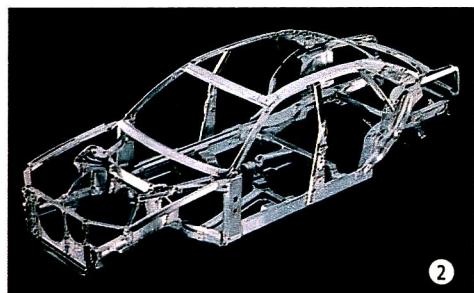


● Le poids,

c'est-à-dire l'alternative à l'acier. Inutile de songer aux matériaux composites ou au titane : leur prix est dissuasif et, lié à la matière elle-même, ne peut diminuer sous l'effet de masse.

En revanche, Audi vient de braquer les feux de l'actualité sur l'aluminium avec sa nouvelle A8, fruit de dix ans d'études avec Alcoa. A une coque autoporteuse en acier, l'Allemand substitue une cage de profilés extrudés, dont les composants sont reliés par des nœuds coulés, revêtue de panneaux rivétés. Son poids est réduit de 335 kg à 200 kg, et Audi fait observer qu'une économie de 100 kg se traduit par une diminution de consommation de 0,6 l/100 km. Et la baisse de poids sur la structure entraîne à son tour une diminution des contraintes sur les éléments de suspension, donc éventuellement sur leur poids, une amélioration de la tenue de route, une moindre sollicitation des freins, etc.

Cet effet en cascade serait parfaitement convaincant si l'aluminium ne coûtait pas à la base plus cher que l'acier (même si, recyclé, il revient 40 % moins cher que l'aluminium primaire). Et à condition que la mise en œuvre industrielle de cette technique ne soit pas excessivement pénalisante par rapport à la maîtrise acquise pour les structures autoporteuses en acier. Les Français n'en sont pas convaincus. PSA comme Renault, maître d'œuvre pourtant du projet Eureka Mosaïc (Matériaux optimisés pour une structure automobile innovant la conception), attendent plutôt encore de gros progrès de l'acier. L'aluminium pourrait toutefois être intéressant pour des petites séries (de 50 000 à 60 000 véhicules par an) : une armature d'aluminium revêtue de panneaux de plastique permet d'éviter des gros



Moins de poids, moins de CO₂

L'un des facteurs susceptibles de réduire les émissions de CO₂ est la diminution du poids. Le moteur trois cylindres 1,2 litre deux temps (1) conçu par l'IFP est plus petit, plus léger et plus simple que le quatre cylindres 1,6 litre quatre temps, auquel il pourrait se substituer. Audi, pour sa part, gagne 40 % sur le poids (135 kg) grâce à une structure en aluminium (2).

investissements dans les outils d'emboutissage.

Malgré la priorité aux budgets de recherche, malgré la concurrence féroce qui oppose les constructeurs, malgré la passion de ceux qui la conçoivent, l'automobile de l'an 2000 pourrait bien ressembler beaucoup à celle d'aujourd'hui. L'an 2000, ce n'est que dans six ans, et le délai semble un peu court pour avoir raison de plusieurs contraintes. D'abord, la lourdeur d'une industrie dont les cycles restent longs. Ensuite, l'absence de prototypes fiables fondés sur les énergies de substitution. Enfin, les lentures actuelles dans la miniaturisation de nombreux organes essentiels. Sans parler du prix, toujours élevé, à cause des progrès qu'il faut intégrer. Et du fait qu'on commence à peine à s'habituer à l'idée d'une interactivité de l'auto avec son milieu : c'est seulement dans deux ans, au plus tôt, que devraient être commercialisés aux Etats-Unis les premiers radars pour autos. Le rêve naît à coup sûr, mais lentement.

La Swatch a révolutionné la montre. La Swatch-mobile révolutionnera-t-elle l'automobile ? L'accord passé avec Mercedes incite à prendre le projet de Nicolas Hayek au sérieux, mais il s'agira d'une "voiturette" simple, à usage limité. Le rêve des ingénieurs de l'automobile va bien au-delà : moteur miniature, batterie miracle, titane, matériaux composites, sécurité absolue, mise à plat de l'appareil industriel... Les fantasmes défilent d'autant plus volontiers que les moyens techniques permettent de tout imaginer quand ils ne sont pas frappés d'interdit par la double question : «Combien ça coûte ?» et «Qui achètera ?» L'exercice n'est pas inutile : de cette recherche pure, voire sans but, émergent toujours des idées transposables à un produit qui a trop révolutionné ce siècle pour ne pas aborder le prochain avec une confiance intacte.

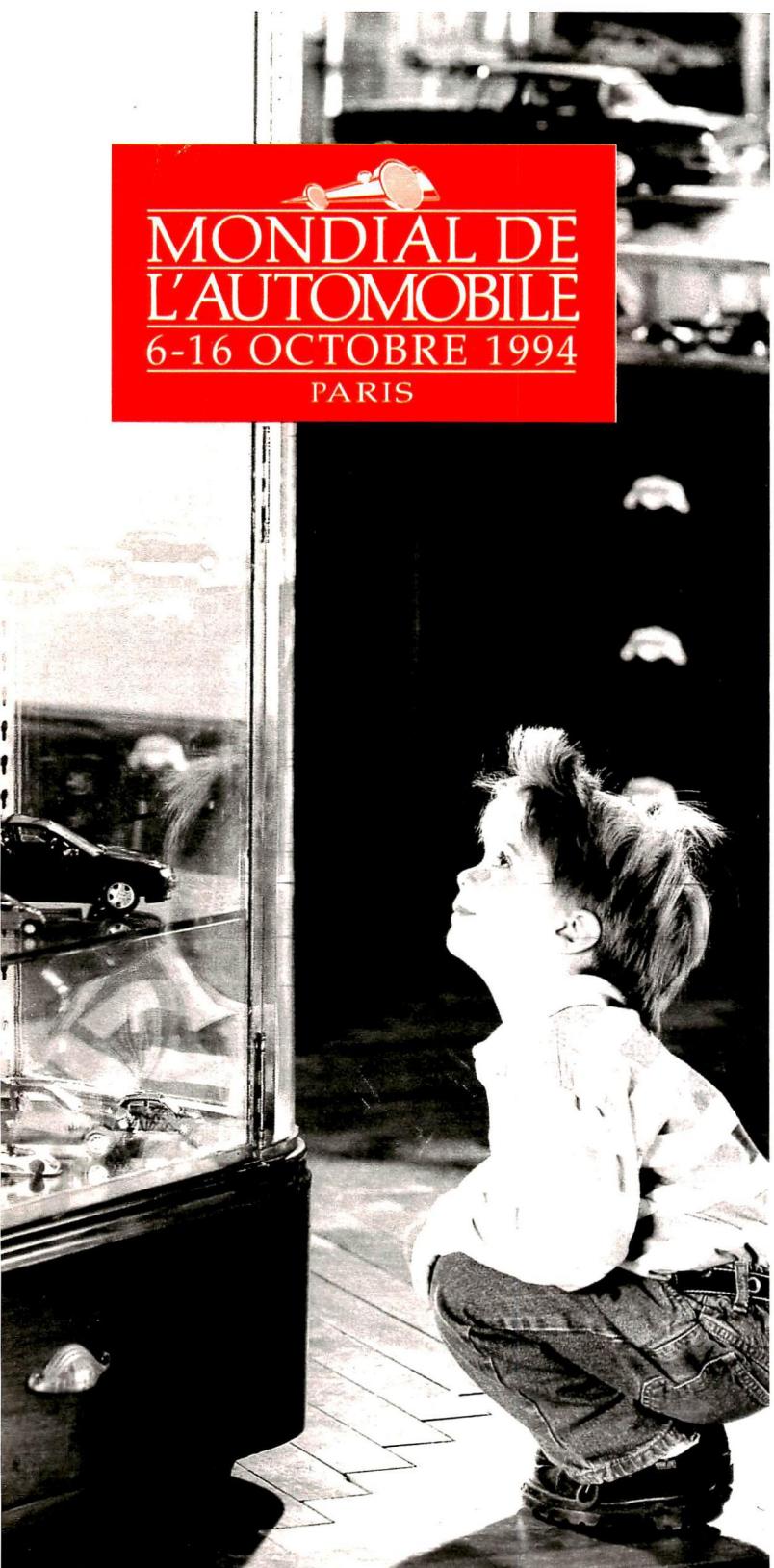
-On n'arrête
pas un rêve
qui marche.

**MONDIAL DE
L'AUTOMOBILE**
6-16 OCTOBRE 1994
PARIS

Parce que l'automobile
n'a pas fini de faire rêver
les hommes, le Mondial
de l'Automobile lance un
grand concours sur le
thème : "imaginez la
voiture de vos rêves..." et
vous donne ainsi
l'occasion de voir votre
rêve automobile se
concrétiser sous la forme
d'une maquette en volu-
me au 1/5ème.

Le Mondial de
l'Automobile et Science &
Vie vous offrent ainsi une
occasion unique de parti-
ciper à la réalisation de
votre concept automobile
avec les bureaux de
design des constructeurs
français : c'est sous leur
tutelle que seront
réalisées les maquettes
des 3 dossiers gagnants.

Les lauréats se verront en
outre offrir, à leur choix,
une visite du bureau de
design de l'un des 3
constructeurs français ou
une invitation à
une course automobile.



Le concours imaginez la voiture de vos rêves...



Les maquettes seront offertes à leurs 3 auteurs après avoir été exposées lors du Mondial de l'Automobile du 6 au 16 octobre 1994 à Paris.

Ce sont l'esthétique de la ligne de votre véhicule imaginaire et l'originalité de votre idée, qui feront de vous l'un des 3 lauréats.

Les représentants des bureaux de design de Citroën, Peugeot et Renault mais aussi des personnalités appartenant notamment, au monde de l'automobile, de la création, du journalisme confronteront leurs différents points de vue sur ces 2 critères pour élire les 3 meilleurs dossiers.

Pour participer, vous devez présenter un projet de véhicule automobile qui, imaginé par vous, devra être original, ne reprenant ni les caractéristiques d'un modèle ou d'une gamme existants, ni la marque d'un constructeur.

Avant le 16 mai 1994 envoyez à l'adresse indiquée ci-contre, votre dossier comprenant impérativement les 3 éléments suivants :

- 2 dessins de votre voiture de rêve : de face et de profil, chacun sur une feuille de papier millimétré de format A3 (42x29,7 cm). Vous pouvez joindre à ces 2 plans indispensables, tout autre dessin de votre choix permettant de mieux mettre en avant l'esthétique et l'originalité de votre projet (Ex.: intérieur).

- 1 note de présentation générale dactylographiée expliquant le sens et l'originalité de votre concept.

Sur cette note, vous pourrez en outre indiquer si vous avez imaginé une innovation dans l'un des domaines suivants :

- sécurité;
- écologie (Ex.: source d'alimentation du moteur);
- interactivité avec l'environnement extérieur (Ex.: aide à la conduite);
- habitabilité (Ex.: conception de l'habitacle, bien-être des occupants);
- matériaux.

Cette seconde partie d'informations plus précises reste facultative.

L'ensemble ne devra pas dépasser une page.

- Vos nom, prénom, adresse et date de naissance devront être indiqués au dos de chaque dessin et en tête de votre note de présentation.

Les lauréats seront avertis personnellement à l'adresse qu'ils auront ainsi indiquée, à compter du 1er juin 1994.

Adresse d'envoi des candidatures :
CONCOURS MONDIAL DE L'AUTOMOBILE
 30, rue Vernet - 75 380 Paris Cedex 08.

EXTRATS DU REGLEMENT

Article 2 :

Ce concours est ouvert à toute personne résidant en France métropolitaine et en Corse âgée d'au moins 16 ans au jour d'ouverture du concours (24/02/94). Ne pourront participer les personnes exerçant leur activité dans le domaine du design automobile ainsi que leur famille.

Article 8 :

Les candidats s'engagent à réaliser un projet original. Ils garantissent les organisateurs contre toute action en contrefaçon en se substituant à eux, notamment en prenant en charge les frais ou dépenses de quelque nature qu'ils soient que les organisateurs seraient amenés à supporter à l'occasion d'une telle action. Ils feront leur

affaire de réclamations de tiers qui se prétendraient auteurs du ou des projets faisant l'objet du concours. Toute contrefaçon ou tentative de contrefaçon sera ainsi sanctionnée et, en cas de contrefaçon constatée après la remise des prix, ceux-ci pourront être repris par les organisateurs sans préjudice de toute autre indemnisation.

Article 9 :

Les lauréats acceptent par avance que leur nom et, le cas échéant, leur image soient publiés par les organisateurs.

Article 10 :

Les organisateurs ne pourront être tenus pour responsables si le concours devait être reporté, interrompu, modifié ou annulé pour des raisons indépendantes de leur volonté.

Article 11 :

Les gagnants ne pourront exiger qu'il leur soit remis quelque contrepartie que ce soit en échange des prix qui leur auront été attribués conformément à l'article 6.

Article 12 :

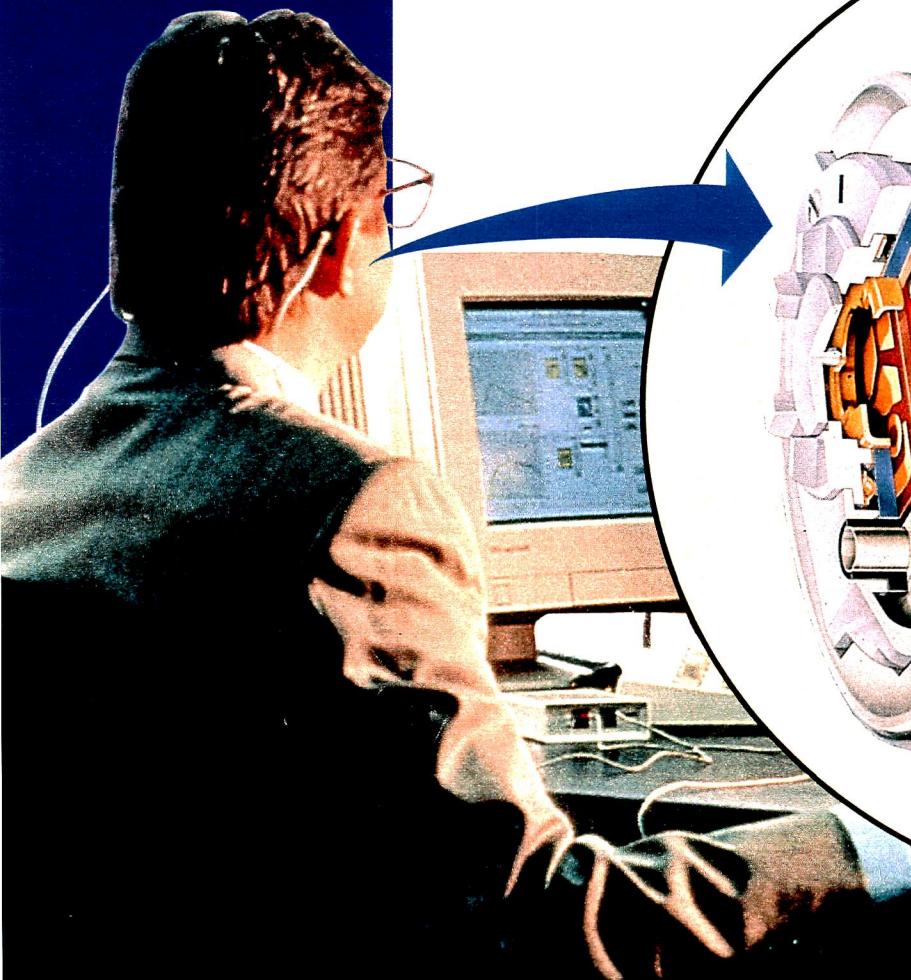
Le simple fait de participer entraîne l'acceptation pleine et entière du présent règlement dont le texte est déposé chez Maître Pascal VIGNAT, huissier de justice à Paris (75008) 27 rue Tronchet.

Le règlement peut en outre être consulté sur le serveur Minitel : 3615 AUTOM ou en envoyant une demande accompagnée d'une enveloppe timbrée à Concours Mondial de l'Automobile, 30 rue Vernet, 75380 Paris Cedex 08.

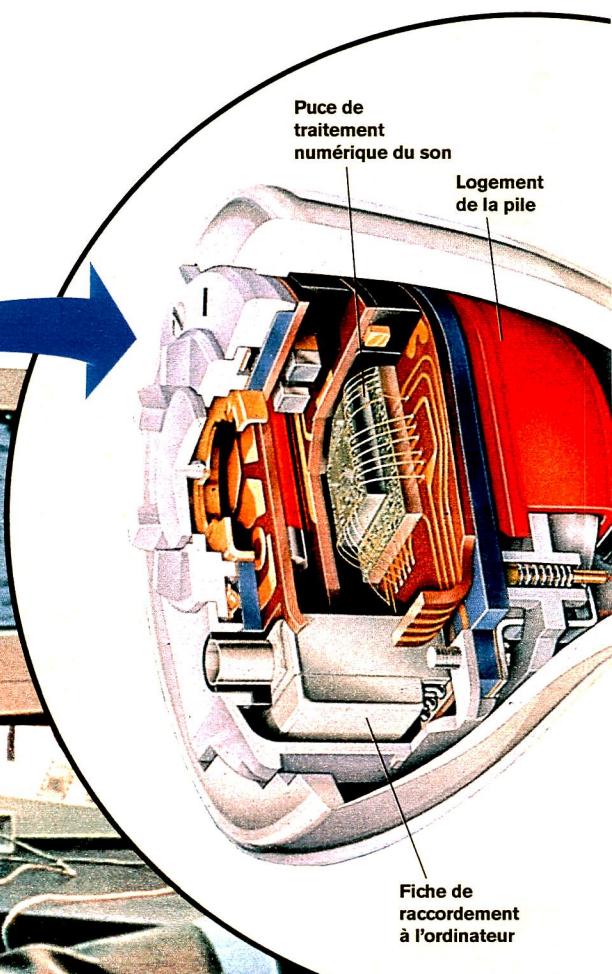
a c o u s t i q u e

L'ordinateur remplace le toumevis d'horloger

Grâce au traitement numérique de la correction auditive, c'est depuis un micro-ordinateur que s'effectue l'ensemble des réglages de la prothèse. Celle-ci contient également une véritable banque de données sur le patient - dont son audiogramme -, données qu'il sera possible de consulter si des modifications doivent être apportées aux réglages.



Une puce à



L'oreille

Pour remédier au mieux à une mauvaise audition, une prothèse devrait pouvoir s'adapter à l'environnement sonore.

Ce qui n'est pas le cas des appareils traditionnels. Un nouveau dispositif de traitement numérique du son offre cette possibilité.

PAR
HENRI-PIERRE
PENEL

Ecouteur

Photos Phonak

Actuellement, la France compte plus de 5 millions de malentendants dont la plupart ignorent leur handicap ou ne veulent pas l'admettre. Curieusement, si porter des lunettes est parfaitement entré dans les mœurs, être équipé d'une prothèse auditive reste chargé d'un *a priori* péjoratif. C'est dommage, car, comme pour les troubles de la vision, un défaut d'audition a d'autant plus de chance de se stabiliser, voire de régresser, qu'il est traité précocelement. Sinon, le cerveau s'habitue aux défauts d'audition et, au lieu de les compenser, il "oublie" comment traiter les informations sonores. Dans ce cas, même l'utilisation ultérieure d'une prothèse capable de restituer les caractéristiques "mécaniques" de l'audition ne permettra pas de retrouver une compréhension normale.

Les premières prothèses auditives se limitaient à amplifier le son. Si elles apportaient un "mieux" à leurs utilisateurs, cette solution était loin d'être idéale, car quatre facteurs jouent un rôle essentiel dans la reconnaissance de la parole : la stéréophonie, la bande passante, l'adaptation au niveau sonore, l'analyse temporelle. Et un simple amplificateur ne peut compenser à lui seul tous ces paramètres. Certes, les appareils actuels agissent simultanément sur plusieurs d'entre eux mais, après calibrage, les réglages sont figés. La grande originalité du Pics (Personal Integrated Communication System), produit par la société suisse Phonak, réside dans un traitement numérique du son. Ici, grâce à la souplesse de ce traitement informatique, le malentendant peut faire varier la correction et ainsi l'adapter à "l'ambiance acoustique" du moment.

Revenons sur ces différents facteurs qui interviennent dans l'audition. Si c'est grâce à la stéréophonie que nous sommes en mesure de localiser une source sonore, ce n'est là que l'un de ses intérêts. En fait, notre cerveau se sert de la perception stéréophonique des sons pour séparer le "message utile" du bruit ambiant. Pour comprendre l'importance du phénomène il suffit d'enregistrer, par exemple, les conversations d'une réunion de famille ; si l'ambiance sonore est correctement restituée, il est impossible de suivre le discours de l'un des convives alors que ceci ne posait pas le moindre problème durant la réception – ceci est également vrai sur la bande-son de séquences vidéo tournées à l'aide d'un caméscope monophonique. Le fait d'avoir du mal à suivre une conversation dans un milieu bruyant est un signe d'alerte à ne pas négliger. Pour corriger ce premier problème, le Pics est composé de deux appareils, un pour chaque oreille.

La bande passante – la plage de fréquences ►

suite de la page 119

sonores, des extrêmes graves aux extrêmes aigus, que nous percevons – subit de fortes modifications dès l'apparition d'une surdité. En fait, l'oreille est plus ou moins sensible en fonction de la fréquence du son émis.

C'est probablement le paramètre le plus "fragile" de l'audition. Il se modifie très vite en fonction de l'âge du sujet, notamment en ce qui concerne la perception des aigus. Si un bébé perçoit des sons dans un registre de fréquences allant de 15 Hz à plus de 35 000 Hz (fréquence située dans ce que le commun des mortels appelle les ultrasons mais qu'utilisent, par exemple, les chauves-souris pour se diriger), pour un adolescent les limites se resserrent déjà, et les bornes se trouvent, en moyenne, à 16 Hz et 20 000 Hz (qualité disque compact). Un adulte entend la plage des fréquences comprises entre 20 Hz et 16 000 Hz (bande passante qui couvre une transmission radio en modulation de fréquence). Enfin, une personne âgée ne distingue plus les sons au-delà de 8 000 Hz (radio grandes ondes). Tout ceci, bien entendu, pour une oreille qualifiée de normale.

Dès qu'une surdité apparaît la bande passante est généralement très dégradée vers les fréquences élevées. De très nombreux malentendants ne distinguent pas les sons d'une fréquence supérieure à 5 000 Hz – fréquence encore relativement peu aiguë pour une oreille normale (siflement d'une bouilloire, par exemple). Au niveau de la compréhension de la parole, cette perte des aigus est déjà pénalisante. En effet, c'est grâce aux aigus que nous pouvons faire la différence entre un son "che" et un son "je" ou "ze". Le son perçu est étouffé. On pourrait le comparer à celui d'un mauvais enregistrement ou à une mauvaise communication téléphonique.

Un audiogramme permet de détecter immédiatement une réduction de la bande passante. Pour chaque fréquence le praticien relève l'intensité sonore à partir de laquelle le son est perçu. Il est ainsi possible de tracer, point par point, la courbe correspondant à la sensibilité de l'oreille sur l'ensemble du spectre sonore audible (voir dessin page ci-contre). Sur les prothèses conventionnelles, un dispositif, comparable aux boutons de tonalité d'un amplificateur, permet d'ajuster la bande passante de l'appareil de manière à compenser celle du patient. Sur le Pics, cet ajustage est beaucoup plus fin : l'audiogramme est reporté sur l'écran d'un ordinateur qui calcule de manière très précise la correction à appliquer puis transmet ces données, par l'intermédiaire d'un cordon d'interconnexion, à la mémoire de la puce (voir

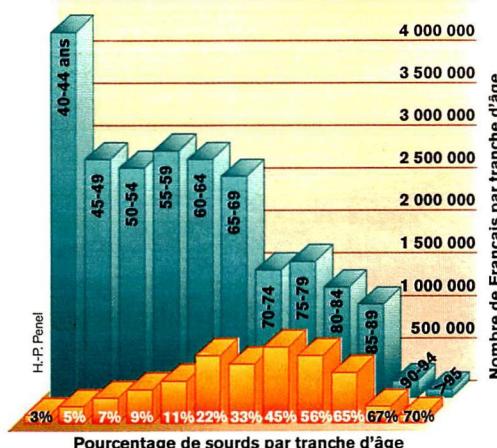
photo p.118). A noter : l'audiogramme lui-même est mémorisé dans la prothèse. En cas de problème, le Pics fera donc office de "dossier médical" sur les paramètres auditifs du patient.

Notre oreille adapte en permanence sa sensibilité au niveau sonore. Celle-ci sera, par exemple, totalement différente dans une pièce calme ou lors d'un concert pop. Ce fait nous permet d'entendre une large plage d'intensités sonores entre le seuil d'audition et le seuil de douleur. Chez un malentendant cette adaptation se fait mal. Ceci se traduit par un passage rapide du seuil d'audition au seuil de douleur ou par l'apparition de distorsion, exactement comme sur une radio de mauvaise qualité écoutée trop fort. La plage d'intensités sonores correctement perçues est donc restreinte et, une nouvelle fois, l'intelligibilité du message est compromise. Toute prothèse doit donc également intervenir sur ce paramètre en ramenant la dynamique sonore ambiante à celle que perçoit correctement la personne. Ici également le traitement informatisé permet au Pics de remédier au problème avec plus de précision.

L'analyse temporelle est en grande partie liée à la qualité de l'adaptation au niveau sonore. Elle concerne la capacité à reconnaître les silences dans une série de sons rapprochés. C'est grâce à elle que notre cerveau peut séparer les

Plus de 8 % des Français sont malentendants

A partir de 60 ans, le pourcentage de personnes atteintes de surdité est élevé. Toutefois, en appareillant les malentendants dès l'apparition des premiers symptômes, il serait possible de limiter l'évolution de ce handicap.



mots d'une phrase et distinguer "l'attaque" de chaque syllabe. Nous distinguons ainsi parfaitement un "ta" d'un "ma" alors qu'une personne atteinte d'une insuffisance d'analyse temporelle aura le plus grand mal à discerner ces deux sons qui ne diffèrent que par leur attaque, c'est-à-dire par la manière dont évolue l'intensité sonore en début de prononciation. *Idem* pour les syllabes comportant une décroissance différente, par exemple, pour les mots "lac" et "lame".

Ce phénomène est comparable à celui que nous connaissons pour la vision en cas d'éblouissement. Nos yeux demandent un certain temps pour se réhabituer à la pénombre. Il en va de même avec les forts écarts de dynamique sonore pour l'oreille, ce qui aboutit au "masquage" de certaines syllabes. Le PICS, en "gérant" mieux l'adaptation de dynamique, évite cet "éblouissement acoustique".

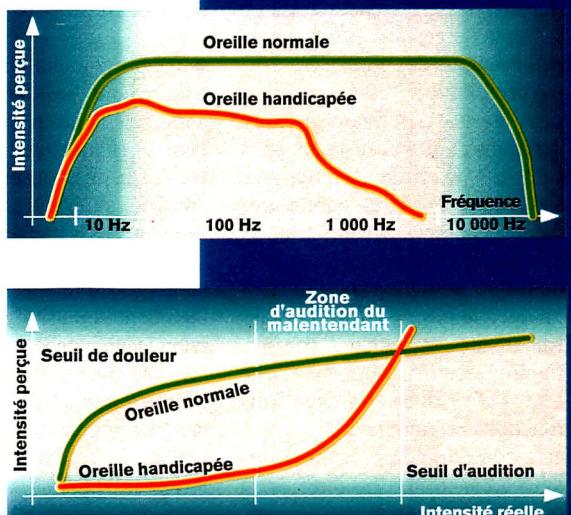
Mais le point fort du PICS réside dans le fait qu'il rend possible l'apport de corrections complémentaires en fonction des conditions d'écoute. Si les filtres électroniques conventionnels sont réalisés à partir d'éléments figés dans leurs valeurs et donc dans leurs effets, ce n'est plus le cas dès que l'on dispose d'un dispositif de traitement numérique. Une correction de timbre correspondant au résultat d'un calcul, il suffit d'en changer quelques paramètres pour intervenir sur le son restitué. Cette caractéristique est donc mise à profit sur le PICS. Ainsi, huit corrections types peuvent être mémorisées. Certaines concernent essentiellement l'intelligibilité de la parole dans un environnement bruyant, d'autres sont plus adaptées à l'écoute de la musique, etc.

Cette limite de huit n'est due qu'à la capacité de la mémoire de la prothèse. Le patient choisit donc, parmi un grand nombre de corrections, celles qui lui semblent le mieux adaptées aux situations sonores auxquelles il est confronté dans la vie courante. Il est parfaitement possible de prendre des corrections "à l'essai"; il suffit de charger en mémoire leurs paramètres pour qu'elles soient aussitôt disponibles.

Enfin, la dernière innovation du procédé réside dans la manière dont les réglages de ces corrections sont accessibles à l'utilisateur. En effet, il était impensable de rassembler les touches nécessaires sur la prothèse elle-même

Premiers symptômes : Les aigus ne passent plus...

C'est généralement par une perte de l'audition dans les fréquences élevées que se manifeste la surdité.



Dessins H.-P. Penel

... la dynamique du son non plus

Une oreille normale adapte en permanence sa sensibilité au niveau de bruit ambiant et peut ainsi percevoir une large plage d'intensités sonores. Une oreille handicapée perd cette faculté et passe très rapidement du seuil d'audition à celui de la douleur. La plage d'intensités correctement perçues est donc limitée.

en raison de ses faibles dimensions. De plus, il faut agir sur les deux appareils simultanément. Le problème a été résolu par l'utilisation d'une télécommande. L'ensemble des fonctions sont ainsi accessibles par l'intermédiaire d'un petit boîtier porté dans la poche.

En résumé, chaque patient étant un cas d'espèce tant par le type de surdité dont il souffre que par son mode de vie, sa prothèse, tout comme ses lunettes, doit être adaptée à ses troubles. Mais la correction auditive du PICS tient aussi compte des conditions acoustiques du lieu où il évolue; un "plus" d'importance par rapport aux autres prothèses actuelles.

industrie et INNOVATION

Dirigé par Gérard Morice

ÉCLAIRAGE

Economiser 20 % sur l'éclairage

La firme française Legrand met sur le marché Syscad, un système de gestion automatique de l'éclairage des bureaux.

Après l'avoir testé "en grandeur nature" pendant près de deux ans dans son siège social, à Limoges, la firme annonce que Syscad permet des économies d'énergie de plus de 20 %.

Avec, en arrière-plan, le respect du cahier des charges fondamental qui s'impose pour tous les automatismes de bureau – confort, fiabilité, sécurité, souplesse –, ce nouveau système conjugue trois fonctions essentielles :

- la détection de présence : des détecteurs infrarouges intégrés au plafond commandent automatiquement l'allumage et l'extinction des luminaires, d'où une li-

berté totale pour les occupants et des circulations toujours éclairées ;

- une programmation par tranche horaire pour des éclairages particuliers (hall d'entrée, éclairage extérieur, enseignes lumineuses, etc.) ;
- enfin, la prise en compte de la luminosité extérieure : grâce à des capteurs posés en façade, ce système intègre les variations journalières ou saisonnières et règle spontanément l'intensité de l'éclairage selon la luminosité ambiante.

Syscad comporte bien sûr la possibilité d'une dérogation manuelle : des commandes portables, agissant sur les récepteurs infrarouges intégrés au plafond, s'adaptent aux exigences individuelles.

La mise en place du système Syscad est simple : les luminaires

et détecteurs de présence se raccordent aux boîtiers de puissance de l'installation, eux-mêmes reliés à une centrale programmable. Il suffit de modifier les branchements des luminaires sur les boîtiers de puissance pour obtenir la configuration souhaitée.

La programmation de la centrale (programmation horaire, affectation des zones, seuils de luminosité) peut se faire soit localement (directement sur la centrale), soit à distance (par l'intermédiaire d'un minitel).

Voiture électrique : on s'attend à un "bide"

● General Motors va mettre à l'essai sa voiture électrique, Impact, et s'attend officiellement à un échec. La grande firme en est même fière, parce qu'elle aura ainsi démontré son dévouement à la cause de l'environnement. Début avril, GM sort les cinquante premiers exemplaires d'une série de mille de l'Impact ; ils ne seront pas vendus, mais prêtés. Il est bien possible que GM fasse un calcul subtil : en démontrant la non-fiabilité de la voiture électrique compte tenu de l'état actuel des batteries, elle entend peut-être faire amender la loi de l'Etat de Californie qui prévoit que, en 1997, 2 % des voitures mises en circulation devront être totalement non polluantes.

ESPACE

La fusée de Tintin retirée du frigo ?



McDonnell Douglas

Elle a coûté très cher à McDonnell Douglas (50 millions de dollars jusqu'ici, soit environ 280 millions de francs). Et elle marchait à merveille, puisque c'était la seule fusée capable de se reposer sur sa base en revenant sur Terre. Mais voilà, la DC-X, ou "fusée de Tintin", comme nous l'avions surnommée (1), n'intéresse plus vraiment le Pentagone. .

Cependant, pour construire ce cargo-taxi, capable de porter une douzaine de tonnes de matériel dans l'espace, la NASA a quand même débloqué, *in extremis*, un million de dollars. C'est peu, mais c'est toujours ça. Le prototype, qui pese 21 tonnes, n'a été réalisé qu'au tiers de l'échelle du véhicule final.

(1) Voir *Science & Vie* n° 913, p. 100.



Pinctada maxima,
une huître géante
au secours de nos os.

BIOMATÉRIAUX

De la nacre pour régénérer et remplacer les os

La nacre d'une huître perlière tropicale géante, la *Pinctada maxima*, se rit des ostéoclastes – les cellules responsables de la résorption osseuse – et stimule les ostéoblastes – les cellules formatrices de l'os. En clair, elle fait un excellent candidat pour servir de matériau de remplacement et de régénération osseuse. Elle peut remplacer des os et demeurer parfaitement intacte. Et, incluses sous forme de poudre dans ces derniers, elle s'accorde aussi fort bien avec le milieu osseux, contrairement aux implants d'os ou de corail. Elle est alors "bioabsorbée" et transformée progressivement en os véritable.

Ces bienfaits de la nacre viennent d'être mis en évidence par des biologistes du Muséum national d'histoire naturelle et de l'université Paris V-hôpital Necker. A vrai dire, on aurait pu avoir la puce à l'oreille il y a déjà fort longtemps, quand on a constaté que des implants de dents sur des crânes mayas, réalisés en nacre, s'étaient parfaitement conservés.

L'explication scientifique la plus vraisemblable des qualités de la nacre tient à la structure tridimensionnelle très organisée de cette dernière. Elle est formée de cristaux, composés d'une matrice organique sur laquelle se dépose le mi-

néral et scellés entre eux par une substance organique. Des tablettes polygonales se forment ainsi, elles-mêmes agencées en feuillets. Cette organisation rappelle celle d'un mur de briques.

L'utilisation de la nacre est déjà possible dans l'art dentaire et en chirurgie maxillo-faciale, par exemple, pour obtenir un rehaussement et un épaissement de l'os maxillaire. Des essais sont en cours en chirurgie orthopédique et esthétique.

ÉLECTRONIQUE

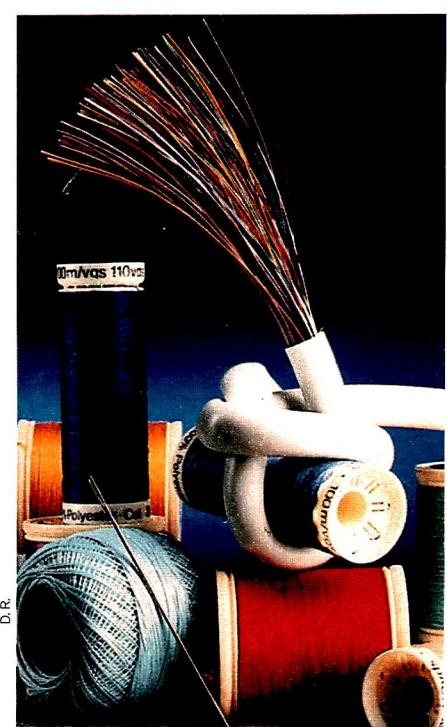
Câbles coaxiaux dans le corps

Les nouvelles sondes miniaturisées intègrent jusqu'à des centaines de capteurs. Elles émettent des signaux de plus en plus faibles à des fréquences de plus en plus élevées. C'est notamment le cas des sondes intracorporelles pour l'imagerie médicale. Pour transmettre des pico-signaux sans les affaiblir ni les déformer, les câbles coaxiaux se font infinitiment petits.

La firme Axon'câble présente ainsi une gamme de câbles co-

axiaux miniaturisés et flexibles, les Pico-coax, dont les conducteurs centraux, constitués de sept brins, ont un diamètre compris entre 0,075 mm et 0,150 mm.

La maîtrise des techniques d'assemblage permet de réunir en un seul câble souple et flexible de 50 à plus de 320 de ces Pico-coax, composés chacun d'un conducteur en alliage de cuivre, d'un diélectrique, d'un blindage en cuivre et d'une gaine.



INFORMATIQUE

Le FBI condense les empreintes digitales

Lorsqu'on dispose d'un stock de quelque 300 millions d'empreintes digitales, on pense inéluctablement informatique et base de données accessible à distance. Seulement voilà, ces données sont si nombreuses que la recherche d'une information, même ainsi traitée par informatique, requiert un temps qui reste trop long.

La solution réside dans la compression de cette masse d'informa-

tions. Encore faut-il que cette opération n'altère pas les données pertinentes. C'est pourquoi les scientifiques du FBI ont fait appel aux compétences du Pr Coifman, de l'université de Yale, spécialiste de la compression d'images. Sans entrer dans le détail, disons que la méthode mathématique qu'il applique offre ce grand avantage qu'elle réduit l'information associée à l'empreinte à une fraction de l'image ori-

ginale sans la moindre déperdition.

Le FBI estime avoir ainsi économisé 25 millions de dollars sur ce travail de stockage informatique des empreintes des citoyens américains. Le nouveau système, qui devrait être pleinement opérationnel en 1995, réduira le temps nécessaire à l'identification d'un suspect (à travers le réseau téléphonique) à une minute, au lieu de vingt actuellement.

A.O.

SIMULATION

Des bancs d'essais pour les robots

Plus de craintes à avoir avant de passer à l'automatisation : les petites et moyennes entreprises peuvent désormais simuler sur leur ordinateur tous les postes de travail et toutes les opérations qu'elles projettent de faire prendre en charge par des robots, afin de voir si ces derniers conviennent parfaitement bien.

Le programme Workspace 3, de la société britannique Robot Simu-

lations, permet, en effet, à son utilisateur de simuler et d'étudier la faisabilité robotique des tâches que l'on pense confier aux automates avant de se lancer dans les dépenses d'équipement.

On peut ainsi n'investir qu'à coup sûr, après avoir évalué l'aptitude des robots à effectuer le travail prévu, voire après les avoir redessinés et modifiés, afin qu'ils conviennent à ce qu'on attend d'eux.

La société Robot Simulations a mis au point un système qui permet d'étudier sur ordinateur la robotisation des tâches.



Fines lames

● Thiers, entre Clermont-Ferrand et Saint-Etienne, concentre, sur un rayon de 15 km, 70 % de la production de coutellerie française. Une industrie qui compte 190 entreprises, 3 000 emplois directs et 300 emplois indirects, produit 10 000 articles différents et 50 millions d'unités par an, pour un chiffre d'affaires global de 1,2 milliard de francs, exporté à hauteur de 20 %. Mais des concurrents de cette production ancestrale pointent le nez : Grande-Bretagne, Allemagne, Suisse et maintenant Brésil et... Asie du Sud-Est. Le couteau et la ville de Thiers, dont les destins sont liés depuis toujours, réagissent en organisant les Journées internationales de la coutellerie, du 8 au 11 avril. La coutellerie dans ses techniques de production, son histoire, son art, son design. En un mot, son savoir-faire. Contact : chambre de commerce et d'industrie, tél. : 16 39 20 02 67.

GESTION DES EAUX

Nilomètre, capteur intelligent des débits

Le Nilomètre est une invention de mesure des crues d'un fleuve qui remonte à l'Egypte des pharaons. Sur l'île Eléphantine, près d'Assouan, un escalier de 90 marches, descendant jusqu'au Nil, permettait de mesurer chaque année la hauteur des crues. Les Egyptiens gravaient les records sur les parois, et certaines inscriptions sont encore visibles.

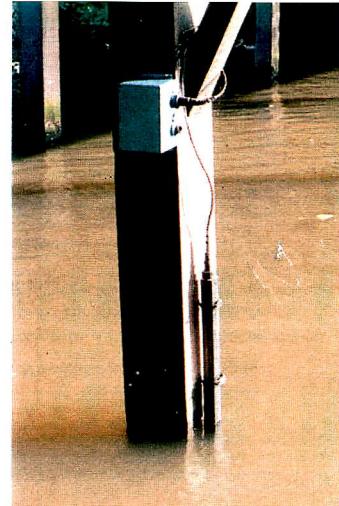
Plus les crues du Nil étaient importantes, plus les alluvions enrichissaient les abords du Nil. Les cultures étaient alors plus abondantes et le serviteur du pharaon, chargé de mesurer à l'aide du Nilomètre l'ampleur des crues, n'était autre que l'inspecteur des impôts chargé de fixer "l'assiette" de ces impôts.

Aujourd'hui, le Nilomètre est devenu une invention *high-tech* dans le domaine de la métrologie. Développé par la société Serosi, implantée dans le département du Nord, ce capteur "intelligent" se présente sous la forme d'une jauge (réglét électronique). Posée verticalement sur une barge, un pont ou le mur d'un canal, elle mesure électroniquement, sur une échelle graduée en centimètres, le niveau, le débit et la qualité de l'eau des cuves, des canalisations d'eaux usées ou fluviales, des rivières ou des étangs.

Mais le Nilomètre ne se contente pas de mesurer. Son système de capteurs est relié à une petite centrale d'acquisition des données apte à prendre des initiatives. Celle-ci peut procéder à des appels téléphoniques

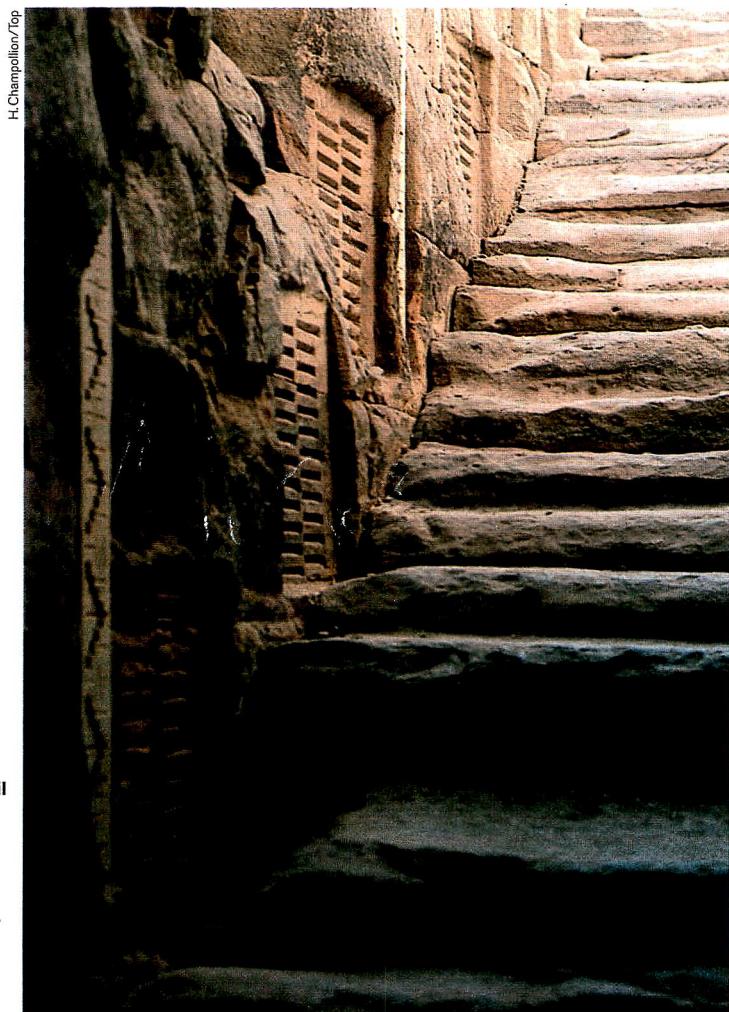
ou des envois de fax concernant les mesures relevées ou les anomalies détectées. En cas de nécessité, elle peut déclencher des actions d'urgence (ouverture ou fermeture de vannes ou de pompes, mise en œuvre de dispositifs d'alerte).

L'appareil est autonome, il peut fournir des millions de mesures et fonctionner plusieurs années sans maintenance ni entretien. Il analyse son propre fonctionnement et s'auto-vérifie. Il peut, en outre, détecter des pollutions en procédant à



D.R.

des mesures qualitatives et renseigner sur la profondeur d'envasement ou de sédimentation. Ultime avantage : malgré tous ces atouts, le coût du Nilomètre est identique à celui des matériels de mesure traditionnellement utilisés. G.M.



H.Champollion/Top

Le Nilomètre des anciens :
un escalier qui descendait jusqu'au Nil
et dont les marches mesuraient
la hauteur des crues. Aujourd'hui
(photo du haut), le Nilomètre est
une jauge électronique, reliée à une
centrale capable de commander
l'ouverture ou la fermeture de vannes.

38 candidats à la succession des réfrigérants classiques

● Tel est l'état du dernier inventaire dressé par le National Institute of Standards américain. Les propriétés de ces réfrigérants sont maintenant bien connues et c'est sans doute avec moins d'inquiétude qu'on peut affronter la suppression totale des CFC, prévue, aux Etats-Unis du moins, pour l'an 2 000.

AGRICULTURE

Pour fertiliser au plus juste

Un manque d'azote dans le sol entraîne un rendement et une qualité médiocres et donc une perte de revenu. Trop d'azote implique aussi une perte de revenu, mais par maladie, et, de surcroît, crée une pollution des eaux.

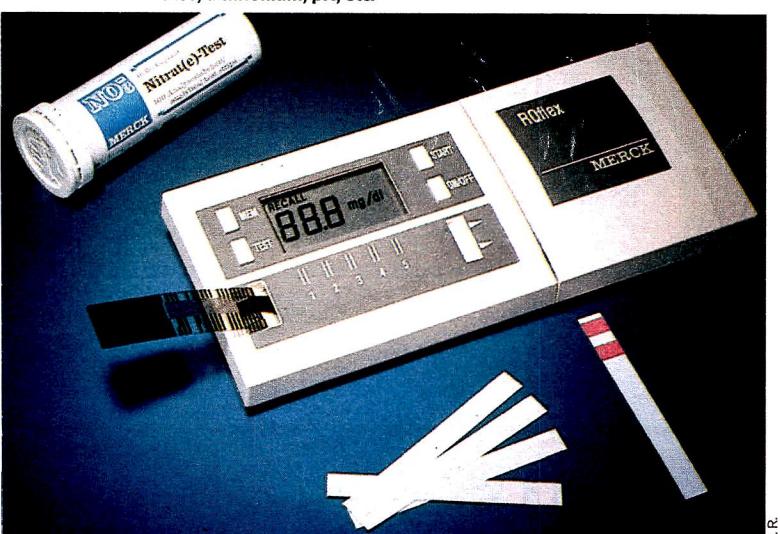
Il faut donc connaître la quantité précise d'azote nécessaire à l'amendement des cultures et, pour cela, mesurer cette substance dans le sol, les plantes et l'eau. Ce qui était, jusqu'à présent, plus facile à dire qu'à faire...

Chacun peut désormais, à volonté, effectuer cette analyse grâce au système Réflectomètre RQflex, mis

au point par les laboratoires Merck. Un matériel qui vient de remporter la médaille d'or du concours de l'innovation Intersima, organisé dans le cadre du Salon de l'agriculture.

Pour un budget abordable (environ 5 000 F pour une mallette comprenant le réflectomètre, les accessoires d'extraction, les instructions d'utilisation et le mode d'interprétation des résultats), ce nouvel outil permet de doser les nitrates, l'ammonium et les nitrites, mais également de nombreux autres paramètres (pH, cuivre, fer, vitamine C, calcium, potassium, zinc, etc.). Ce qui le rend également intéressant pour la surveillance de l'environnement ou le contrôle de la qualité dans l'industrie agro-alimentaire.

Le Réflectomètre RQflex permet de doser dans la terre nitrates, ammonium, pH, etc.



MATÉRIAUX

Du titane russe pour Airbus

Les industriels européens partenaires d'Airbus Industrie vont tester, pendant six mois, des pièces d'avion en titane et en alliage d'aluminium-lithium fournis par deux des principaux instituts russes de matériaux, le Viam et le Vils de Moscou.

Ce programme d'essais, qui représente un investissement de 1,5 million de dollars, a pour but de vérifier les caractéristiques exactes des métaux en question. Des pièces forgées, des tôles, des plaques et des profilés extrudés, d'un poids total de 3,5 tonnes, ont été fournis par les Russes. Si les essais se révèlent probants, les industriels européens utiliseront ces métaux pour la fabrication des Airbus.

L'industrie russe a acquis une excellente réputation dans le domaine du titane et des alliages aluminium-lithium, dont on estime qu'ils ont des caractéristiques supérieures aux produits occidentaux. De plus, elle dispose de moyens d'usinage uniques au monde, comme, par exemple, une presse verticale de 75 000 tonnes pour la fabrication de pièces en titane ou en aluminium-lithium de très grandes dimensions.

Enfin, la Russie est l'un des plus gros fournisseurs mondiaux de titane et elle pourrait vendre ce métal à des prix moindres que les fournisseurs occidentaux.

G.C.

Les traîtres WC d'Eurostar

● Problème "douteux", apparu aux essais sur l'Eurostar, qui desservira le tunnel sous la Manche (TSM) : quand le train entre dans une galerie ou croise un autre train, les dix-huit WC rejettent, du fait de l'onde de choc, des fûts de formaldéhyde bouillonnant...



Renault

L'assemblage tient salon

Il existe trois grandes techniques d'assemblage : l'assemblage mécanique, le soudage et le collage. Laquelle est la bonne ? Celle qui s'adapte le mieux, cas par cas, au problème posé. Mais, précisément, comment choisir ? Les industriels, notamment dans les PME, restent souvent perplexes (car mal informés) devant une décision pourtant fondamentale pour l'avenir de leurs produits. D'où l'intérêt du tout nouveau salon Euro-Assemblage, qui se tiendra du 16 au 20 mai au Parc des expositions de Paris-Nord-Villepinte. Il réunira pour la première fois les compétences, les machines et équipements, les composants et les industriels des différentes techniques de l'assemblage. Pour que les industriels ne choisissent plus "au petit bonheur la chance". Contact : Agnès Rosiek, tél : 1 49 68 54 78.

CONSTRUCTION

Un amortisseur entre le sol et son revêtement

Flexions, retraits, fluages : tout support de construction est soumis à des mouvements indésirables. C'est, en particulier, le cas des planchers en béton.

Quand les contraintes induites par les mouvements des éléments porteurs se font trop fortes, un brutal réajustement s'opère, créant alors des fissures, ou faisant se soulever et se superposer les carreaux qui recouvrent,

éventuellement, le plancher.

Le procédé Interkaro, que vient de mettre au point la société Siplast, consiste à poser une plaque entre le plancher et son élément porteur, ceux-ci se trouvant ainsi désolidarisés. Cette plaque, fabriquée dans un mortier de calcaire-bitume, encaisse les contraintes et évite ainsi leur transmission.

Ainsi peut-on poser du carre-

lage sur un support béton sans chape et non stabilisé. Les planchers, même de grand format, se posent à froid sur les plaques Interkaro, qui, elles-mêmes auto-adhésives, sont collées sur l'élément porteur. Tout déplacement horizontal est absorbé par une bande périphérique déformable.

A noter que cette innovation a été primée à l'occasion du dernier salon Bâtimat.

LIN

L'industrie fleur bleue

Si l'on parle lin, chacun pense fibre textile... Pourtant, la paille des tiges séchées de cette jolie fleur bleue et les déchets des filatures sont aussi aujourd'hui une matière première pour de multiples industries, de l'automobile au bâtiment.

A partir des tiges de quelques millimètres d'épaisseur, la société alsacienne Setral obtient des fibres aux propriétés analogues à celles des fibres minérales (amiante, fibre de verre, laine de roche) ou synthétiques (Kevlar), mais mille fois moins épaisses.

Toute l'astuce du procédé industriel, nommé Setralit, consiste à éliminer l'hétérogénéité des fibres végétales du lin (80 % de cellulose et d'hémicellulose, alliées à de l'eau, de la pectine, de la lignine, etc.) pour aboutir à des produits aux caractéristiques physiques constantes et définies, comme celles des fibres minérales ou synthétiques.

Les fibres sont d'abord isolées (le "rouissage" et le "teillage", procédés classiques, font place à des traitements plus directs, chimiques ou mécaniques), puis nettoyées, réduites et traitées chimiquement. Un grand nombre de procédés (sec,

mouillé, avec oxydation, pyrolyse, etc.) donnent une large gamme de fibres à usages multiples.

Certaines sont déjà incorporées aux mortiers, dont elles allongent la durée de vie en évitant les microfissures. D'autres se substituent à l'amiante, encore présent dans plus de 3 000 produits différents, bien que ses propriétés cancérogènes soient établies. A hauteur de 3 à 10 %, certaines fibres de lin Setralit entrent aussi dans la composition des plaquettes de freins. Aucun doute : de multiples matériaux composites posséderont demain des fibres de la petite fleur bleue. M.-L.M.



D.R.

L'Europe marchera dans l'espace

● **Ouf !** Après quatorze mois de réflexion, les Européens ont décidé de poursuivre leur programme autonome de vols habités. Après avoir été sérieusement remis en cause, ce programme vient de recevoir une nouvelle impulsion : les Etats membres de l'Agence spatiale européenne ont voté les crédits nécessaires pour les deux ans à venir.

MATÉRIEL MÉDICAL

Une nuit en quelques clichés

View Point est une petite société lyonnaise spécialisée dans l'analyse d'images pour l'étude des comportements d'animaux de laboratoires et des comportements humains. Elle vient de mettre au point une technique qui permet aux chercheurs étudiant les troubles du sommeil de gagner quelque

huit heures par expérience !

Le principe de Check'Som consiste à utiliser une caméra enregistrant par éclairage infrarouge les mouvements du patient. Ce dernier peut dormir sans être entravé par des capteurs, Check'Som détecte tous les mouvements significatifs intervenant au cours de la nuit, enre-

gistre les différentes positions du dormeur et garde les clichés intéressants, qui sont digitalisés et restitués sous forme d'images. Ainsi, contrairement à un enregistrement vidéo, qui nécessite de visionner huit heures d'enregistrement nocturne, Check'Som offre instantanément des clichés exploitables.

TÉLÉCOMMUNICATIONS

Dix canaux de télévision sur une ligne téléphonique ?

Ce serait étonnant, et c'est pourtant ce qu'annoncent les dirigeants d'une société d'électronique new-yorkaise, spécialisée dans la compression numérique. Il y a là de quoi faire bien des sceptiques quand on connaît le débit moyen d'une ligne téléphonique. Il reste, rappelons-le, absolument ridicule par rapport à celui que nécessite la transmission de signaux de télévision.

Le scepticisme est à tempérer. En effet, il n'est pas question de faire transiter des programmes télévisés sur de longues distances par l'intermédiaire d'une multitude de centraux électroniques mais, plus modestement, d'utiliser les câbles téléphoniques d'un point donné à un autre (à condition que la liaison soit directe) pour véhiculer des données numériques compressées.

Dans de telles conditions, le débit peut être bien supérieur à celui du

téléphone conventionnel, et, avec des algorithmes de compression, particulièrement travaillés tout de même, il devient effectivement possible de transmettre de la vidéo.

La compression altérera sans doute le signal d'origine, mais la qualité d'image finale devrait valoir celle d'un magnétoscope VHS. Il s'agit donc essentiellement d'une diffusion grand public, non aux normes professionnelles.

Néanmoins, ce type de transmission, les lignes téléphoniques assurant une communication dans les deux directions, permet d'envisager des programmes réellement interactifs : le téléspectateur utilisera alors soit le clavier de son téléphone, soit un boîtier spécialement conçu pour cet usage, afin de "dialoguer" avec le diffuseur.

Toujours aux dires des concepteurs du système, les câbles téléphoniques

comportant vingt-six lignes enterrées sous nos trottoirs pourraient véhiculer jusqu'à trente programmes télévisés interactifs simultanément. Un projet qui intéresse au plus haut point les responsables des grands réseaux américains tels que Bell Telephone ou Gulf & Western. H.P.P.

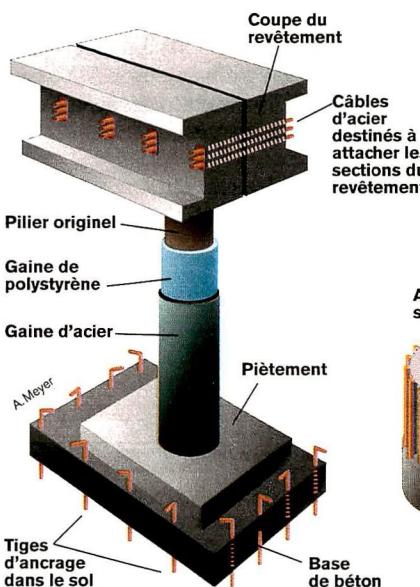
Le "lobby" des adolescents

● Selon une étude effectuée par l'organisme de crédit CETELEM, 43 % des achats des consommateurs sont influencés par l'avis des adolescents et des enfants. Les agences de publicité en tiennent le plus grand compte. Leurs messages, jugés attractifs par deux personnes sur trois, sont aussi considérés comme un moyen de pression par quatre personnes sur cinq.

CONSTRUCTION

Séquelles autoroutières du séisme de Los Angeles

Trois des artères autoroutières principales qui desservaient Los Angeles (sans parler des ponts) ont été gravement endommagées lors du tremblement de terre de janvier dernier. Une semaine après le séisme, les réparations ont été engagées. Mais elles ne seront achevées qu'en janvier 1995. Et s'il y avait, d'ici là, un nouveau séisme, tout pourrait être à recommencer... à moins qu'on ne modifie le mode de réparation et de construction des autoroutes. Et c'est ce qu'on a fait, comme en témoignent les schémas que voici. En résumé, on prévient la rupture des piliers existants et l'effondrement des sections d'autoroutes. L'exemple américain est assez intéressant pour mériter d'être reproduit.



La reconstruction des autoroutes de Californie introduit deux préventions de l'effondrement (détailées ci-contre) : rendre solidaires les sections du revêtement et renforcer les piliers de soutènement.

Ancien modèle : tiges d'acier sans support latéral

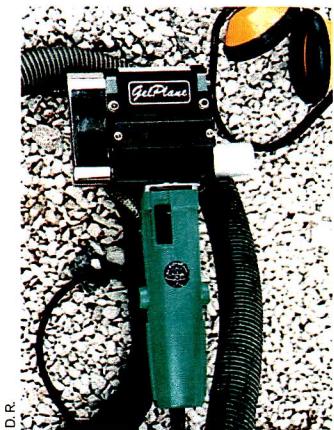


Nouveau modèle, avec cercles d'acier

DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations et les techniques présentées ici ne sont pas encore exploitées sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous

sélectionnons sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir", c/o Science & Vie, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.



Décapage haute performance

Quoi ? Ce rabot électrique portatif élimine les anciennes couches de gel protégeant les coques des bateaux en chantier pour entretien ou réparation. Il effectue ce travail en moins de la moitié du temps requis par les sableuses à main ou les meuleuses à disque.

Comment ? Le rabot possède une lame à réglage de profondeur de coupe qui produit une surface nette et unie. Cela facilite la pose d'une nouvelle couche de gel de résine

de l'épaisseur voulue.

Le rabot peut être équipé d'un extracteur qui aspire les copeaux et les dépose dans un récipient approprié en vue d'une destruction ultérieure.

Marché ? L'appareil peut aussi servir à la préparation des surfaces de verre-polyester des avions, plaigneurs et automobiles.

Pour qui ? La société qui a mis cet équipement au point recherche des agents en France.

Une peinture marine anti-salissure

Quoi ? Une peinture qui résiste aux agressions de la rouille et de la pollution. Cette peinture, rendant les coques des navires parfaitement lisses, entraîne une réduction de traînée, une augmentation de vitesse et une économie de carburant.

Comment ? La peinture Halcyon 5 000 présente une surface dure et glacée qui limite les problèmes de vieillissement et de dégradation dont souffrent les peintures anti-salissures courantes.

Les constituants actifs du support de polyuréthane qui composent l'Halcyon 5 000 ne se dissolvent qu'au point de contact avec les organismes marins. Ils ne sont biodégradables qu'à long terme.

Tant que la surface de la coque du navire reste vierge, la nouvelle peinture résiste donc aux agressions marines et chimiques.

Des essais réalisés sur un cargo de 180 000 tonnes ont démontré que, après douze mois de service, la couche d'Halcyon 5 000 était pratiquement intacte,

tandis que celle de peinture anti-salissure courante était entièrement dégradée.

Destinée aux bateaux à coque de bois, de verre-polyester ou d'acier de faible ou moyen tonnage, cette peinture supporte le brossage et le nettoyage au jet d'eau sous haute pression, et elle résiste aux rayons ultravioletts.

Pour qui ? La société qui fabrique l'Halcyon 5 000 recherche des agents en France.



Comment passer dans cette rubrique :

si vous avez conçu une innovation, adressez-en un descriptif à "Des marchés à saisir". Inspirez-vous de notre présentation. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo 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.



Secrets militaires en vente au rayon jouets

● Ceci est le prototype de l'avion hypersonique américain

Aurora. Il a coûté de 5 à 7 milliards de dollars au gouvernement. On peut en acheter le modèle réduit pour 10 dollars, soit quelque 60 F, dans les rayons jouets des grands magasins américains. Le Pentagone l'a admis avec quelque dépit. En 1986, le même fabricant de jouets, Testor Corporation, avait déjà vendu plus d'un million d'exemplaires du célèbre Stealth Fighter F 117, réputé, lui aussi, ultrasecret. Ils en ont de la chance, les enfants !

AGRICULTURE

Un tracteur pédagogique

Il se pilote comme un jouet mais ce n'est pas un gadget. Le lycée agricole d'Ahun, dans la Creuse, a mis au point un "tracteur pédagogique", avec commandes de sécurité pour le moniteur, qui permet aux élèves d'apprendre à conduire en situation réelle, et en toute sécurité. La législation française interdit aux jeunes de moins de 16 ans la conduite de tracteurs. Problème donc, dans les lycées agricoles, notamment pour les classes de CEMA (conduite et entretien de machines agricoles). Certains établissements ont aménagé des postes à double commande et double siège. Mais cette installation, très coûteuse, ne mettant pas l'élève en situation réelle, développe peu chez lui le sens de la responsabilité.

C'est tout différent avec le tracteur pédagogique, imaginé à Ahun par le professeur de machinisme et réalisé avec les élèves. Ce tracteur est équipé d'une télécommande.

Des casques émetteurs-récepteurs permettent à l'apprenti conducteur, installé seul dans la cabine, de dialoguer avec le moniteur, qui surveille la manœuvre de loin et peut stopper le véhicule grâce à la télécommande. Celle-ci agit sur l'embrayage et sur les freins. Une deuxième fonction, actuellement à l'étude, devrait permettre de piloter à distance le braquage des roues et le sens de la marche.

Le tracteur pédagogique a été financé en grande partie par l'Agence nationale de valorisation de la re-

cherche (ANVAR) et par la Délégation interministérielle à la sécurité routière. Le véhicule a été acheté d'occasion pour 30 000 F et retapé par les élèves, les équipements annexes (verrins, système hydraulique, télécommande, casques...) ont, eux, coûté 15 000 F.

Cette expérience a une autre rebondie positive : elle a donné l'esprit d'entreprise aux élèves d'Ahun, qui espèrent maintenant commercialiser l'invention auprès d'autres lycées agricoles et cherchent même à l'adapter à diverses machines. O.J. ■

Grâce à la télécommande, le moniteur peut, à tout moment, stopper le tracteur.



Ont collaboré à cette rubrique :
Germain Chambost, Olivier Jacquinot,
Gerald Messadié, Marie-Laure
Moinet, Atta Oloumi
et Henri-Pierre Penel.

comment ÇA MARCHE

Le laser

Il y a moins de trente ans, le laser était encore un montage expérimental de laboratoire ; aujourd'hui, il est à la base de la haute-fidélité musicale avec le disque compact, de la haute définition avec le vidéodisque et de l'animation lumineuse des discothèques. Et, en plus, ce fil de lumière coupe l'acier, lit les codes barres et répare la rétine.

Depuis la dernière guerre, et malgré la mise en service des grands accélérateurs de particules ou la découverte des quarks et des trous noirs, il n'y a eu que deux inventions majeures qui aient compté dans la vie courante : le transistor et le laser.

Le premier date de 1948, il a remplacé toutes les lampes radio et mené aux circuits intégrés de l'informatique et des caméscopes.

Le second, mis au point en 1960, fut très vite connu comme un fil intense de lumière rouge qui s'étirait tout droit au loin sans rien perdre de son éclat. Il mit plus de temps que le transistor à entrer dans le domaine public et fut d'abord un outil de laboratoire d'une remarquable précision. Il y a quinze ans, il n'était toujours pas très loin de ce stade puisque le plus modeste laser à rubis coûtait encore l'équivalent de 10 000 F actuels – mais on pouvait quand même en acheter un, ce qui était un premier pas vers la grande diffusion commerciale.

Aujourd'hui, il y a pratiquement un laser par famille, celui du lecteur de disque compact ; on en trouve aussi à toutes les caisses des supermarchés pour lire les codes barres des produits. Pour le moment, les autres utilisations restent plus du domaine industriel : découpe et façonnage en métallurgie, contrôle des montages optiques, télémètres en géodésie, émetteurs des télécom-

munications par fibres optiques, et ainsi de suite.

On sait de même que le faisceau laser sert en chirurgie et, dans le domaine opposé, qu'il constitue une arme efficace contre tous les systèmes électroniques adverses. En fait, il n'est pas une technique qui n'y ait recours d'une manière ou d'une autre. Cela peut sembler étonnant dans la mesure où il ne s'agit jamais que d'un rayon lumineux analogue à ceux dont le Soleil nous gratifie depuis des millénaires. Analogue, mais pas identique : tout l'intérêt est là.

Par rapport à la lumière "standard", celle du Soleil, des étoiles, des bougies ou des lampes électriques, la lumière émise par un laser possède l'immense avantage d'être constituée d'ondes qui ont toutes la même fréquence et sont en phase. Le rayonnement se trouve donc à la fois concentré et canalisé ; en ce qui concerne la distribution de l'énergie, on pourrait comparer la lumière ordinaire à une immense cour de récréation où des milliers d'enfants de tous âges et de toutes tailles s'ébattent librement et courent en tous sens. En quelque endroit qu'on se place, on en prend toujours un dans les jambes : l'énergie est distribuée de manière incohérente, inégale – le poupon de la maternelle n'a pas la même puissance de choc qu'un balèze de 17 ans lancé derrière un ballon de foot – et dans toutes les di-

rections. Arrive un adjudant de la bonne école qui commence par sélectionner tous les individus d'une même taille avant de les mettre en rang et au pas cadencé : c'est cela l'émission laser, une colonne en marche où pas une tête ne dépasse, avançant en ligne droite au même rythme.

On conçoit facilement que la force ainsi canalisée soit autrement efficace qu'une agitation dispersée. Insistons bien sur le pas cadencé qui traduit assez exactement les deux caractéristiques majeures du faisceau laser : même fréquence, et concordance de phase. Tout le monde peut marcher au pas, mais certains iront d'un petit pas pressé et d'autres à grandes enjambées plus lentes : le rythme de marche, qui correspond à une fréquence, va être différent d'une personne à une autre. Pour qu'il y ait même fréquence, il faut que le temps mis pour passer d'un pied sur l'autre soit exactement le même pour tous.

En ce cas, on aura alors une collection d'individus marchant tous au même rythme (fréquence identique), mais ils ne seront pas en phase pour autant : à l'instant où l'un est en appui sur le pied droit et lève le pied gauche, un autre décolle le pied droit tandis que le troisième s'apprête à poser le gauche ; il en va de même pour tous les autres, aucun n'étant en synchronisme – ou alors, il n'y en a que deux ou trois qui le sont par un pur hasard.

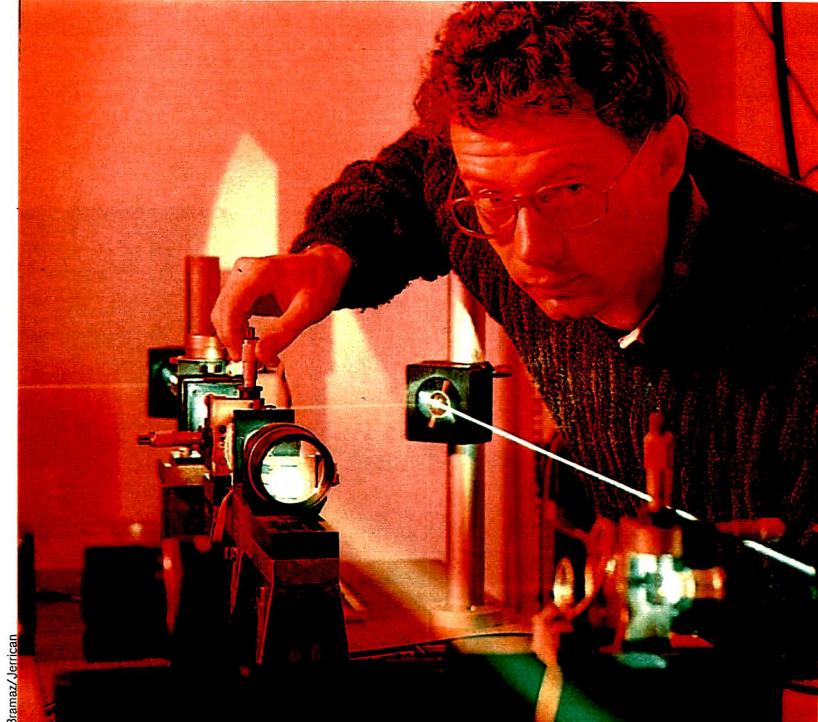
Pour qu'il y ait concordance de phase, il faut que chacun pose le pied droit au même instant que le voisin, lève et avance le pied gauche du même mouvement que tous les autres, et ainsi de suite dans des intervalles de temps égaux : l'adjudant ne voit qu'une tête et n'entend qu'un seul pied frapper le dallage en parfait synchronisme. C'est la colonne en

marche : peu importe dans quel but et vers quelle destination elle marche, sa force réside dans sa cadence et son alignement.

Il en va de même avec les rayons lumineux qui ont cette particularité d'être de nature ondulatoire, donc de se propager avec une certaine cadence ; celle-ci étant plus rapide que le pas du chasseur alpin, on parle de fréquence, mais le phénomène fondamental de processus rythmé reste le même. Nous l'avons dit, la lumière naturelle est semblable à une foule dense qui déambule sur un vaste espace : le rayonnement est émis au hasard, et de façon inégale : il y a toutes sortes de fréquences – les couleurs – circulant en ordre dispersé dans toutes les directions.

Reste à mettre au pas et en colonne tous ces rayons baladeurs peu enclins à une bonne discipline de marche. Pour commencer, il faut rappeler que la lumière ne sort pas du vide, mais de la matière et, pour être plus précis, des atomes. Si on pousse la recherche plus loin, on constate que la lumière est émise quand des électrons au sein de l'atome tombent d'une orbite haute sur une orbite basse. De manière plus exacte, on ne parle d'ailleurs plus d'orbites, mais de niveaux d'énergie par rapport au noyau autour duquel se meuvent les électrons : plus ils en sont loin, plus leur niveau d'énergie est élevé.

De ce fait, on peut parler d'atomes de haute et basse énergie, ou d'atomes excités pour le premier cas. Ceux qui sont à un niveau bas peuvent être excités et monter à un niveau supérieur par suite d'une agitation thermique (lumière des flammes) ou sous l'effet d'un rayonnement qui peut être corpusculaire ou électromagnétique. Il faut donc leur apporter de l'énergie. Mais l'atome excité est dans un état instable, et les



D'abord outil de laboratoire...

... comme sur cette photo, le fil lumineux du laser est ensuite devenu un élément de spectacle dans les discothèques et un lecteur de disques vidéo et musicaux.

électrons retombent très vite d'eux-mêmes à leur niveau d'équilibre. Or, quand un électron retombe à un niveau inférieur, il restitue une partie de l'énergie reçue en émettant un rayonnement électromagnétique qui peut être dans la gamme de fréquences de la lumière visible. Mais cette retombée des électrons se fait au hasard et à partir de niveaux d'énergie qui ne sont pas tous les mêmes.

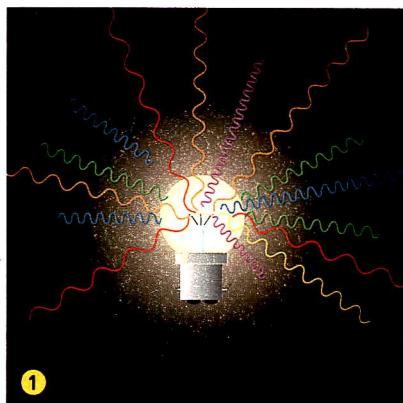
De ce fait, dans tout processus de luminescence, les nombreux atomes excités émettent de la lumière de manière indépendante, et sur une vaste plage de fréquences : le rayonnement émis comporte toutes sortes de couleurs, et les ondes ne sont pas en phase – elles ne sont ni au même pas ni à la même cadence.

Les premiers qui entrevirent le moyen de les mettre au pas furent les américains Townes et Schawlow. Ils en décrivirent le principe théorique en 1958. Leur proposition reposait sur le fait suivant : si un rayonnement

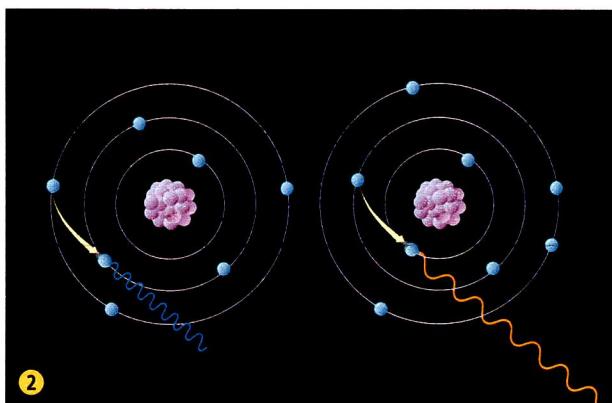
correspondant à son niveau d'énergie vient frapper l'atome durant le bref instant où il est excité, celui-ci est stimulé pour émettre une radiation qui est en phase avec l'onde qui l'a touché – d'où le terme de laser : *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement). Dans ce processus, le rayon incident fait retomber l'électron qui émet alors un rayonnement accordé à ce rayon incident.

Cette émission renforce l'onde qui a déclenché le phénomène et, pour peu que celle-ci touche une multitude d'atomes excités sur son passage, il en résulte un faisceau très intense fait de lumière totalement cohérente – c'est-à-dire un rayonnement ayant une seule fréquence bien définie et dont toutes les composantes sont en phase. Il ne reste plus qu'à les faire aller toutes dans la même direction.

Pour cela, T. H. Maiman, qui fut le premier à réaliser un laser en



1



2

suite de la page 133

1960, utilisait un cylindre de rubis synthétique dont une face était argentée pour être complètement réfléchissante, l'autre face étant semi-transparente ; le rubis est un cristal d'oxyde d'aluminium renfermant un peu de chrome. L'écart entre les deux faces doit être un multiple de la demi-longueur d'onde du rayonnement émis par les atomes de chrome excités, de sorte que le montage forme une cavité résonante pour ce rayonnement.

En envoyant dans ce cristal un rayonnement bref et puissant, on obtient une inversion de population : au lieu d'avoir le plus grand nombre d'électrons à tel niveau bas et un petit nombre à tel niveau haut – état normal –, on obtient l'inverse. Le rayonnement qui apporte l'énergie nécessaire pour avoir cette inversion est donné par un tube à décharge enroulé autour du cristal. La fréquence verte de ce rayonnement, correspondant à la bande d'absorption du rubis, porte les ions chrome de ce cristal au niveau excité voulu.

Mais cet état instable ne dure pas et la majorité des électrons retombe à un niveau intermédiaire. De là, une partie d'entre eux retombe plus bas encore, au niveau de départ ; durant cette transition, ils émettent une lumière rouge qui va osciller entre les

Une ampoule : de l'énergie dispersée

Du filament partent toutes sortes de couleurs, émises en ordre dispersé et sans aucune cohérence 1. Cela vient de ce que la lumière qui est émise quand un électron retombe d'une orbite haute provient d'une multitude d'électrons descendant au hasard de tous les niveaux possibles 2.

deux faces du cristal et qui, ayant la fréquence convenable, va stimuler la retombée au niveau le plus bas de tous les autres électrons. Il y a là un effet boule de neige, ou réaction en chaîne.

Quand l'énergie lumineuse ainsi restituée excède l'énergie qui est perdue en traversant le cristal, le montage entre en résonance et un flash intense de lumière rouge sort en ligne droite par la face semi-réfléchissante. On a donc atteint le but souhaité : des ondes de même fréquence, marchant au même pas, allant dans la même direction, celle définie par la perpendiculaire aux deux faces parallèles argentées (à l'intérieur du cristal, la lumière oscille en effet entre ces deux faces).

Pendant longtemps, le laser en rubis de ce type a été l'outil de base de l'émission lumineuse cohérente. Il avait toutefois un inconvénient : l'énergie nécessaire pour déclencher l'inversion de population était si élevée qu'elle ne pouvait être apportée que par un tube à décharge, lequel ne donne par principe même que des éclairs. A chaque décharge, on avait un flash de lumière rou-

ge cohérente, mais l'émission restait discontinue.

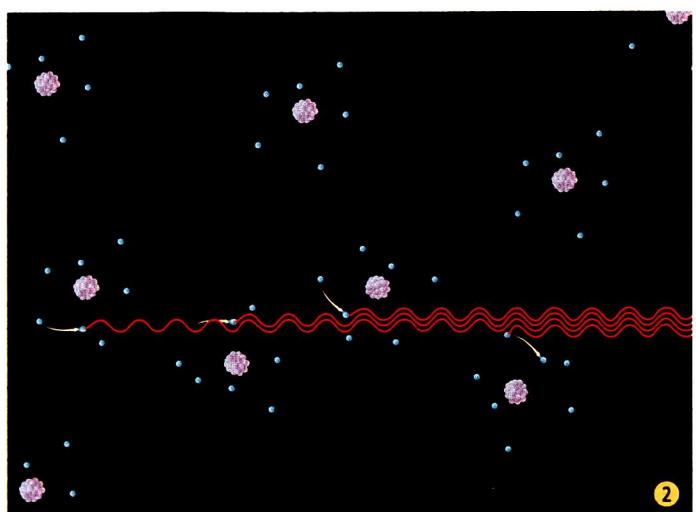
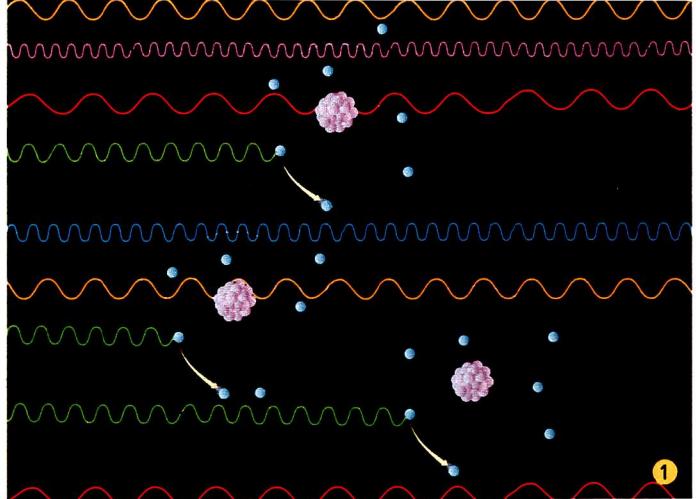
Toutefois, comme le prouve l'existence même des tubes à décharge, le passage d'un courant électrique dans un gaz peut suffire à donner de la lumière (*Science & Vie* n° 915, p. 140, et n° 916, p. 126). Autrement dit, le champ électrique peut lui aussi remonter les électrons sur des orbites plus hautes d'où ils retomberont en émettant un rayonnement électromagnétique qui peut être dans le domaine du visible.

Le principe reste identique, à savoir bâtir une cavité résonnante avec deux faces réfléchissantes, entre lesquelles on fera une inversion de population grâce à un apport d'énergie en continu fourni par un courant électrique. Le milieu situé entre les deux miroirs, dont l'un est toujours semi-réfléchissant pour laisser sortir le rayon, peut être un solide comme dans le cas du corindon, mais aussi un liquide ou un gaz. C'est cette dernière formule qui est la plus utilisée : gaz carbonique pour les lasers de grande puissance, mélanges hélium-néon ou argon-krypton pour les moyennes puissances.

En revanche, les diodes laser utilisées pour la lecture des disques compacts ou des vidéodisques sont à résonateur solide, en l'occurrence une jonction plate de deux semi-conducteurs à base de gallium dans laquelle le passage du courant déclenche l'inversion de population. Ces diodes sont de faible puissance et émettent en général dans l'infrarouge, mais on sait en faire qui donnent aussi du rouge visible. A noter, d'ailleurs, que, malgré l'image qu'on en garde, le faisceau laser n'est pas fatidiquement rouge : il y en a qui émettent dans le vert, dans le bleu et même dans l'ultraviolet.

Contrairement à ce que l'on croit souvent, le laser n'a aucune forte puissance intrinsèque ; en fait, il ne restitue qu'une partie de l'énergie qu'il consomme. Mais cette énergie est retournée, si l'on peut dire, sur une pointe d'épingle, et c'est cela qui en fait tout l'intérêt. Un coup de marteau sur un madrier de chêne fait une marque et rien de plus ; mais ce même coup de marteau enfonce nettement un clou dans le bois parce que l'énergie du coup se trouve concentrée dans la pointe du clou.

De même, une lampe de 100 W rayonne d'une énergie appréciable, mais qui est complètement dispersée dans toutes les directions et qui forme comme une enveloppe sphérique s'enflant indéfiniment, sans cesse plus ténue à mesure qu'elle s'éloigne du filament. Quand cette même énergie reste concentrée en un mince trait, celui d'un faisceau laser, toute surface qu'elle touche reçoit les 100 W sur une tête d'épingle, et



Dessin A. Meyer

Inversion de population

L'arrivée d'un rayonnement puissant fait remonter tous les électrons d'un niveau donné jusqu'au niveau supérieur instable ①.

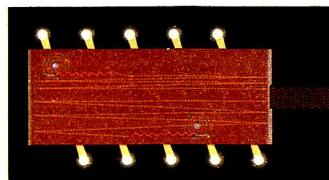
Le premier qui retombe spontanément émet une fréquence bien précise qui, lorsqu'elle touche un autre électron de même niveau, le fait descendre aussi avec émission de la même fréquence en phase. Cet effet boule de neige fait retomber tour à tour tous les électrons avec émission d'un intense rayonnement cohérent ②.

on a exactement le même effet que le coup de marteau : le rayon s'enfonce dans le matériau.

Bien entendu, l'effet pratique dépend de la puissance du rayon et de la solidité du matériau. D'autre part, contrairement au clou, le rayon est immatériel et son énergie au point d'impact se

transforme surtout en chaleur : cela explique l'utilisation du laser en soudage et en découpage. Avec des puissances minuscules, il n'y a plus d'effet destructif, et on se sert alors des propriétés optiques du rayon – même fréquence et cohérence – pour contrôler les surfaces, vérifier les alignements en géodésie ou en génie civil, balayer un réseau de codes barres ou suivre les trous microscopiques des disques compacts.

Laser à rubis. Le flash (en jaune) enroulé autour du cristal sert à déclencher l'inversion de population ; le rayonnement dû à la chute de quelques électrons stimule la chute de tous les autres.



LE MOIS PROCHAIN :
Magnétophone et magnétoscope

ELECTRONIQUE amusante

Un repousse-chiens à ultrasons

Le montage que nous vous proposons ce mois-ci nous a été demandé par de très nombreux lecteurs. Son but est d'écartier les chiens livrés à eux-mêmes, qui peuvent devenir une gêne lors d'une promenade à la campagne, par exemple. Cette fonction est assurée par l'émission d'un très puissant sifflement dans les fréquences proches de l'ultrason. Signalons immédiatement que l'usage de cet appareil n'est pas totalement anodin et appelle quelques remarques. Il faut, entre autres, éviter impérativement de l'utiliser à proximité de jeunes enfants et, surtout, de laisser jouer ceux-ci avec cet appareil.

En effet, les enfants sont beaucoup plus sensibles que les adultes aux fréquences élevées, et le seuil de douleur est très rapidement dépassé. Une exposition dans l'axe du faisceau ultrasonore et à faible distance peut entraîner une violente douleur et, si l'expo-

sition se prolonge, migraine, vomissement, voire une lésion de l'oreille interne. Après cette mise en garde, passons à la réalisation de notre montage.

Pour le diffuseur, nous utiliserons un tweeter piézo-électrique. Ce type de haut-parleur possède, en effet, un excellent rendement dans les extrêmes aigus, tout en supportant une puissance élevée, et il convient donc parfaitement à notre application. Le seul problème que nous rencontrons pour atteindre la puissance souhaitée réside dans la valeur de la tension à appliquer au tweeter. L'utilisation d'un transformateur résoudra ce problème.

Comme les caractéristiques que nous souhaitons lui attribuer ne sont pas courantes pour les produits du commerce, le plus simple est d'en réaliser un.

Pour ce faire, il faut acquérir un "pot-ferrite", armature en ferrite destinée à recevoir le bobinage, et une dizaine de mètres de fil émaillé

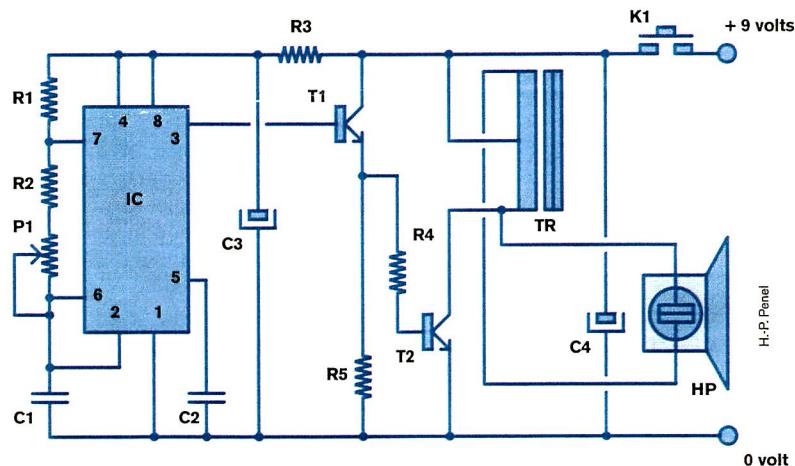
de 50 centièmes de millimètre de diamètre. On commencera par bobiner 100 spires puis, en laissant dépasser une dizaine de centimètres de fil, on terminera le bobinage, toujours en tournant dans le même sens, par 200 autres spires. On aura ainsi réalisé un transformateur à "point milieu". Pour souder le fil émaillé, il faut décaper le vernis dont il est enduit ; le plus simple est d'utiliser du papier de verre. Les deux fils issus du point milieu seront soudés ensemble et connectés au + 9 volts. Celui qui correspond au début de bobinage, donc à l'enroulement des 100 premières spires, est connecté au collecteur du transistor de puissance. Les fils de raccordement du tweeter sont issus des points extrêmes du transformateur. Le premier est donc également soudé au collecteur du transistor, le second l'est sur le fil restant libre du transformateur.

Il est parfois difficile de se procurer un pot-ferrite. On peut, éventuellement, le remplacer par la carcasse d'un petit transformateur que l'on aura débobiné. Néanmoins, l'armature des transformateurs secteur n'est pas adaptée pour fonc-

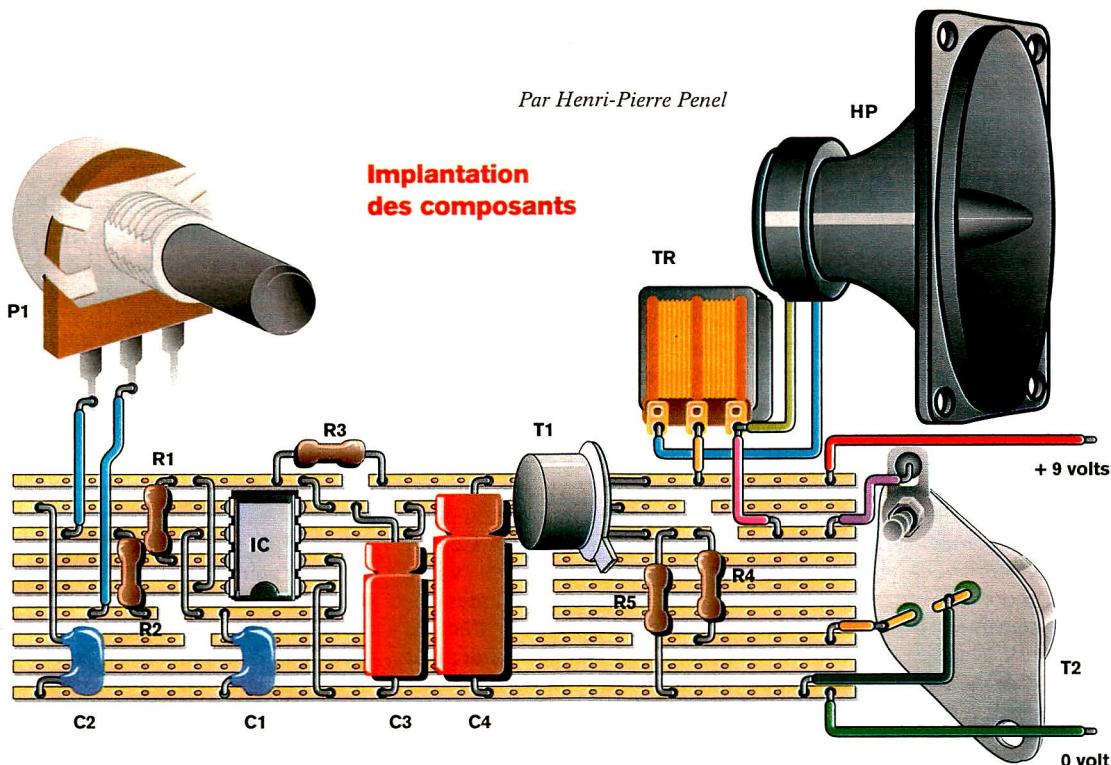
NOMENCLATURE

R1 =	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R2 =	3,3 kilohms	(orange, orange, rouge, or)
R3 =	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R4 =	47 ohms	(jaune, violet, noir, or)
R5 =	470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
P1 =	potentiomètre 2,2 kilohms	
K1 =	bouton-poussoir	
C1 =	4,7 nanofarads	
C2 =	1 nanofarad	
C3 =	47 microfarads 12 volts	
C4 =	2 200 microfarads 12 volts	
IC =	NE 555	
T1 =	2N 1711	
T2 =	2N 3055	
HP =	Tweeter piézo-électrique	
Pour la réalisation de TR :		
Dix mètres de fil émaillé 50/100 mm		
Un pot-ferrite		

Schéma électrique



Implantation des composants



tionner à de telles fréquences. Ce fait occasionne une forte perte de rendement. En revanche, les téléviseurs comportent de nombreux petits transformateurs destinés à travailler sous des fréquences de l'ordre de 16 000 Hz. Ils conviennent donc parfaitement à cette nouvelle utilisation. Une visite dans une décharge peut s'avérer intéressante...

Le transformateur ainsi réalisé est alimenté par un transistor de forte puissance travaillant en commutation. C'est-à-dire qu'il se comporte à la manière d'un relais ou, plus exactement, du rupteur de l'allumage d'une ancienne voiture, en envoyant des impulsions.

Au niveau du transformateur, nous profitons ainsi d'un double effet en ce qui concerne l'élévation de la tension. D'une part, le transformateur agit en tant que tripleur de tension et, d'autre part, par effet selfique, il fournit des impulsions d'une amplitude beaucoup plus grande que les 9 volts de nos piles. De la sorte, l'amplitude du signal appliquée aux bornes du tweeter est de l'ordre de 80 volts crête à crête.

OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

- MAGNETIC FRANCE,
11 place de la Nation, 75011 Paris.
Tél. : 1 43 79 39 88.
- PENTASONIC, 10 bd Arago,
75013 Paris. Tél. : 1 43 36 26 05.
- TSM, 15 rue des Onze-Arpents,
95130 Franconville.
Tél. : 1 34 13 37 52.
- URS MEYER ELECTRONIC,
2052 Fontainemelon, Suisse.

Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux

Précisons que cette valeur peut fortement varier en fonction de la fréquence de fonctionnement choisie. En effet, le tweeter se comporte comme un condensateur, son impédance décroît au fur et à mesure que la fréquence augmente. Il est donc normal que, à puissance dissipée identique, la tension qui l'alimente chute.

Le câblage de cette réalisation ne doit pas poser de problème particulier. Il faudra simplement prendre soin, comme toujours, de respecter le brochage des transis-

tors et du circuit intégré et veiller à bien couper les bandes conductrices de la plaquette aux emplacements mentionnés sur le schéma d'implantation des composants.

Pour l'alimentation de notre repousse-chiens, étant donné la consommation ponctuelle relativement importante de celui-ci, nous avons opté pour l'utilisation de piles 1,5 volts montées en série. En effet les piles 9 volts miniatures ne sont pas en mesure d'assurer un courant suffisant pour l'émission d'un sifflement continu d'intensité constante.

Enfin, il reste le réglage final. La fréquence générée par le NE 555 est ajustable, grâce à la présence du potentiomètre, de 14 kHz à 24 kHz environ. Il suffit donc d'agir sur le potentiomètre, tout en appuyant régulièrement sur le bouton-poussoir de mise en route, jusqu'à obtenir un son à la limite du perceptible.

LE MOIS PROCHAIN :
Un expander de dynamique

INFORMATIQUE amusante

Jouons aux capucins

Nous vous proposons ce mois-ci un petit logiciel très court et extrêmement simple. La raison essentielle de ce choix est... de libérer de la place pour le questionnaire que nous vous proposons ci-contre ! Néanmoins, étant donné le faible nombre de lignes que comporte ce programme, il constitue un premier contact excellent pour ceux d'entre vous qui n'auraient pas encore tenté de programmer leur machine, rebutés par la longueur de la saisie.

Cela dit, venons-en au but du jeu. Tout le monde connaît les capucins : une publicité pour le sucre en est, d'ailleurs, une superbe illustration. Généralement, ce "sport" se pratique à l'aide de dominos. On commence par les placer à la queue leu-

leu sur la tranche puis on fait basculer le premier domino de la colonne ainsi formée. Les dominos basculent en cascade, les uns après les autres.

Le but de notre jeu est légèrement différent. Il ne s'agit pas de faire tomber les dominos mais, au contraire, de réussir à en placer un certain nombre en position verticale sur l'écran. Cependant, pour contrarier votre tentative, dès que quelques dominos sont placés sur l'écran, l'ordinateur envoie perfidement un "poussoir" qui vient renverser la colonne.

Tout est alors à recommencer, d'autant que seuls les dominos verticaux sont pris en compte pour le score final. Précisons que seuls les dominos se cōtoyant transmettent un effon-

drement en série. On peut donc se ménager des zones de sécurité en laissant des emplacements vides, de loin en loin, dans la colonne. Enfin, ce jeu est muni de dix niveaux de difficulté, de 0 à 10 : 0 correspond au niveau le plus facile, 10 au plus difficile. En fin de partie, l'ordinateur indique le nombre total de dominos utilisés, c'est-à-dire ceux qui sont présents sur l'écran plus ceux qui, après avoir été renversés, ont été remis en jeu.

Il s'agit donc d'aligner le nombre convenu de dominos, tout en en utilisant un minimum. Cette règle établie, passons à l'écriture du programme. Comme on peut s'en douter, afin de gérer convenablement le jeu, l'ordinateur devra en permanence connaître l'état de chaque point de l'écran. Afin de simplifier cette opération, nous créerons son double en mémoire sous forme

```
10 CLS : SCREEN 7: CLEAR : RANDOMIZE TIMER
20 REM ****
30 REM *   Page de présentation. *
40 REM ****
50 DIM E(22, 32): DIM Y(33)
60 LOCATE 15, 9: PRINT "capucins"
70 FOR I = 1 TO 22
80 LOCATE I, I + 10: PRINT CHR$(46)
90 NEXT I
100 FOR A = 1 TO 22
110 LOCATE A, A + 10: PRINT CHR$(2)
120 FOR T = 1 TO 500: NEXT T
130 LOCATE A, A + 10: PRINT CHR$(221)
140 NEXT A
150 FOR W = 1 TO 9
160 LOCATE 1, W: PRINT " "; CHR$(1)
170 FOR T = 1 TO 200: NEXT T
180 NEXT W
190 FOR B = 1 TO 22
200 LOCATE B, B + 10: PRINT CHR$(220)
210 FOR T = 1 TO 300: NEXT T
220 NEXT B
230 LOCATE 1, 15: PRINT "Choisissez votre niveau"
240 LOCATE 3, 20: INPUT "(de 0 à 10)": N
250 IF N < 0 OR N > 10 THEN LOCATE 3, 20:
    PRINT STRINGS(20, 32): GOTO 240
260CLS : XJ=15: YJ=20: SC=-N: V=10: WD=1: ST=0: TW=0
270 FOR D = 1 TO 32: MH = 1 - INT(RND * 3)
280 V = V + MH
290 IF V > 22 THEN V = 22
300 IF V < 1 THEN V = 1
310 Y(D) = V
320 LOCATE V, D: PRINT CHR$(46): E(V, D) = 46
330 NEXT D
340 DJ = E(YJ, XJ)
350 IF DJ = 0 THEN LOCATE YJ, XJ: PRINT CHR$(2)
360 IF DJ = 46 THEN GOSUB 550
370 LET K$ = INKEY$
```

```
380 XJ$ = XJ: YJ$ = YJ
390 IF K$ = "4" THEN XJ = XJ - 1: IF XJ < 1 THEN XJ = 1
400 IF K$ = "6" THEN XJ = XJ + 1: IF XJ > 32 THEN XJ = 32
410 IF K$ = "8" THEN YJ = YJ - 1: IF YJ < 1 THEN YJ = 1
420 IF K$ = "2" THEN YJ = YJ + 1: IF YJ > 22 THEN YJ = 22
430 IF SC > 5 THEN GOSUB 610
440 IF SC = 10 THEN GOTO 470
450 IF DJ = 0 AND K$ <> "" THEN LOCATE YJ, XJ: PRINT
CHR$(32): E(YJ, XJ) = 0
460 GOTO 340
470 LOCATE 20, 2: PRINT "BRAVO !": ST; "dominos utilisés"
480 LOCATE 22, 2: PRINT "Pour une autre partie taper P."
490 K$ = INKEY$
500 IF K$ <> "P" AND K$ <> "p" THEN GOTO 490
510 GOTO 10
520 REM ****
530 REM * Sous-routine affichage dominos. *
540 REM ****
550 LOCATE YJ, XJ: PRINT CHR$(221): E(YJ, XJ) = 221
560 SC = SC + 1: ST = ST + 1
570 RETURN
580 REM ****
590 REM * Sous-routine effacement dominos *
600 REM ****
610 LOCATE Y(WD), WD: PRINT CHR$(1)
620 TW = TW + 1: IF TW = 80 - (3 * N) THEN TW = 0
630 IF TW <> 0 THEN RETURN
640 WF = WD
650 P = E(Y(WD), WD)
660 WD = WD + 1: IF WD > 32 THEN WD = 1
670 IF P = 46 THEN GOTO 710
680 LOCATE Y(WD - 1), WD - 1: PRINT CHR$(220)
690 SC = SC - 1: FOR T = 1 TO 500: NEXT T
700 GOTO 650
710 FOR T = WF TO WD - 1
720 LOCATE Y(T), T: PRINT CHR$(46): E(Y(T), T) = 46
730 NEXT T
740 RETURN
```

d'un tableau dimensionné "E\$". Ensuite, l'ordinateur exécute une petite animation correspondant à la page de présentation du jeu. Cette dernière, purement illustrative, n'intervient en rien dans la suite du programme. Cette présentation terminée, la machine demande le niveau de jeu souhaité, qui lui est fourni par l'intermédiaire de l'instruction INPUT. Un test, placé à la ligne suivante, vérifie que la valeur frappée au clavier est bien comprise entre 0 et 10. En cas contraire le programme demande une nouvelle saisie. Dès que la valeur est incluse dans la fourchette, le programme débute.

La première opération consiste à placer, sur l'écran, les points où seront les dominos. Afin que ce "parcours" varie d'une partie à l'autre, nous tirerons la position de chaque point de manière aléatoire, puis nous la mémoriserons dans le tableau de valeurs "Y". Ensuite, une série de variables sont initialisées. XJ et YJ correspondent aux coordonnées horizontales et verticales du joueur, V est la position verticale de départ sur le parcours, WD concerne le "poussoir" et ST le nombre de dominos utilisés. Le reste du programme fait appel à des tests sur le contenu de l'écran.

L'utilisation de ce programme est des plus simples. Pour déplacer le pointeur du joueur, il suffit d'utiliser les touches 4, 2, 6 et 8. Dès que ce pointeur passe sur un point du parcours, un domino vertical apparaît. Pour le poussoir, nulle intervention n'est nécessaire. C'est l'ordinateur qui prend en charge sa mission destructrice. ■

ORIENTEZ VOTRE RUBRIQUE :

Comme le prouve le très abondant courrier que nous recevons régulièrement, vous êtes nombreux à vous intéresser à la programmation. Jusqu'à présent, les logiciels que nous vous avons proposés sont écrits en Basic. Signalons à ce propos que la numérotation des lignes a pour objet de permettre leur exécution directe, donc sans aucune modification, tant en GW Basic qu'en Q Basic. Nous avons retenu ces langages car ils sont directement disponibles en version de base sur la grande majorité des PC ou compatibles. Le Q Basic, compilable, est livré avec Windows, quant au GW Basic, il fait quasiment toujours partie de la configuration de base des appareils fonctionnant uniquement sous DOS. Il est ainsi possible à tout possesseur d'un PC de s'initier à la programmation sans avoir à investir dans un logiciel particulier.

Néanmoins, certains lecteurs ont émis le désir que nous passions en Turbo Pascal. Et, tant qu'à répondre à vos souhaits, profitons-en pour faire un tour d'horizon de l'orientation générale de cette rubrique... D'où le petit questionnaire suivant, auquel nous souhaiterions que vous répondiez, soit en le découplant, soit en le recopiant sur papier libre. D'autre part, certains lecteurs souhaiteraient que nous proposions dans ces colonnes des applications autres que de purs logiciels.

Cette évolution passerait par la réalisation d'une petite interface à connecter sur le port imprimante de l'ordinateur et qui permettrait de piloter divers appareillages. De telles applications avaient déjà été décrites dans nos pages sous l'appellation d'informatique pratique. Cependant, à l'époque, les interfaces proposées étaient conçues pour fonctionner sur des ordinateurs tels que ZX Spectrum Sinclair ou MO 5 Thomson et ne sont donc absolument pas compatibles PC. Souhaiteriez-vous donc voir réapparaître de telles réalisations ?

Enfin, toutes vos suggestions sont les bienvenues. Merci d'avance de bien vouloir nous faire parvenir vos réponses à l'adresse indiquée en fin de questionnaire.

POUR LE LANGAGE :

Je suis satisfait du Basic : OUI NON
Je préfère le Turbo Pascal : OUI NON
Autre langage :

LOGICIELS (NUMÉROTER PAR ORDRE DE PRÉFÉRENCE) :

Les jeux d'arcade :
Les jeux de réflexion :
Les jeux de simulation :
Les utilitaires :
Autres :

INTERFACER DES DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES

sur mon ordinateur m'intéresse : OUI NON

Science & Vie

A l'attention de Henri-Pierre PENEL
Rubrique "Informatique amusante"
1, rue du Colonel-Pierre-Avia
75503 Paris Cedex 15

LE MOIS PROCHAIN :
Jouons au bowling



Les empreintes digitales des molécules

Jusqu'au début de ce siècle, les biologistes étaient confrontés à un problème jugé insoluble : la quantité de substances chimiques différentes, innombrables, présentes dans les cellules vivantes. On sait aujourd'hui qu'il y a, en général, plusieurs milliers de molécules différentes dans une seule cellule. Même si, à l'époque, on ne pensait pas qu'elles puissent être si nombreuses, il était décourageant d'essayer d'isoler une substance chimique donnée dans un mélange aussi complexe. De plus, si on savait purifier plus ou moins correctement des substances particulièrement abondantes, il en allait tout autrement de la plupart des molécules biologiques présentes en quantités infimes dans les cellules. On en était donc réduit à caractériser les molécules dans un mélange soit par une propriété chimique, au risque de confondre ainsi deux molécules partageant une caractéristique chimique commune, soit à tester l'activité biologique d'extraits grossièrement purifiés pour mettre en évidence la présence ou l'absence de telle ou telle molécule.

En outre, ce type d'analyse ne pouvait convenir pour les molécules essentielles des êtres vivants, comme les protéines ou les acides nucléiques : étant donné leur grande taille, ces macromolécules sont particulièrement fragiles et sont souvent endommagées lors de leur extraction. C'est ainsi que l'ADN, découvert dès 1869 par J. F. Miescher (voir *Science & Vie*, n° 918, p. 140), ne révéla sa composition chimique que vers les années trente. De la même façon, Sumner parvint, en 1926, à isoler une enzyme dans une germination de soja, mais il ne put en établir la constitution chimique faute d'une technique d'analyse appropriée. Frederick Sanger réussit, lui, à établir la composition de l'in-

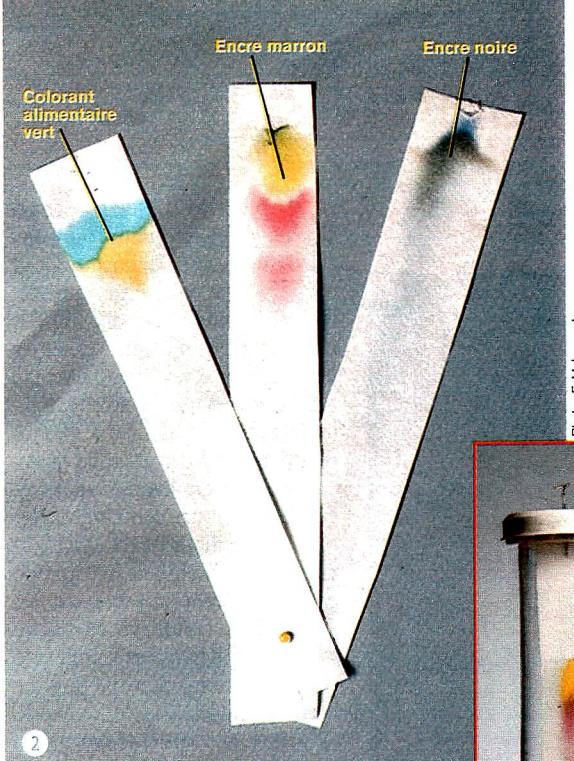
suline (une hormone qui règle le taux de glucose dans le sang) en 1954. On savait déjà que les protéines sont constituées d'une longue chaîne formée de petites unités, les acides aminés (dont il n'existe que vingt types différents), liés les uns aux autres. Sanger parvint à établir la séquence exacte des 51 acides aminés qui composent l'insuline et reçut pour cela le prix Nobel de chimie en 1958. Une des raisons de son succès fut l'utilisation, encore peu répandue, d'une technique de séparation des molécules d'un mélange, la chromatographie sur papier.

L'invention de la chromatographie avait pourtant déjà 50 ans : c'est un biochimiste russe, Mikhaïl Semenovitch Tswett, qui la mit au point en 1906. Ce chercheur, étudiant les pigments des plantes, montra en 1900 qu'il existe deux types de chlorophylle différents qui se distinguent par certaines de leurs propriétés. Séparer et purifier deux molécules presque identiques sur le plan chimique était alors impossible. Tswett eut l'idée géniale de dissoudre ses extraits de feuilles contenant les pigments dans du pétrole et de faire couler cette solution à travers une colonne contenant une poudre. Dans un premier temps, il utilisa du sucre, puis du carbonate de calcium et de l'alumine, plus efficaces. Dans ces conditions, les divers pigments, entraînés par le pétrole, descendant dans la colonne à des vitesses légèrement différentes. En effet, leur capacité à se lier soit au pétrole, soit aux grains de la poudre est elle-même un peu différente, du fait de leurs constitutions chimiques qui ne sont pas parfaitement identiques. Chaque pigment finit par se fixer aux grains à une hauteur déterminée dans la colonne, quand la force d'entraînement exercée par le pétrole devient inférieure à la force d'attraction

exercée par les grains. Il se forme alors une bande colorée constituée par l'accumulation des molécules d'un seul pigment à un même niveau dans la colonne. Tswett montra ainsi qu'il existait six pigments différents dans les feuilles : deux pigments verts, les chlorophylles *a* et *b*, des pigments jaunes, les xanthophylles, et des pigments oranges ou rouges, les carotènes. Il inventa alors le nom de chromatographie pour qualifier sa technique, qui ne suscita guère d'intérêt à l'époque.

Richard Willstätter et Richard Kuhn, biochimistes allemand et autrichien, retrouvèrent sa méthode quelques années plus tard et la perfectionnèrent. Ils l'utilisèrent pour des travaux sur les pigments végétaux, mais aussi pour des études sur les vitamines. Ces travaux devaient leur valoir le prix Nobel de chimie : en 1915 à Willstätter, connu également pour avoir établi la structure chimique et réalisé la synthèse de la cocaïne, puis en 1938 à Kuhn.

Deux chercheurs britanniques devaient développer cette technique en utilisant un support beaucoup plus simple, le papier : en 1941, A. J. P. Martin et R. Synge ont l'idée d'utiliser ce support pour séparer les acides aminés d'un mélange. En déposant dans le coin d'une feuille de papier, tenue verticalement, une goutte du mélange et en tremplant ensuite l'un des bords de la feuille qui partent de ce coin dans un solvant approprié, ils arrivent à séparer plusieurs groupes d'acides aminés dans le sens de la hauteur, c'est-à-dire tout au long du bord de la feuille. En reprenant la feuille de papier, et en tremplant cette fois-ci dans un autre solvant le bord de la feuille où se sont répartis les groupes d'acides, ils arrivent à résoudre ceux-ci en vingt acides aminés, qui constituent les protéines. Dans ce cas, les fibres du papier



Photos E. Malenanche

Analysons des substances par chromatographie

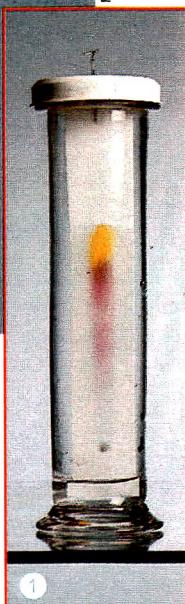
Pour faciliter notre travail, nous utiliserons des substances colorées que nous n'aurons donc pas besoin de révéler.

Matériel nécessaire

Un flacon en verre de 15 à 20 cm de haut, un petit morceau de fil métallique, un compte-gouttes, du papier buvard (blanc, de préférence) ou du papier filtre, des encres de différentes couleurs, des colorants alimentaires, des feutres à pointe fine ou toute substance colorée dont vous voulez déterminer les constituants.

Comment procéder ?

Découper dans le buvard ou le papier filtre des bandes de longueur légèrement inférieure à la hauteur du flacon et larges de 2 à 3 cm. Faire un trou dans le couvercle du flacon de façon à y passer le fil métallique qui servira à suspendre la bande dans le flacon. Mettre de l'eau dans le flacon sur une hauteur de 1 à 2 cm. Placer la bande sur une surface propre et tirer un trait de crayon à papier (jamais d'encre) à 3 cm de son extrémité, perpendiculairement à sa grande longueur. Au milieu de ce trait, faire un disque de 3 à 5 mm



de diamètre avec le stylo ou le feutre, ou déposer une petite goutte en effleurant le papier avec la pointe du compte-gouttes préalablement trempé dans le liquide à analyser. Placer la bande dans le flacon après l'avoir accrochée au fil métallique, de manière à ce qu'elle touche la surface de l'eau mais que la tache d'échantillon soit au moins à 1 cm au-dessus de l'eau. On règle pour ce faire la hauteur de la bande avec le fil métallique. Laisser l'eau monter par capillarité le long de la bande : c'est le développement du chromatogramme, c'est-à-dire la séparation des constituants du mélange ①. Quand l'eau atteint le haut de la bande, arrêter le développement et laisser sécher. Vous pourrez constater que la plupart des substances colorées artificielles (encres ou colorants alimentaires, par exemple) résultent d'un savant mélange de divers pigments ②.

Par Didier Pol

jouent le rôle des grains dans la chromatographie sur colonne : celui d'une sorte de tamis moléculaire, qui retient plus ou moins (c'est-à-dire à différentes hauteurs) les acides aminés selon leurs caractéristiques chimiques respectives.

Dès lors, la caractérisation de n'importe quel acide aminé peut être réalisée en mesurant sa distance de migration dans des conditions définies. En coupant une macromolécule en ses constituants (avec des enzymes ; voir *Science & Vie* n° 913, p. 144, et n° 914, p. 140) puis en soumettant la solution à une chromatographie, on obtient une empreinte caractéristique des constituants de la molécule, aussi particulière à celle-ci que le sont les empreintes digitales pour un homme. Remarquons que le nom de chromatographie ne se justifie plus, car ces substances sont incolores et qu'il faut les révéler par un réactif qui les colore. La technique est alors utilisée pour analyser toutes sortes de mélanges. De plus, il devient possible d'obtenir une molécule biologique avec une pureté inégalée. C'est ainsi que Chargaff et Davidson montrèrent en 1949 que, dans tous les ADN, on constate l'égalité des bases, thymine et adénine d'une part et guanine et cytosine d'autre part (voir *Science & Vie* n° 918, p. 140).

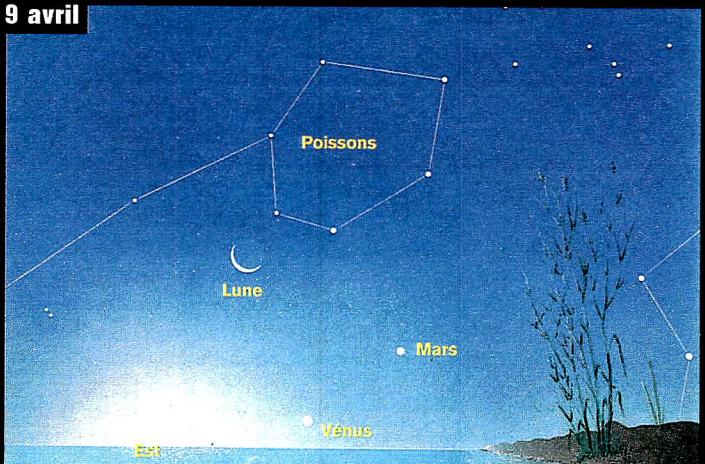
Le développement de la chromatographie valut à Martin et Synge le prix Nobel de chimie en 1952. Martin ne devait pas s'arrêter en si bon chemin puisque, en 1953, il mit au point la chromatographie en phase gazeuse qui permet l'analyse des composés volatils. C'est notamment ainsi que l'on peut actuellement détecter dans l'urine des athlètes des produits dopants à des concentrations indétectables par toute autre méthode.

LE MOIS PROCHAIN :
Quand la vie fait des bulles

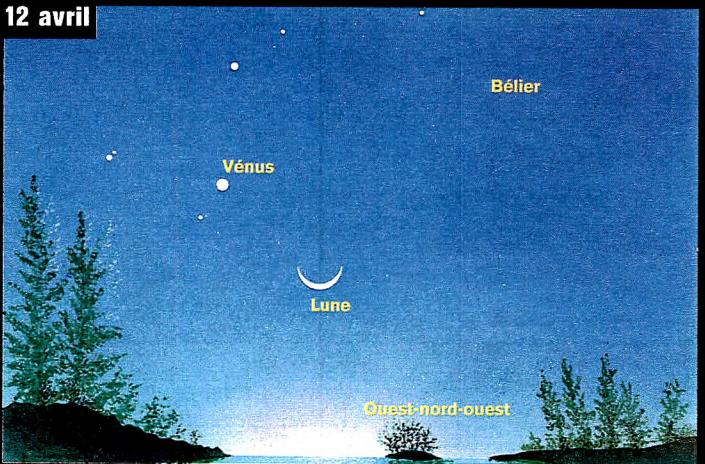
journal de L'ASTRONOME

Retour sur la Lune

9 avril

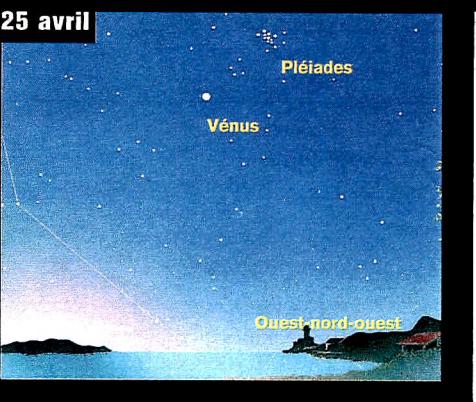


12 avril



Dessins M. Roux-Saget

25 avril



Les rendez-vous du mois

Le 9 avril : la Lune, à deux jours de la nouvelle lune, se rapproche de Mars et Vénus, vers 6 h légales.

Le 12 avril : dans la soirée, un fin croissant de Lune rend visite à Vénus.

Le 25 avril : on observe un beau rapprochement de Vénus et de l'amas des Pléïades en soirée.

On fêtera le 21 juillet prochain le vingt-cinquième anniversaire du premier débarquement humain sur la Lune, qui fut l'aboutissement de dix années d'efforts pour plusieurs dizaines de milliers d'hommes. Débuta alors l'exploration de notre satellite. Dix-huit astronautes se relayèrent pendant trois ans et demi, accumulant des milliers de mesures et rapportant des centaines de kilos d'échantillons de roches. L'humanité, tout au moins une grande partie de celle-ci, réalisait un grand rêve : conquérir ce disque lumineux qui narguait la nuit et le genre humain depuis que ce dernier existait...

Puis, le dernier module Apollo repartit, la poussière lunaire retomba et, avec elle, un certain intérêt pour notre satellite. Non rancunière, la Lune est toujours là, accomplissant imperturbablement ses révolutions immuables. Vingt-cinq ans après, les astronomes amateurs, eux aussi, ont évolué. Les moyens mis à leur disposition sont puissants, comparables à ceux qu'utilisaient alors les professionnels. L'électronique et la numérisation remplacent peu à peu l'œil et la photographie, autorisant aux instruments les plus modestes la découverte de l'Univers dans ses profondeurs. Pourtant, il est un spectacle toujours renouvelé, toujours disponible et peu coûteux, auquel on ne pense pas assez souvent : la Lune. C'est un retour sur la Lune que nous vous proposons ce mois-ci.

La Lune, ou plutôt le système Terre-Lune, est animée d'un très grand nombre de mouvements dont la conséquence est une grande variété d'aspects du paysage lunaire. On a pu calculer qu'un observateur ne voit jamais un relief de notre satellite exactement sous le même éclairage au cours de sa vie ! C'est

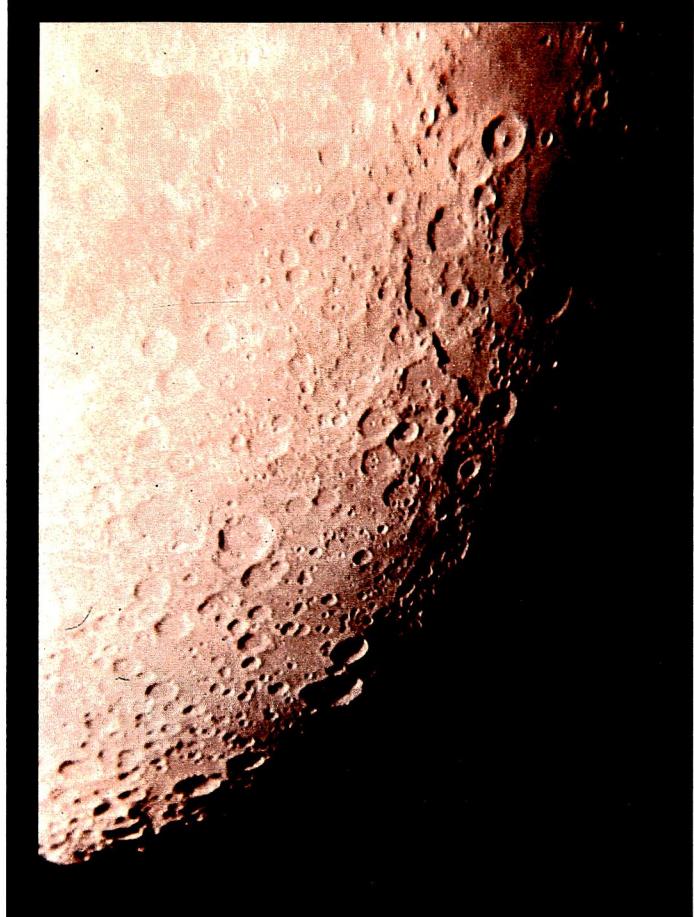
Par Yves Delaye

dire si le spectacle est permanent et constamment renouvelé. L'endroit où l'observateur doit porter toute son attention est ce qu'on nomme le terminateur : c'est la séparation de la lumière et de l'ombre. Là, les détails apparaissent avec le maximum de contraste car la lumière solaire y est rasante. Ce terminateur se déplace en permanence du fait de la rotation de la Lune autour de la Terre, et c'est ce qui constitue les "phases". Toutes les phases sont intéressantes, mais, lors de la pleine lune, le disque est entièrement éclairé par une lumière perpendiculaire au sol qui estompe tous les reliefs. C'est cependant les instants où l'on voit le mieux les grandes traînées blanchâtres qui rayonnent à partir des cratères les plus importants.

Sur le plan technique, on a toujours intérêt à observer un astre lorsqu'il est au plus haut dans le ciel. C'est la position où la turbulence atmosphérique est la plus faible et la transparence la meilleure. On a donc plus de chance d'obtenir des images de qualité. Au fil de l'année, la mécanique céleste priviliege les phases de ce point de vue-là.

Ainsi, les meilleures périodes d'observation sont les suivantes : premier quartier, de février à avril ; fin croissant, de mai à juillet ; dernier quartier, d'août à octobre ; et pleine lune, de novembre à janvier. Naturellement, il s'agit là de moyennes. Pour plus de précisions, il suffit de consulter les éphémérides et de choisir le ou les jours où la déclinaison de la Lune pour une phase donnée est maximale.

En raison de la deuxième loi de Kepler, le mouvement de la Lune sur son orbite se trouve accéléré lors de son périgée et ralenti à l'apogée. Cela se traduit par un effet de balancement en



Coll. Y. Delaye

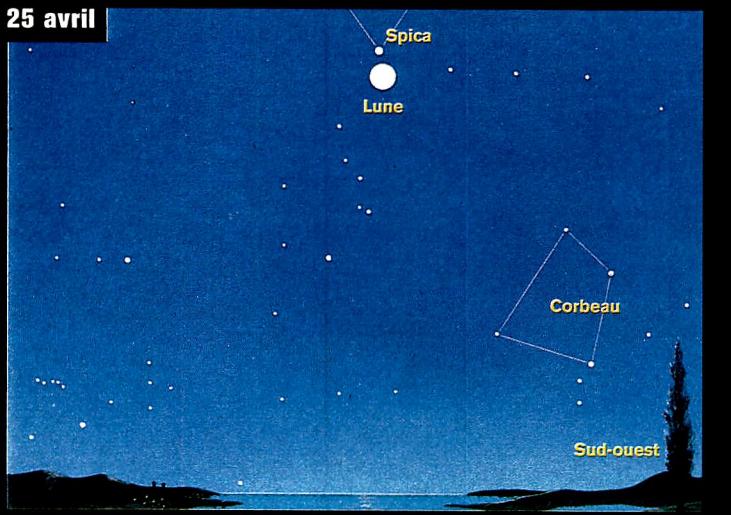
Sous la froide clarté...
... de la Lune, vue au travers
d'un instrument d'amateur
(un Celestron 125 mm).

longitude qu'on appelle la libration. Il existe également une libration en latitude, due à l'inclinaison de l'axe de rotation. Conséquence pratique : nous pouvons observer près de 60 % de la surface lunaire. L'effet est sensible sur les bords du disque où, au fil des jours, on découvre des zones qui, "normalement", font partie de la face cachée. Bien entendu, c'est un terrain de découverte pour l'amateur.

Le premier outil indispensable pour entamer une balade lunaire est une carte. Les premières remontent au XVII^e siècle. Au fur et à mesure du perfectionnement des moyens d'observation, elles crûrent en précision. Aujourd'hui, l'amateur a à sa disposition des cartes et des atlas détaillés, en rapport avec les possibilités des lunettes et télescopes qu'il utilise. Souvent, ces documents sont accompagnés d'une nomenclature des cratères

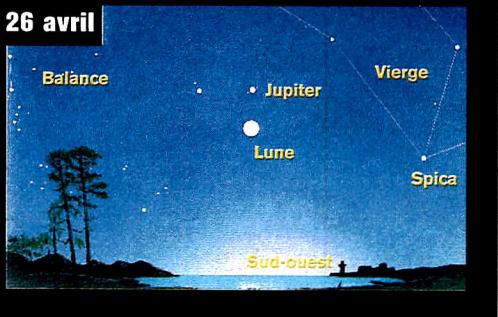
avec leur position, de façon à les retrouver facilement. La position des cratères et d'autres reliefs intéressants se réfère au système des coordonnées séle-nographiques. La longitude se mesure en degrés, de 0° à 180° vers l'est et de 0° à -180° vers l'ouest, depuis le méridien central, lui-même défini par l'axe des pôles de la Lune. A noter que, à l'œil nu, le nord est en haut du disque et l'est à droite. La latitude est la distance en degrés d'un point par rapport à l'équateur. Elle est positive vers le nord et négative vers le sud. L'attribution de noms aux reliefs lunaires a fait l'objet d'une convention internationale lors d'une réunion de l'Union astronomique internationale en ►

25 avril



Dessins M. Roux-Sagel

26 avril



Le 25 avril : la pleine lune est à 1° de Spica de la Vierge vers le milieu de la nuit.

Le 26 avril : tout juste avant le lever du Soleil, conjonction Lune-Jupiter.

LE PETIT DICTIONNAIRE LUNO-TERRIEN

Les différentes sortes de reliefs lunaires ont une définition précise. Leurs dénominations sont en latin, selon le protocole suivant :

- Catena** : chaîne de cratères.
- Dorsa** : système de dorsales.
- Dorsum** : dorsale.
- Lacus** : lac.
- Mare** : mer.
- Mons** : montagne isolée.
- Montes** : ensemble de montagnes ou de collines.
- Oceanus** : océan
- Palus** : marais.
- Promontorium** : cap.
- Rima** : rainure.
- Rimae** : système de rainures.
- Rupes** : faille.
- Sinus** : golfe.
- Vallis** : vallée.

suite de la page 143

1935 ; depuis, de nombreux ajouts ont été faits.

Les différentes sortes de reliefs ont également une définition précise. Rappelons cependant que leurs dénominations (voir encadré ci-contre), si elles sont inspirées des appellations terrestres, ne correspondent pas à la réalité, puisqu'il n'y a pas d'eau. En fait, mers et océans sont des étendues sombres peu tourmentées. Les golfes, lacs et marais sont semblables mais de taille plus petite et de contours moins nets. Les dorsales concernent des chaînes de montagnes ou de collines au milieu des mers ou océans et les caps

des avancées de continents.

Dernière précaution : lunette et télescope vous donneront une image inversée par rapport à la carte ; il faut donc faire l'effort mental nécessaire pour mettre en concordance cette dernière avec l'image.

Reste un point important : quel grossissement choisir ? Cela dépend, bien sûr, de l'instrument utilisé. Plus le diamètre de l'appareil est important, plus le grossissement peut être élevé. Il est bon, cependant, de commencer l'observation par un grossissement faible, aux alentours de 60 fois, qui donnera une vue d'ensemble de la Lune. Cela permet de repérer les zones intéressantes sur lesquelles portera l'observation. De 90 à 150 fois, on peut étudier des chaînes de cratères ou des montagnes. Les grossissements de 200 à 350 fois et plus seront utilisés pour détailler les cratères, les failles ou les dorsales. Le choix du grossissement sera modulé par la turbulence. Si elle est importante, il faudra limiter ses ambitions. En revanche, lorsque l'image est particulièrement stable, pas d'hésitation pour "pousser" au maximum. La bonne image n'est pas forcément celle qui est la plus agrandie, c'est celle qui montre le plus de détails. L'utilisation d'un filtre n'est pas impérative mais peut se révéler utile comme élément de confort lorsque l'image est trop lumineuse et donc éblouissante. On choisira un filtre coloré jaune ou vert ou, mieux, un filtre neutre ou polarisant, qui permet de doser exactement la luminosité.

Alors, maintenant, bonne promenade lunaire ! ■

LE MOIS PROCHAIN :
Mois d'éclipses

Amas

Le Soleil se situe dans une zone de la Galaxie où la densité en étoiles est proche de la moyenne, soit environ un écart moyen de cinq années-lumière entre deux étoiles. Mais il y a des endroits où cette densité est nettement plus élevée. On trouve alors de véritables nids, ou concentrations, d'étoiles : c'est ce qu'on nomme les amas stellaires. Ceux-ci ne sont pas dus au hasard ; en fait, les étoiles qui constituent un amas sont nées en même temps du même nuage de gaz. L'amas stellaire le plus connu est certainement celui des Pléïades, dans la constellation du Taureau. A l'œil nu, on distingue de 6 à 10 étoiles mais, en réalité, il y en a plus de 600 !

Il y a deux types d'amas : ceux de faible concentration, dits amas ouverts (comme les Pléïades) ou galactiques, et ceux où les étoiles sont très concentrées, dits amas globulaires.

Les amas ouverts ont une forme générale irrégulière. Ils regroupent quelques dizaines d'étoiles pour les plus pauvres d'entre eux et jusqu'à quelques milliers pour les plus riches. On en recense plus de 600 mais il en existe certainement de 20 à 50 fois plus. Ces amas sont constitués d'étoiles jeunes, âgées de 10 millions à un milliard d'années. Se situant tous à l'intérieur même de notre Galaxie, ils sont soumis aux forces gigantesques de gravitation des cent milliards d'étoiles qui la constituent et aux tiraillements induits par la rotation de cet ensemble de 100 000 années-lumière de diamètre. C'est ce qui explique certainement que les étoiles des amas ouverts, après une naissan-

ce groupée au sein d'un nuage d'hydrogène, se soient peu à peu dispersées et que seuls subsistent des amas jeunes, les amas galactiques anciens étant depuis longtemps dilués dans la masse générale des étoiles.

Les amas globulaires, au contraire, sont très vieux ; ils ont souvent plus de 8 milliards d'années. Vus au télescope, ils donnent l'impression d'une véritable bulle d'étoiles en explosion. Ils sont constitués de 10 000 à 1 mil-

lion d'étoiles, qui sont si serrées que, pour la plupart, il est difficile de résoudre le cœur de l'amas. Ils orbitent autour du centre de notre Galaxie et ne se trouvent pas mêlés à la grande marée galactique. Echappant aux forces de dislocation, ils ont pu conserver leur cohésion au fil des âges, ce qui explique leur vieillesse. On connaît 130 amas globulaires, et l'un des plus beaux du ciel boréal est observable ce mois-ci : c'est M 13.

Le rendez-vous des débutants

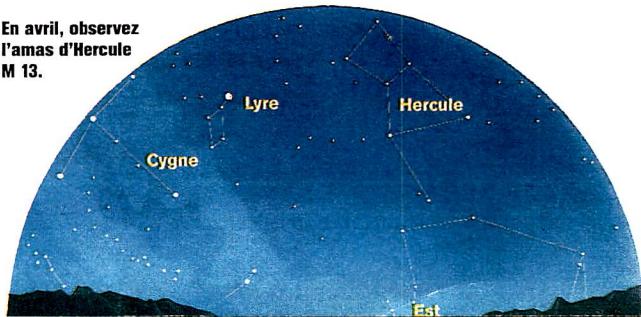
L'amas d'Hercule

Au mois d'avril, vers minuit, lorsque la nuit est bien noire, portez vos regards vers l'est et observez attentivement la constellation d'Hercule qui se lève. Vous repérerez facilement entre les étoiles Dzéta et Eta d'Hercule une tache floue : c'est l'amas d'Hercule, ou Messier 13. Il se trouve aux deux-tiers de la distance apparente qui sépare ces deux étoiles, en étant plus près d'Eta. Avec une paire de jumelles, et dans les mêmes conditions, le doute n'est plus permis ; c'est une petite tache blanchâtre, légèrement estompée, qui est observable. Les instruments de 60 à 120 mm montrent une nébulosité ronde avec un centre nettement plus brillant. L'obser-

vation de M 13 est un véritable enchantement, des dizaines d'étoiles, et même des centaines, devenant visibles.

M 13 comprend environ un million d'étoiles. Certaines d'entre elles brillent autant que 2 000 soleils et sont âgées de près de 10 milliards d'années, comme les plus vieilles étoiles de notre Galaxie. L'aspect compact de l'amas ne doit cependant pas faire oublier qu'il occupe un volume d'un million d'années-lumière cube. Par comparaison, cela revient à disperser une pelle de sable dans une sphère de 500 km de diamètre. La distance moyenne des étoiles entre elles est de deux années-lumière, ce qui exclut tout risque de collision. ■

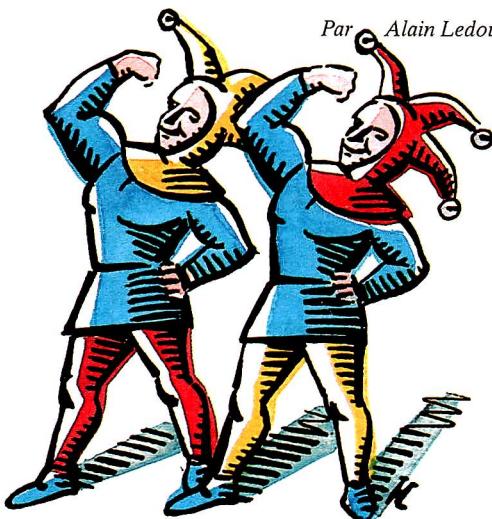
En avril, observez
l'amas d'Hercule
M 13.



S'amuser comme deux Fous

Au début de la partie, chaque camp dispose de deux Fous, l'un qui évoluera sur les cases blanches et l'autre qui se déplacera sur les cases noires. On comprend aisément que garder la "paire de Fous" assure une efficacité particulière.

C'est notamment le cas dans les positions ouvertes. On en trouvera une belle illustration dans le spectaculaire "mat de Boden" dont est victime ici David Bronstein, qui était vice-champion du monde en 1951.



Yakovitch - Bronstein (Angleterre, 1993)

1. d4	d5
2. c4	dxc4
3. e3	Qf6
4. ♜xc4	e6
5. ♜f3	c5 (a)
6. ♛e2	cx d4
7. exd4	Qc6
8. ♜c3	Qe7 (b)
9. 0-0	0-0
10. ♜d1	Qd5 (c)
11. ♜b3	a6
12. ♜d2	Qd6 (d)
13. ♜ac1	Qd8
14. ♜e4 (e)	Qb8
15. ♜fg5	h6 (f)
16. ♜f3	Qd7 (g)
17. ♜c5	Qe8 (h)
18. ♛e4 (i)	Qf6
19. ♛h4	b6? (j)
20. ♜xe6! (k)	fxe6 (l)
21. ♜xe6+	Qf8 (m)
22. ♛xh6!!	

Les Noirs abandonnent (n).

- (a) Les Noirs ayant abandonné le centre par la prise du deuxième coup, ils doivent à présent attaquer les pions blancs qui s'y sont installés.
- (b) Après 8... ♜xd4 9. ♜xd4 ♜xd4, l'avance de dévelop-

nement des Blancs va être considérable, la Dame noire, trop exposée, devant encore perdre du temps pour se replier.

(c) Le Cavalier noir vient occuper une superbe position, mais il abandonne la défense du roque... avant de perdre du temps pour y revenir !

(d) Laisse la case d8 à la Tour f8. Mais la position exposée du Cavalier d5, attaqué deux fois, impose une manœuvre bien artificielle à la Dame.

(e) Un gain de temps permis par la mauvaise position de la Dame noire.

(f) Un grave affaiblissement plus ou moins contraint face à 16. ♛h5, menaçant 17. ♛xf7+ et 17. ♛xh7+.

(g) Il faut bien développer l'aile-dame. Mais quelle triste position pour le Fou !

(h) Pour préserver la "paire de Fous". Mais sans doute valait-il ici encore mieux l'abandonner en échangeant un Fou par 17. ♜xc5 que d'enferrir ainsi l'autre.

(i) Avec l'idée 19. ♜c2 menaçant 20. ♛h7+ suivi du mat.

(j) Dans une situation déjà très difficile, les Noirs négligent coupablement les

menaces blanches...

(k) La position noire explose. Après ce coup, on comparera l'efficacité des Fous blancs et celle des noirs.

(l) Perd de manière forcée, mais les menaces 21. ♜xd8 et surtout 21. ♜xg7 ne laissent pas le choix.

(m) Ou 21... ♜h8 qui repousse le mat mais ne sauve pas la partie après 22. ♜xh6! gxh6 (22... ♜h7 23. ♜g5) 23. ♛xh6+ ♜h7 24. ♜f5 suivi du mat.

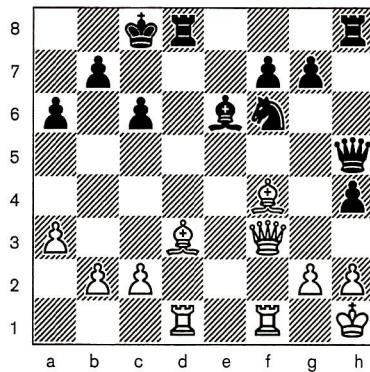
(n) Ils sont menacés de mat

en deux coups par 23. ♛h8+ ♜g8 24. ♛xg8 mat, et, s'ils prennent la Dame, ils sont victimes du joli mat des deux Fous, dit "mat de Boden", après 22... gxh6 23. ♜xh6 mat. S'ils ne prennent pas la Dame, la seule manière d'éviter le mat serait 22... ♜f7, mais 23. ♜xc6 clôt les débats.

La solution du n° 918

1. ♛h8+!! ♜xh8
2. ♜xh8 mat.

A vous de jouer !



Les Noirs viennent de jouer ♛h5 avec l'idée d'échanger les Dames. Mais c'est aux Blancs de jouer et ils font mat en deux coups.

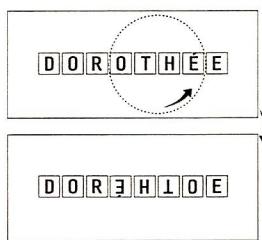
La solution... dans le prochain numéro !

Esprit taquin

Vers 1870, "le roi du problème d'échecs", l'Américain Sam Lloyd, inventait et commercialisait un petit jeu, le "14-15", qui allait connaître une popularité jamais démentie, sous le nom de "taquin", ou de "pousse-pousse". Un siècle plus tard, le Rubik's Cube, venu de Hongrie, allait provoquer un engouement universel en adaptant astucieusement à trois dimensions le même principe de base : partant d'une position initiale désordonnée de plusieurs éléments, il s'agit d'arriver à une position finale de rangement par une succession de permutations de plusieurs éléments. Même si le Rubik's Cube est passé de mode, il aura engendré toute une génération de casse-tête du même type.

En voici deux exemples totalement inédits.

Dorothée et Théodore



Ce premier casse-tête, dont la réalisation mécanique est certainement possible mais demandera une certaine ingéniosité, peut être résolu sur le papier. Le jeu comporte les huit lettres du nom DOROTHÉE. Un mécanisme (astucieux !) permet de faire pivoter de 180° un groupe quelconque de quatre lettres successives autour de son centre (dessin ci-dessus).

A présent, à vous de trouver la suite des six pivotements qui permettent de passer de DOROTHÉE à THÉODORE

Puis, vous essaierez de passer en huit coups de DOROTHÉE à THÉODORE

Super taquin

Pour vous attaquer à ce casse-tête, il vous faudra disposer de jetons carrés et d'une grille constituée de 5 x 5 cases.

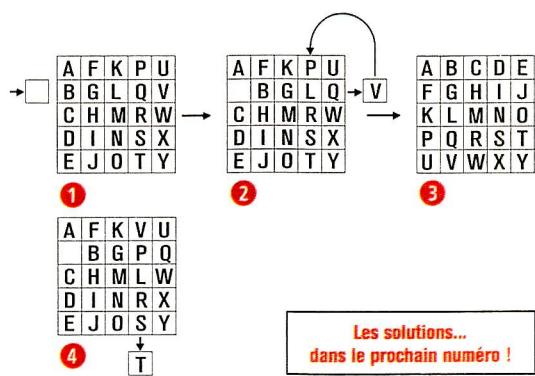
Les jetons d'un jeu de Scrabble feront très bien l'affaire. Les vingt-quatre premiers seront marqués

des lettres de A à Y, le dernier, non marqué, sera le joker.

Les déplacements s'opèrent en posant le joker, ou jeton libre, à l'extrémité d'une colonne ou d'une rangée et en poussant cette ligne jusqu'à l'expulsion du dernier jeton. Ce dernier devient le nouveau jeton libre que l'on pourra, de la même manière, faire rentrer dans une colonne ou une rangée. Et ainsi de suite, comme dans l'exemple ci-dessous.

Votre problème : il vous faudra, à partir de la figure ①, parvenir à la figure ④, le joker étant le jeton libre.

Nous avouons que nous ne connaissons pas la solution optimale, celle qui nécessite le minimum de coups. Le défi est lancé. Envoyez-nous vos solutions !



Les solutions du n° 918

Opérations anagrammes

La somme des cinq chiffres ne peut prendre que les valeurs suivantes :

- 13, exemple : $410 \times 26 = 10\,426$
- 18, exemple : $870 \times 21 = 18\,270$
- 22, exemple : $704 \times 65 = 45\,760$
- 27, exemple : $678 \times 42 = 28\,476$
- 31, exemple : $983 \times 65 = 63\,895$

Division miroir

$$\begin{array}{r} 52 \\ \hline 2 \quad | \quad 25 \end{array}$$

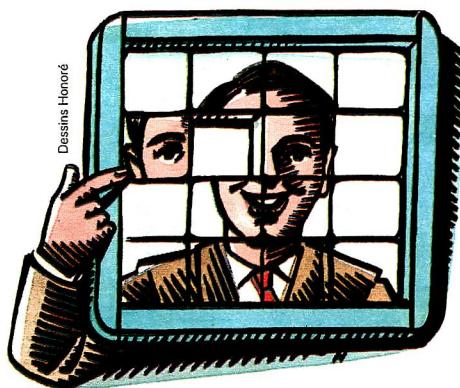
Multiplications miroirs

Sont toujours vérifiées les relations suivantes :

- $A \times D = E \times C$
- $B = A + C$

Toutes les solutions :

- $231 \times 48 = 84 \times 132$
- $451 \times 28 = 82 \times 154$
- $143 \times 62 = 26 \times 341$
- $682 \times 13 = 31 \times 286$
- $693 \times 12 = 21 \times 396$
- $352 \times 46 = 64 \times 253$
- $396 \times 42 = 24 \times 693$
- $286 \times 93 = 39 \times 682$
- $253 \times 96 = 69 \times 352$
- $396 \times 84 = 48 \times 693$
- $374 \times 86 = 68 \times 473$



AUDIOVISUEL

Un reflex, deux usages ▼

Avec le 24 x 36 F50, c'est une nouvelle conception du reflex que propose Nikon. Pour la première fois, en effet, un boîtier s'adresse aussi bien aux débutants qu'aux amateurs expérimentés. Pour cela, à côté de l'interrupteur de mise en marche, un sélecteur permet d'opter pour un F50 simple et sans réglages ou pour un F50 perfectionné doté de multiples automatismes que le photographe peut toujours contrôler et modifier. En plaçant le sélecteur sur "simple", un menu apparaît sur un écran, et propose quatre modes de prise de vue : paysage, portrait, gros plan et automatismes pour tous les autres cas. Une fois le choix fait, l'utilisateur photographie sans autre souci que celui de vérifier dans le viseur si les témoins de mise au point et d'exposition sont au vert. En plaçant le sélecteur sur "advanced" (évolué), l'utilisateur met en circuit une douzaine de modes de fonctionnement avec leurs menus qui permettront d'adapter la programmation au sujet et au type de photo à réaliser. Outre les quatre programmes du mode "simple", cet appareil dispose des automatismes adaptés



à la photo de sport, aux effets de mouvement (dosage d'un certain flou), aux scènes nocturnes et aux effets de silhouettes. Un programme permet de commander un décalage de vitesse ou de diaphragme et également l'automatisme avec priorité à la vitesse (il la choisit, l'appareil réglant ensuite le diaphragme) ou au diaphragme (cas inverse). Enfin, le F50 dispose d'une position "manuel"

qui permet à l'utilisateur de régler lui-même tous les paramètres de prise de vue. Les caractéristiques générales de l'appareil, dérivées de celles du F90, en font un reflex hautement perfectionné avec mise au point automatique sur un sujet, ou en continu sur ce sujet s'il se déplace, mémorisation d'une mise au point ou des paramètres d'exposition, mesure matricielle

de la lumière (sur six zones du viseur, un microprocesseur utilisant ensuite les informations pour régler l'exposition), prise en compte de la distance du sujet pour régler l'exposition (les lointains étant plus clairs que les premiers plans), et enfin un obturateur électrique de 30 s à 1/2 000 s (avec possibilité de pose) et un flash intégré automatique ou à réglage manuel. **3 490 F**

▼ Zoom sur un Leica compact

En complément du Mini 2, appareil 24 x 36 à focale fixe, Leica propose aujourd'hui le Mini Zoom, une version équipée d'un objectif à focale variable Vario-Elmar 4-7,6 de 35-70 mm, à mise au point automatique. Il pèse 230 g et mesure 12 x 7 x 4 cm environ. L'exposition et la mise au point sont mémorisables (pour permettre, par exemple, d'obtenir

un premier plan net sur le bord de la photo). L'appareil est équipé d'un flash (automatique et manuel), permet les prises de vue en continu et accepte les films de 50 à 3 200 ISO.

2 240 F P.S.

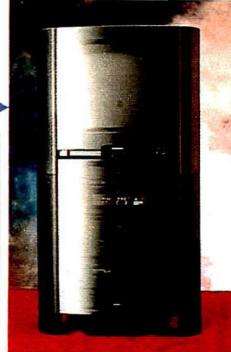
Dirigé par
Roger
Bellone



TV et hi-fi : deux appareils en un ▶

Grundig a conçu une chaîne musicale intégrant un téléviseur à écran de 37 cm, le Steeler. L'ensemble, habillé d'une façade courbe en verre, peut programmer 49 chaînes TV et recevoir les stations radio FM, PO, GO. La chaîne haute-fidélité, outre le tuner, est

équipée d'un lecteur de disque compact, d'une double platine à cassettes avec télécommande, d'un amplificateur et d'un égaliseur graphique. Cette chaîne est disponible en deux versions. Sur la M10, l'amplificateur a une puissance nominale de



2 x 22 W, tandis qu'elle est de 2 x 36 W sur la M20. **5 500 F** la M10 et **6 000 F** la M20. P.S.

Un compact 24 x 36 spécial portrait ▼

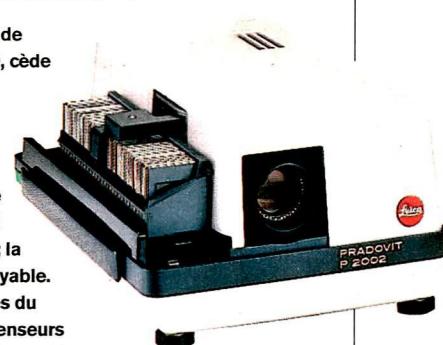


D'une grande simplicité, le Yashica J Mini Super se caractérise par son système de mise au point : pour la photo générale, il n'existe aucun réglage (objectif fix focus 3,5/32 mm), les images étant nettes de 1,40 m à l'infini ; ce n'est que pour le portrait qu'une touche permet de déplacer le système optique pour obtenir la netteté de 0,90 m à 1,40 m. Cet appareil Yashica assure, en outre, les vitesses de 1 s à 1/60 s et possède un flash utilisable de 1,70 m à 3,20 m.

Poids : 180 g. **550 F** P.S.

Un projecteur fait peau neuve ▼

Le plus perfectionné des projecteurs de diapositives Leica, le Pradovit P 2000, cède la place à un modèle plus complet, le P 2002. Avec deux nouveautés : sous le carter, une lampe de réserve (24 V, 250 W) relaye automatiquement, en une fraction de seconde, la lampe en place si celle-ci vient à griller en cours de projection ; la mise au point automatique est débrayable. Les autres caractéristiques sont celles du modèle précédent : objectifs et condenseurs interchangeables pour projeter des diapositives 24 x 36 mm ou 40 x 40 mm, objectifs de 35 à 300 mm. **8 780 F** P.S.



▼ 200 CD sous protection

Si vous possédez un grand nombre de disques compacts, le magasin Tombox vous permettra de



réduire le poids et l'encombrement de votre discothèque, tout en la protégeant contre les poussières. L'appareil comporte un magasin circulaire pouvant recevoir deux cents disques. Un curseur permet de repérer le disque choisi (un numéro est attribué à chaque disque pour faciliter la sélection). Celui-ci est alors nettoyé automatiquement avant de sortir de l'appareil. Renseignements : Take Five, 84 galerie des Champs-Elysées, 75008 Paris. **1 290 F** F.S.



► Un téléviseur-lecteur de cassette vidéo

Proposé par un constructeur français, Simatec, le téléviseur couleur TCL 300 intègre un lecteur vidéo VHS. Cet appareil portable (27 x 31 x 31 cm pour 12 kg) est doté d'un écran de 26 cm, reçoit les programmes européens

PAL/SECAM ainsi que les chaînes transmises par câble et satellites. Trente stations peuvent être programmées. Parmi ses caractéristiques, notons l'automatisme du rebobinage de la bande et l'arrêt sur image. **4 290 F** P.S.

Des autoradios multimédias ▼

Alpine lance ses deux premiers autoradios équipés du système RDS-EON-PTY. Avec le RDS-EON (Radio Data System-Enhanced Other Network), le programme s'interrompt automatiquement pour permettre la diffusion de messages numérisés (par exemple, des



informations routières). La fonction PTY (Programme TYpe) permet, en plus, l'affichage du texte de l'information sur l'écran de l'autoradio ou sur le pare-brise. Le 7510 R, à

façade amovible et lecteur de cassette intégré, possède un amplificateur de 2 x 25 W. Le 7511 R a, en outre, un atténuateur de bruit Dolby B. **2 290 F** le 7510 R et **2 590 F** le 7511 R.

Le premier appareil anti-bougé ▼



Voici le 24 x 36 Zoom 700 VR, premier appareil au monde à posséder un stabilisateur capable de compenser les effets d'un bougé lors du déclenchement de l'appareil. Pour maintenir l'image fixe sur l'émulsion sensible,

le zoom 38-105 mm de cet appareil comporte un groupe central de lentilles pouvant se déplacer verticalement sous l'action de micromoteurs. Le système comporte donc deux détecteurs de mouvements du boîtier (horizontaux et verticaux) et un microprocesseur qui utilise les informations recueillies pour commander le déplacement du groupe optique central. Nikon

précise que ce dispositif est particulièrement efficace en longue focale. Ainsi, une image prise à la focale de 105 mm au 1/15 s reste nette même si le photographe bouge en appuyant sur le déclencheur. Pour le reste, le Nikon Zoom 700 VR est un compact assez classique entièrement automatique (mise au point, exposition et flash). **3 790 F**

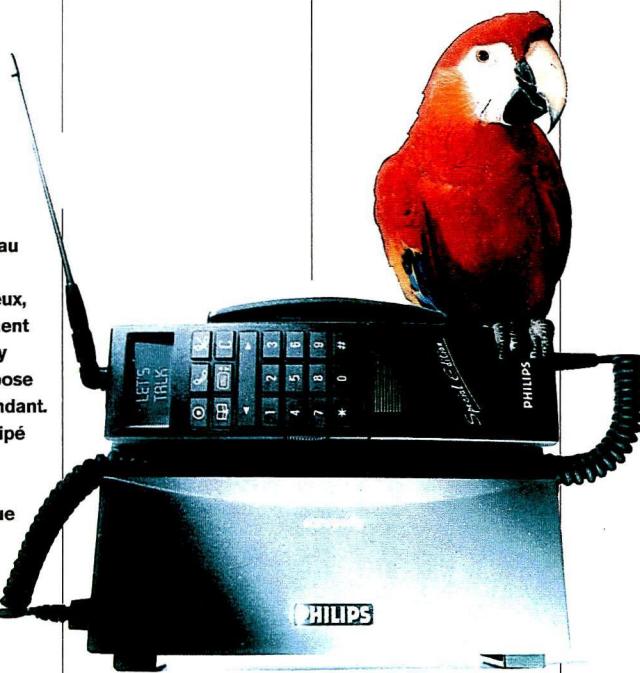
BUREAU

Un radiotéléphone à reconnaissance vocale ▶

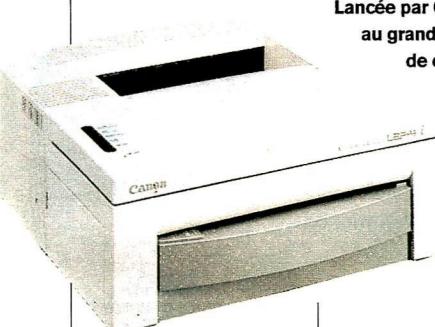
Premier radiotéléphone conçu pour le nouveau standard téléphonique européen (GSM, Global System for Mobile Communication), l'Europorty "spécial édition" de Philips intègre un système de reconnaissance vocale. Son utilisateur entre en mémoire, vocalement, les noms et numéros de téléphone de ses

correspondants (50 au maximum). Ensuite, pour appeler l'un d'eux, il prononce simplement son nom. L'Europorty le reconnaît et compose le numéro correspondant. Cet appareil est équipé d'un répondeur-enregistreur et d'un annuaire électronique d'une capacité de cent noms.

8 880 F O.C.



▼ Première imprimante laser personnelle



Lancée par Canon, l'imprimante LBP-4i est le premier modèle destiné au grand public faisant appel à l'inscription par rayon laser. Sa capacité est de quatre pages par minute. Ses performances et la qualité d'impression sont celles d'une imprimante de bureau. Ainsi, la LBP-4i intègre la technologie de lissage AIR (Automatic Image Refinement) qui, couplée à une cartouche de toner Super-Fine, permet une résolution de 48 x 12 points/mm. Enfin, elle dispose d'une mémoire vive de 1 Mo extensible à 5 Mo et d'une interface Centronics. **6 275 F**

S.F.

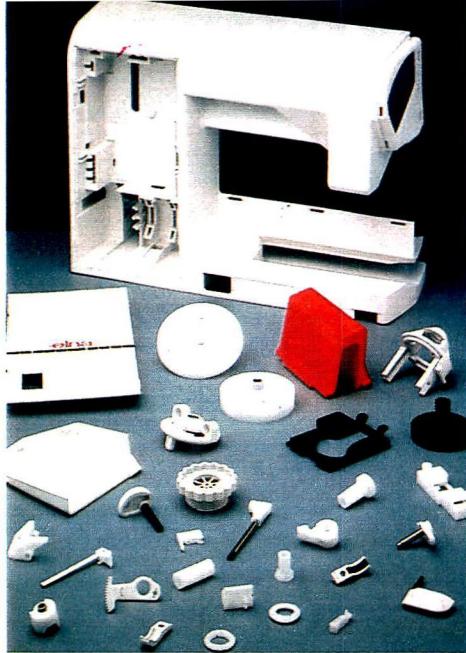
MAISON ET JARDIN

Un plateau solaire pour vos plantes ▶

La lumière provenant d'une fenêtre n'est pas des plus favorables à la culture en appartement. Son orientation étant invariable, les plantes se développent côté lumière et finissent par se courber vers la fenêtre. Une société parisienne, Javpot, a conçu un dispositif pratique : un plateau supportant le

ou les bacs et tournant d'un à deux tours par semaine. Ce plateau, le Tournesol, fonctionne à l'énergie solaire. La rotation est de 1 à 2° par heure dès que la lumière atteint 200 ou 300 lux (ce qui correspond à l'éclairage d'une journée non ensoleillée). Bien sûr, tout s'arrête la nuit. **790 F** F.B.





Une machine à coudre en plastique

Pour réduire le poids (de 10 à 5,7 kg) et le nombre de pièces (de 1 000 à 450) d'une machine à coudre, la société Tavaro en a modifié totalement la conception, mais a aussi largement fait appel à une résine, le Rynite PET (ou téraphthalate de polyéthylène). Ainsi est née l'Elna 4000. Son boîtier principal (1,6 kg) est un moulage d'une seule pièce en Rynite renforcé en fibre de verre.

Outre un faible taux de gauchissement et une bonne stabilité de sa couleur, cette résine se caractérise par une résistance, une rigidité, une ténacité et une stabilité dimensionnelle élevées. Par ailleurs, Tavaro a choisi l'homopolymère acétal Delrin (un plastique rigide résistant et d'un faible coefficient de frottement), pour la fabrication de plus de vingt pièces.

Environ 2 000 F F.B.

Déboucher sans peine

Conçu par une firme grassoise, Novus International, et fabriqué en ABS, le tire-bouchon électrique va permettre à tous les membres d'une famille, y compris les enfants et les gauchers, d'ouvrir une bouteille sans aucune difficulté. Il suffit en effet de le poser sur la bouteille pour qu'il se mette en route automatiquement, retire le bouchon et s'arrête. Lorsqu'on l'enlève de la bouteille, l'instrument redémarre et rejette le bouchon. Tout ceci en cinq secondes, sans manipulation, ni sur la bouteille, ni sur l'appareil. Alimenté par accumulateur, il peut ouvrir jusqu'à trente bouteilles avant recharge. 325 F F.B.



Un nettoyeur-vapeur à tout faire

La vapeur sous pression est un excellent moyen de nettoyer et de désinfecter des sols, des murs, des moquettes, des vitres ou encore des tissus. C'est aussi un outil pour détartrer, dégraissier, dégivrer, décoller... A ces fins, Tornado vient de lancer le nettoyeur-vapeur Multyvap. Celui-ci comporte tout d'abord une centrale de chauffe (contrôlée par un thermostat) et un

pressostat) produisant de la vapeur sortant à 120 °C et sous une pression de 3 200 hectopascals. Suivant les utilisations, différents accessoires peuvent être fixés à cette centrale de chauffe par simple emboîtement : un flexible conducteur de vapeur, des tubes rigides, divers types de brosses, un diffuseur de vapeur avec raclette pour nettoyer les vitres, une

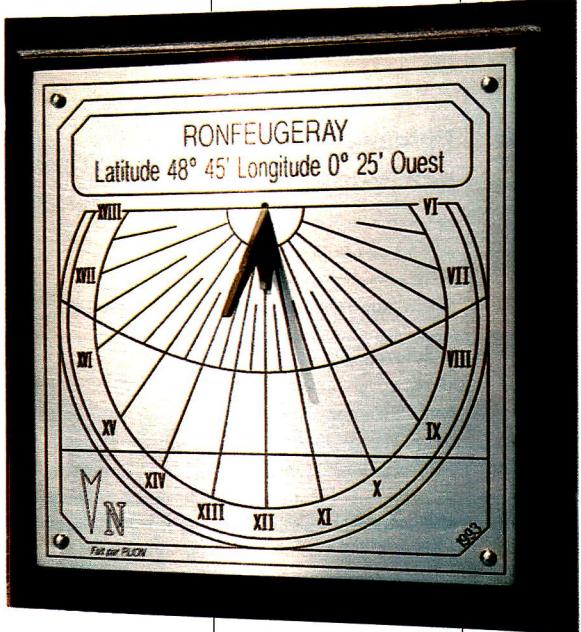
décolleuse de papier peint et un fer à repasser de 750 W avec débit de 65 g de vapeur par minute (notre photo). 2 290 F F.B.



Un cadran solaire optimisé par ordinateur ►

Les cadans solaires proposés de nos jours sont conçus pour une latitude moyenne d'environ 47°. Leur précision n'est donc pas très grande. Un constructeur français, Lion Gravure, propose de réaliser des cadans calculés pour le lieu

où ils seront implantés, par exemple, pour une latitude de 48° 45'. Pour ce faire, la conception de ces cadans est effectuée par ordinateur, ce qui permet des délais de réalisation très courts. Tél. : 16 33 65 60 81, 860 F + frais de port. F.B.



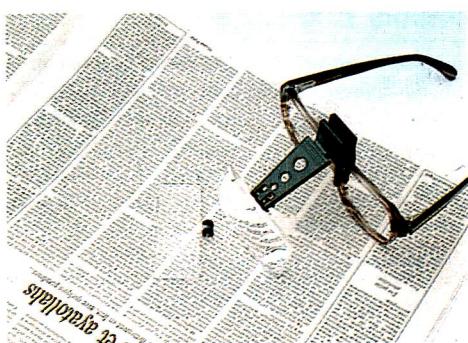
◀ Des rasoires électriques étanches

Voilà quatre ans, Panasonic lançait une gamme de rasoires électriques étanches à l'humidité, utilisables avec de la mousse à raser. Ce mois-ci, une nouvelle gamme de six modèles avec une étanchéité renforcée est proposée. Dotés de têtes flottantes et de grilles extra-fines en titane rasant sur une épaisseur de 120 micromètres, ces rasoires se lavent sous l'eau d'un robinet, sans risque d'hydrocution puisqu'ils sont alimentés par batterie rechargeable.

La gamme s'étend du modèle ES 761 à trois têtes, moteur 10 000 t/min et tondeuse escamotable, jusqu'au ES 876 à une seule tête, en passant par des modèles à deux têtes. De 1 690 F l'ES 761 à 499 F l'ES 876. F.B.

Pour lire au lit sans torticolis ►

Pour permettre une lecture confortable lorsqu'on est couché, la Maison de l'Astronomie, à Paris, propose les "Lunettes prismatiques". Equipées de deux prismes à réflexion totale, elles dévient le regard de 90°. Ainsi, allongé en regardant le plafond, il est aisément de consulter un document



tenu verticalement. Ces lunettes ne possèdent pas de verres, ni neutres ni correcteurs,

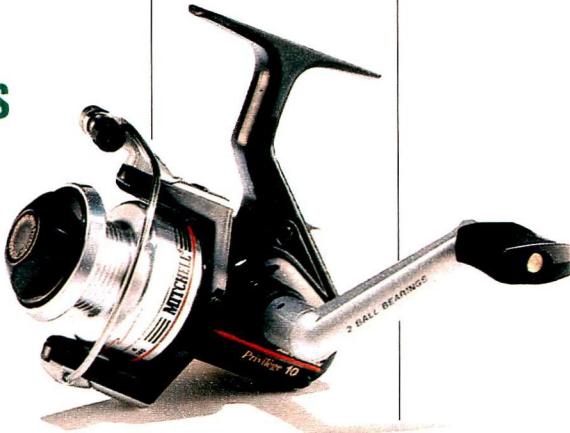
et peuvent donc être portées en complément d'autres lunettes.

440 F P.S.

SPORTS ET LOISIRS

Un moulinet de pêche miniaturisé ▶

Mitchell, le spécialiste en articles de pêche, lance un moulinet très compact, le Privilège 10, qui mesure 10 cm dans sa plus grande dimension et pèse 180 g. Malgré sa petite taille, il n'a rien à envier aux plus gros. Jugez plutôt : bobine à longue course en aluminium anodisé, deux roulements à billes, pignon en



bronze, disques de frein en téflon... Autant de caractéristiques qui autorisent de bonnes performances. **450 F**

La montre taille fine ▶

Une heure de jogging, quelques dizaines de calories dépensées et 3 g de graisse en moins ! C'est un tel bilan que permet la montre Body Shaper FBR-10 de Casio. En effet, elle donne en temps réel le taux de graisse perdue durant un exercice, et dresse le bilan mensuel des efforts utiles fournis. Elle part de l'idée que, pour perdre du poids, il faut dépenser plus de calories



qu'on en consomme. Après avoir entré les données de base : âge, sexe, poids, intensité de l'entraînement, la montre affiche le taux d'élimination des graisses et des calories toutes les trente secondes. Enfin, préprogrammée, la Body Shaper de Casio rappelle à son propriétaire l'heure de l'entraînement au moyen d'un bip de vingt secondes. **500 F** F.B.

Ont participé à la rédaction de ces informations :
Florence Bellone, Olivier Cadou, Frédérique Chapuis, Stéphan Faudeux et Paule Sully.

Formule 1 ▼

Essais libres, séances chronométrées, réglages multiples et course infernale : le logiciel *Formula One Grand Prix* de Micropose permet au passionné

d'automobile de vivre l'intégralité d'une saison de Formule 1. De Détroit au grand prix du Japon, en passant par Monaco, *Formula One* lui offre la possibilité de courir sur tous les circuits du championnat du monde. Il lui suffit pour cela de choisir son écurie et de définir les principales caractéristiques

de sa voiture (braquage des ailerons, type de gomme, étalonnage de la boîte de vitesses, répartition du freinage). Le logiciel dispose de plusieurs options (boîte automatique, freinage contrôlé par ordinateur, trajectoire idéale...) qui permettent au joueur de se familiariser en douceur à la conduite d'une Formule 1. Distribué par Ubi Soft. **400 F** O.C.



Voler sans quitter le plancher des vaches

Véritable référence en matière de simulateur de vol sur micro-ordinateur depuis plusieurs années, le logiciel *Flight Simulator* de Microsoft permet aux pilotes débutants de se familiariser avec les commandes d'un avion de tourisme, d'un planeur ou d'un biréacteur, et aux professionnels de se divertir. La cinquième version de ce logiciel propose, en plus, un affichage en 256 couleurs, des effets sonores et vidéo et un nouveau module d'apprentissage pour les pilotes débutants. Il affiche le poste de pilotage en trois dimensions, les commandes de vol étendues, une instrumentation de vol à vue (VFR) et de vol aux instruments (IFR). Le joueur peut, à tout moment, modifier son environnement (heure, saison, conditions météorologiques...). Il peut définir les conditions de vol et la fiabilité de son avion. Ce logiciel intègre également une véritable école de pilotage. **490 F** O.C.

LIVRES

Guides de la France contemporaine

Solar, env. 160 p., 70 F.

EDF est l'une des premières entreprises à avoir eu l'initiative d'ouvrir ses sites pour des visites touristiques industrielles. Qui a dit que les Français n'aimaient pas leur industrie ? Ces quelque 150 établissements d'EDF, dont 21 centrales nucléaires, attirent chaque année plus d'un million de visiteurs.

Cette expérience pilote et le fait qu'EDF soit implantée sur tout le territoire ont donné à l'entreprise l'idée de lancer, conjointement avec les éditions Solar, une collection de guides pratiques consacrée au tourisme industriel, région par région. Les guides Nord-Pas-de-Calais-Picardie, Languedoc-Roussillon et Poitou-Charentes-Aquitaine sortent donc, après ceux déjà consacrés aux régions Rhône-Alpes et Bretagne-Pays-de-Loire.

D'ici 1995, douze guides pratiques, répertoriant les sites visitables en France, auront été édités et permettront à tous ceux qui voyagent dans l'Hexagone, pour leur plaisir ou leur travail, de découvrir les richesses de la France industrielle et technique.

Ces guides, clairs et précis, sont destinés à un public varié : touristes, professionnels à la recherche d'informations sur leur métier, habitants des régions désireux de mieux connaître leur environnement économique. Ils constituent une réelle source de surprise : on n'aurait jamais pensé qu'autant d'entreprises ouvrent si facilement leurs établissements au public pour

des visites guidées.

A paraître cette année : Ile-de-France, Auvergne-Limousin-Centre et Alsace-Lorraine-Champagne-Ardenne.

Gérard Morice

Frank Lestringant Le Cannibale Grandeur et décadence

Perrin, 320 p., 145 F.

La découverte du cannibalisme (terme dérivé du mot *carib* qui, dans la langue arawak, signifiait "hardi" et qui était le terme par lequel se désignaient aussi les natifs des Caraïbes) chambarda l'imaginaire occidental.

On écrit mille folies à ce sujet, et un Jésuite, le P. du Tertre, alla jusqu'à prétendre qu'il avait entendu dire par les anthropophages que, «de tous les Chrétiens, les François estoient les meilleurs et les plus délicats à manger, que les Espagnols estoient si durs qu'ils avoient de la peine à en manger».

Les intellectuels du Siècle des lumières s'emparèrent du cannibale pour défendre l'idée selon laquelle les civilisés chrétiens ne faisaient guère mieux, et, au moins, dirent-ils, les sauvages d'ailleurs ne mangeaient pas leur dieu. Voilà que le cannibale «innocent et nu» devint presque un héros, qu'on retrouve d'ailleurs en filigrane dans *le Supplément au voyage de Bougainville*, de Diderot, et dans les rêveries de Rousseau, un peu moins solitaires que d'habitude, sur le Bon Sauvage.

Ce ne fut qu'au xix^e siècle que le cannibale devint enfin un objet d'horreur universel.

Frank Lestringant

LE CANNIBALE

Grandeur et décadence



HISTOIRE ET DÉCADENCE

Perrin

Etienne Klein **Sous l'atome, les particules**

Flammarion, "Dominos", 128 p., 39 F.

«La physique nous transporte, tels des touristes déroutés et hagards, en des mondes étranges où nos sens et nos intuitions, pris de vertige, perdent leurs marques. Pour peu qu'on agrémente ce voyage de commentaires et d'un peu de mise en scène, il devient aventureux, pimenté, fascinant et plein de rebondissements.» Non content de l'affirmer, Etienne Klein le prouve. La physique dont il nous parle est celle des particules. Autrefois, «prima donna abreuve»

Gerald Messadié

suite de la page 155

de crédits et auréolée de prestige», elle est aujourd'hui «confrontée à la concurrence directe des autres disciplines». Avec Klein, elle a trouvé l'un de ses défenseurs les plus brillants et les plus convaincants.

Son petit livre (par la taille) est un modèle du genre. Clair, pétillant et profond à la fois, ce n'est ni un ouvrage de vulgarisation ni un livre de réflexion, mais les deux à la fois. Avec l'humour en prime.

Daniel Tarnowski

*Louis-Henri Fournet
Eliane Hensinger
L'Histoire du monde*

Sides, 82 x 116 cm, 110 F.

Qui ne rêve d'avoir sous les yeux, sinon à l'esprit, la correspondance entre les grandes civilisations, l'empreinte des hommes et des empires ? Cette carte devrait rendre bien

des services, et pas seulement aux professeurs d'histoire, pour évoquer de manière immédiate l'importance des civilisations anciennes, grecque, égyptienne ou babylonienne. «Pendant les dix années de la vie scolaire, la science pédagogique a le devoir de fournir le maximum de points de repère importants, ce qui est plus efficace que de faire apprendre une surabondance d'événements à réciter un jour et qui seront oubliés le lendemain», écrit Henri Belliot dans la préface du livret qui accompagne cette carte et qui trace, en 32 pages, les grandes étapes des cinquante derniers siècles.

Louis-Henri Fournet, l'auteur de ce tableau synoptique, n'est pas un historien ; ses réalisations professionnelles sont des barrages, des routes, des ponts, des ports. Il a voulu frapper les esprits, provoquer des questions, éclairer, renseigner et, si possible, émouvoir. «Rester disponible et transmettre», écrit-il en exergue au livret. Ce

qui, à l'origine, était un casse-tête chinois a été rendu lisible, au prix de trois ans d'efforts, par une cartographe du CNRS, Eliane Hensinger.

En ordonnées, les lettres de A à J figurent le temps, par tranche de cinq siècles, de -3 000 ans à + 2 000 ans. En abscisses, figurent les régions, dont la largeur est arbitraire, comme bien d'autres éléments dont le choix, reconnaissent modestement les auteurs, n'est que «le moins mauvais» ; ainsi des couleurs attribuées aux empires, dont seules les nuances évoquent le lien de parenté.

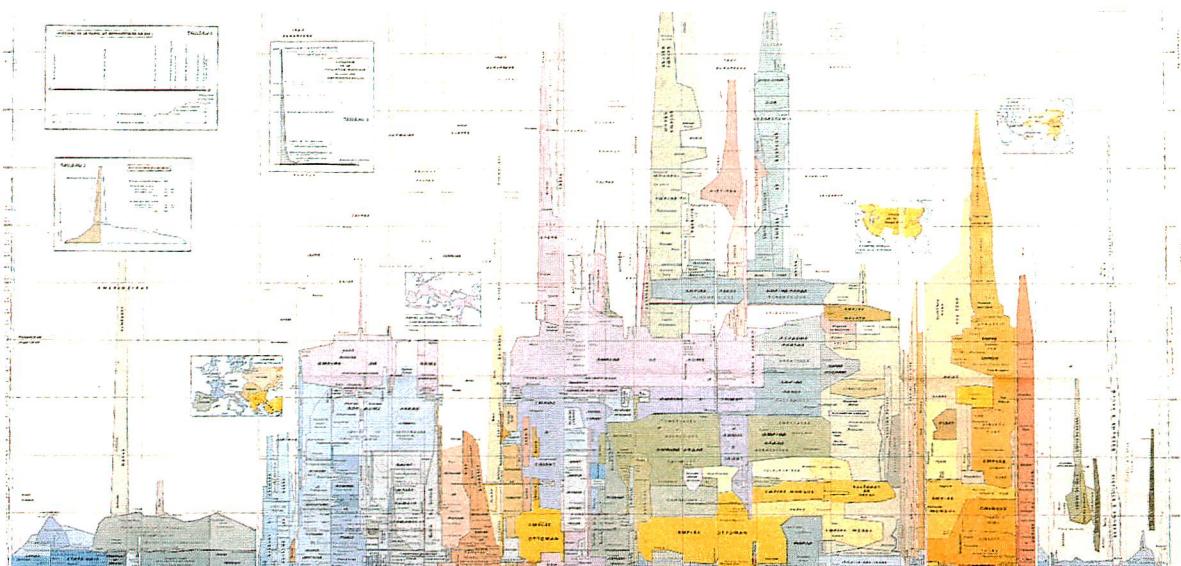
Dans cette carte panoramique de l'espace-temps, les civilisations apparaissent avec une forme inattendue. Jamais Charlemagne n'est apparu aussi allemand ni les conquêtes de Napoléon aussi éphémères que sur cette carte. Et, pour oublier, par exemple, le règne court mais étendu d'Alexandre le Grand, qui trace un large trait entre le déclin de l'Empire per-

se et le rayonnement de la période hellénistique, il faudrait faire preuve d'autant d'amnésie que pour oublier l'Amérique du Sud après avoir contemplé un planisphère !

Cette carte en matière plastique "indéchirable" en est à son cinquième tirage (mars 1994). Les 20 000 premiers exemplaires ont été épuisés malgré une diffusion très restreinte depuis sa parution en 1987, à laquelle les libraires, les Monuments historiques et les Musées nationaux ne contribuent que depuis un an.

L'éditeur ne se limite pas à l'espace-temps de notre planète bleue : ce mois-ci sort le premier ouvrage d'une collection qui consacrera tous les ans un livre à l'année spatiale écoulée. *Espace 93* (144 pages illustrées, 180 F), écrit par Jean-Bernard Desfayes, rend hommage à la mission de l'astronaute suisse Claude Nicollier à la rescousse du télescope Hubble.

Marie-Laure Moinet



Du haut de ces cinquante siècles, les peuples d'origine, les envahisseurs, les empires, les royaumes, etc. vous contemplent...

Alvin et Heidi Toffler **Guerre et Contre-guerre**

Fayard, 431 p., 145 F.

Michel Lacroix **L'Humanicide** **Pour une morale planétaire**

Plon, 197 p., 105 F.

Alvin Toffler nous a parfois fait rire. C'était lui, jadis, qui avait prévu, par exemple, une extension extraordinaire des voies ferrées en Afrique. Ah, misère de la prophétie ! Mais dit-on encore "prophète" ? Non, futurologue.

Cette fois-ci, il donne le frisson ; en effet, dans ce nouveau livre sous-titré *Survivre à l'aube du xx^e siècle*, écrit avec son épouse, il indique que nous entrons dans une ère de guerres incessantes. A l'en croire, le monde civilisé, identifié implicitement, mais un peu vite, aux seuls Etats-Unis, ne s'en tirera qu'à l'aide de guerres *high-tech*, dites de la "troisième vague", et dont la guerre du Golfe aurait été une sorte de banc d'essai. Mais bien timide, car «la guerre du Golfe», écrit-il, ne nous a donné qu'un pâle aperçu des développements ultérieurs de la nouvelle forme de guerre».

Les Toffler ont visiblement eu accès aux informations de gens du complexe militaro-industriel américain, et c'est pourquoi leur livre est riche de déclarations intéressantes sur la technologie militaire en cours de développement. Et de prédire, entre autres bouleversements, «la révolte des riches» et «une nouvelle division du pouvoir mondial entre

trois civilisations, celles du passé, du présent et de l'avenir». Voire !

Il est difficile de trouver un livre aussi ouvertement militariste et agressif, et, par-dessus le marché, optimiste : on croit entendre un Déroulé frotté de lectures techniques. C'est un plaidoyer sans réserves pour la technocratie militaire, et l'américaine avant tout. Car les Toffler semblent assigner aux Etats-Unis, d'emblée et sans discussion, le rôle de gendarme du reste du monde. Or, il ne semble pas que les responsables politiques américains témoignent d'un désir de l'assumer aussi fiévreux que celui de nos auteurs, et la mésaventure somalienne, entre autres, l'explique.

Par ailleurs, le scrupule dans la vérification de l'information n'est pas toujours le fort de nos auteurs. Ainsi, parlant de la guerre du Golfe, ils écrivent : «Le monde entier fut au départ frappé de stupeur par les inoubliables images télévisées de missiles Tomahawk et de bombes guidées au laser qui recherchaient et frappaient leurs cibles au cœur de Bagdad avec une étonnante précision.» Or, les Tomahawk étaient loin d'offrir une précision «étonnante», puisqu'ils atteignaient leurs cibles à une trentaine de mètres près, ce qui n'est pas rien quand on bombarde une ville. Et quant aux bombes guidées par laser, les GBU, on se rappelle surtout les massacres qu'elles ont perpétrés sur les populations civiles.

Enthousiastes de la guerre du Golfe, les Toffler l'ont donc connue d'après la télévision et les déclarations des militaires américains. Impavides,

ils se limitent à dire que l'image en fut «apparemment dépourvue d'effusion de sang», après avoir pourtant admis que ce fut un «massacre industrialisé». Mais il est vrai, n'est-ce pas, que cela se passe loin, et à la télévision.

On complétera la lecture de ce singulier ouvrage par celle de l'ouvrage de Michel Lacroix, qui demande, comme son titre l'indique, une morale universelle. On ne saurait qu'applaudir, quand on voit les désastres présents causés par les conflits des cultures.

Hélas, il faudrait renoncer aussi à bien des croyances, et le vœu de Lacroix risque de demeurer longtemps encore lettre morte. Mais enfin, il fallait que ces choses-là fussent dites.

G.M.

*Sous la direction
de Paul Davies*

La Nouvelle Physique

Flammarion, 515 p., 495 F.

Dix-sept livres en un seul pour tout savoir sur les sujets les plus "chauds" de la physique et de l'astrophysique. Voilà ce que propose cette "Bible" qui réunit dix-sept contributions écrites par autant de "papes" de la physique et de l'astrophysique. L'ouvrage s'adresse d'abord aux scientifiques : chercheurs, enseignants, étudiants. C'est-à-dire à ceux que les équations ne rebutent pas. Il représente ce qu'on fait de mieux en vulgarisation de haut niveau. A lire et à relire. A tête reposée.

D.T. ▶

**COLLECTIONNEZ
LE SAVOIR
AVEC
LES RELIURES
SCIENCE & VIE**

BON DE COMMANDE

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

OUI, je souhaite recevoir _____ lots de 2 reliures (*) SCIENCE & VIE au prix de 80 F francs - Etranger : 100 F **

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

NOM Prénom

ADRESSE

CODE POSTAL VILLE

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

OFFRE VALABLE JUSQU'AU 31/12/94

RC Paris B 572 134 773

suite de la page 157

**Pascal Reysset
et François Pingaud
Awélé
Le jeu des
semaines africaines**

Chiron, 110 p., ill., 98 F.

Tous ceux qui ont séjourné quelque temps en Afrique connaissent le jeu de l'awélé. On peut y jouer sur un plateau de bois sculpté, creusé de douze cases rondes, mais la majorité des Africains y joue en creusant simplement des trous dans la terre, d'où le nom de jeu des semaines. Car ce jeu, qui se joue à deux, repose sur une symbolique des semaines : dans chaque case, en effet, l'on dépose quatre grains – fèves, riz, pois, etc. Le principe est de semer pour récolter et obtenir un maximum de graines.

Mais c'est aussi l'un des trois grands jeux de réflexion du monde, avec les échecs et le go. Toutefois, l'awélé comporte ceci de particulier qu'on n'essaie pas détruire l'autre, mais de faire circuler les biens qu'on a pris à son prochain : c'est un jeu essentiellement social, et qui n'a vu les attroulements qui se forment autour de joueurs d'awélé ignore un aspect de la vie sociale afri-

caine. De plus, il comporte un nombre considérable de stratégies ; il s'en faut de beaucoup que ce soit un jeu "simpliciste", ni simple.

Nos auteurs exposent extrêmement bien la pratique de l'awélé, Reysset en expliquant la portée symbolique et Pingaud, la théorie. De nombreuses illustrations facilitent la compréhension, et l'on s'étonnera sans doute qu'il n'y ait pas de club français d'awélé.

G.M.

ne suffisait pas. Il fallait le doubler par une deuxième offre sans risquer la concurrence interne, donc imaginer un projet radicalement différent.

Mais qui dit petite voiture dit difficultés de rentabilité. Les premières ébauches remontaient à 1986, mais elles furent protégées par le plus grand secret : à l'époque, Georges Besse était confronté au problème de la fermeture du site de Billancourt et la CGT se serait emparée du projet pour justifier le maintien d'activité dans l'île Seguin. La maquette fut enfermée dans une caisse d'où elle ne fut sortie qu'en 1988. Raymond Lévy autorisa la relance des études cette même année : il était séduit par le "talent" de cette formule monocorps.

Mais avant de donner son feu vert, il exigea qu'on lui en démontre la rentabilité. Plusieurs axes étaient déjà tracés : l'offre unique et claire, sans déclinaison ni diversité, le style, le désir de ne pas faire une sous-voiture triste et sous-équipée. A l'automne 1988, l'enveloppe des coûts n'était pas encore acceptable, et, le 4 janvier 1989, Raymond Lévy nommait Yves Dubreil, alors directeur des achats, chef du projet X 06, qui déboucherait, ou ne déboucherait pas, sur la Twingo.

Dubreil avait fait ses preuves en tant que chef de "commando" en menant à bien, en huit mois, un prototype pour le Salon de Paris 1988, la Megane. Les achats représentant 70 % du prix de fabrication, Dubreil commença par mettre les fournisseurs en concurrence et leur imposa de remettre leur ouvrage sur le métier en fonction d'enveloppes strictes de coûts. Le

résultat de cette mobilisation dépassa ses espérances. Côté investissements industriels, toutes les possibilités furent envisagées : le choix pour l'assemblage final se fixa sur la mise en place d'une troisième équipe à Flins, une usine datant pourtant des années cinquante, avec une moyenne d'âge des employés élevée (plus de 40 ans).

Les sommes prévues furent considérablement réduites : de 500 à 170 millions de francs pour les moteurs, de 700 à 470 millions de francs pour la tôlerie, avec une automatisation ramenée à un taux de 82 %, pour utiliser et adapter au mieux les installations existantes (selon le principe kaisen japonais). Les coûts furent aussi comprimés en associant très en amont les services méthodes, marketing et commercial au projet, en croisant les essais sur prototypes, en déplaçant en temps utile le plateau des décisionnaires de Paris sur le site de production. Et, malgré la chasse aux coûts, le contenu du produit fut enrichi pour ne pas décevoir le client et pour se prévaloir aussi d'une originalité intérieure : essuie-glace arrière, boîte cinq vitesses, banquette arrière modulable, affichage électronique (malgré un surcoût de 100 F).

Quand le feu vert fut accordé par Raymond Lévy, Dubreil maintint ses troupes sous pression en avançant de trois mois la commercialisation. Mais l'objectif capitula face aux exigences de la direction de la qualité : il fallut trois mois pour remédier aux défauts de jeunesse de la Twingo, et, finalement, elle sortit à la date prévue.

Bien sûr, la révolution s'ap-

**Christophe Midler
L'auto qui
n'existe pas**

InterEditions, 234 p., 165 F.

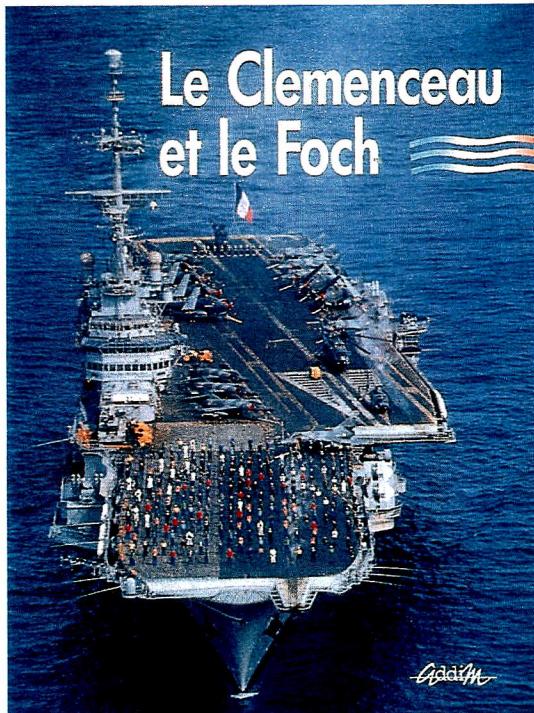
Christophe Midler est directeur de recherche au Centre de recherche en gestion de l'Ecole polytechnique. Yves Dubreil, le directeur du projet Twingo, l'a appelé à ses côtés pour consigner par écrit toute la genèse de cette Renault originale afin de tirer les leçons de la révolution à laquelle elle a donné lieu. L'auteur s'efforce en outre d'en dégager des lois générales de gestion de projet, qui remettent profondément en cause les tabous de la tradition et de l'habitude.

La petite voiture a toujours été la raison d'être de Renault. Mais, sur un marché de quelque 3,5 millions d'exemplaires en Europe, la part de la marque, sous la pression de la concurrence, était passée de 27 % au milieu des années soixante-dix à 15 % dix ans plus tard. Pour améliorer cette situation, un seul modèle (la Supercinqui à l'époque, appelée à être relayée par la Clio)



AL
GO





pliquait à un produit bien spécifique, qui était un "plus" non indispensable ni prioritaire dans l'offre de Renault. Mais elle a des retombées précieuses et instruit tout gestionnaire. Exemple à peine croyable : pour le "chauffage", l'étude de la Twingo a révélé que Renault se fiait à l'évaluation de son fournisseur, sans procéder à sa propre expertise !

Luc Augier

Le Clemenceau et le Foch

Addim, 6 rue Saint-Charles,
75015 Paris, alb. coul., 190 F.

Pour ceux qui n'y connaissent rien et n'y embarqueront jamais, pour les anciens, pour les jeunes, pour les jeunes d'esprit, pour ceux qui se demandent «à quoi ça sert», un bel album sur nos deux grands porte-avions.

G.M.

“Les Empêcheurs de Penser en Rond” récompensés

Les laboratoires Synthélabo, mécènes de l'édition, puisqu'ils assurent celle de la collection "Les Empêcheurs de Penser en Rond", viennent de recevoir le Phénix de l'édition décerné par l'Union des annonceurs. Une quarantaine d'ouvrages, plus particulièrement consacrés aux sciences humaines, à la psychiatrie et à la psychanalyse, tous rédigés dans un esprit d'indépendance, ont motivé la récompense que voilà, et qui nous réjouit.

Certes, l'édition ne se porte pas si mal qu'on le dit, mais celle de livres destinés en principe à un public restreint n'eût peut-être pas été commode sans le mécénat de Synthélabo. Et, finalement, la pensée tourne mieux... avec des empêcheurs !

G.M.

Dans 3 mois vous pouvez parler couramment l'anglais l'allemand ou l'espagnol

Avec la Méthode Réflexe-Orale, vous apprendrez une autre langue comme vous avez appris votre langue maternelle.

Connaître 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.

Rien à apprendre par cœur. La Méthode Réflexe-Orale a été conçue pour arriver à ce résultat. Elle est basée sur les mêmes mécanismes que ceux qui apprennent à un enfant sa langue maternelle. Non seulement elle vous donne de solides connaissances, mais surtout elle vous amène infailliblement 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.

Des résultats rapides. 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 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, en Allemagne ou en Espagne.

Dans 2 mois vous commencerez à parler. 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 peu de temps après, vous parviendrez à parler couramment avec un accent impeccable, ce qui d'ailleurs a stupéfié des spécialistes de l'enseignement.

Demandez la cassette d'essai gratuite. 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. Demandez vite la leçon d'essai et la cassette gratuites qui vous sont offertes ci-dessous.

GRATUIT : 1 cassette + 1 leçon + 1 brochure A 14 C
Bon à retourner à :

C.E.F.L., 1, av. Stéphane Mallarmé 75847 Paris Cedex 17

Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre brochure "Comment apprendre une langue étrangère et la parler couramment" ainsi que la leçon, la cassette d'essai et les détails sur l'avantage indiqué

Anglais ou Allemand ou Espagnol

(joignez 3 timbres pour frais. Pays hors d'Europe : joignez 5 coupons-réponse.)

Mon nom :
(en majuscules SVP)

Prénom :

N° et rue :

Cod.post. : Ville :

Science & Vie ILYA...

Par Marielle Véteau

...70 ANS



Avril 1924

«Aujourd'hui, il est possible d'amplifier la voix au moyen de tubes à vide et de cornets, de telle manière qu'elle puisse être entendue à plusieurs kilomètres. Un Américain a donc eu l'idée d'équiper les gratte-ciel d'immenses haut-parleurs. Les nouvelles susceptibles d'intéresser la population, discours, avis, etc., seraient ainsi transmises à la cité.»

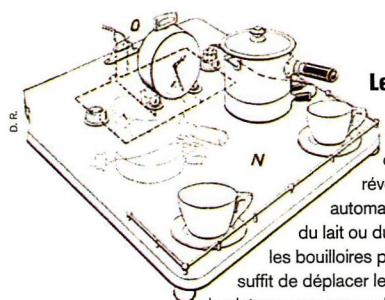


Il en est de jolis, mais que de monstres !

«Les progrès du monde moderne mettent désormais à portée de bourse des insectes aux couleurs et aux formes extraordinaires. Hercule d'Amérique centrale, mormolyce de Bornéo, arlequin de la Guyane font les beaux jours des industriels et des bijoutiers qui rivalisent d'imagination pour les mettre sous verre, les sertir, les incruster.»

Si vous avez de bons poumons, employez la lampe électrique... de bouche

«Lorsque la turbine du minuscule groupe électrogène qui alimente la lampe de bouche est lancée par un puissant coup de souffle, il suffit pour la maintenir à la vitesse de 3 000 tours à la minute de continuer à souffler à intervalles réguliers. La lampe brille aussitôt, et le cycliste entretient son alimentation sans la moindre fatigue.»

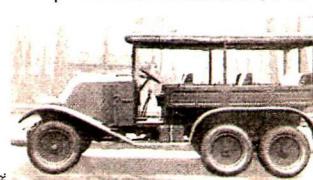


Le réveil-matin qui prépare le café

«Le déclenchement de la sonnerie du réveil-matin provoque automatiquement le chauffage du lait ou du café contenu dans les bouilloires placées sur le plateau. Il suffit de déplacer le réveil-matin sur le plateau pour couper le courant.»

L'automobile a conquis le désert

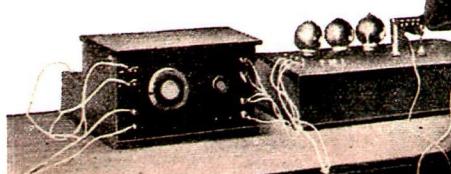
«Six jours et six nuits ont suffi à cette nouvelle automobile Renault pour traverser le Sahara. Fini les auto-chenilles, cette voiture montée sur douze pneus jumelés, dont les quatre paires arrière sont motrices, n'exerce qu'une très faible



pression sur le sol, en même temps qu'elle réalise une très grande adhérence. Ce raid a permis de révéler le bel avenir de ces engins dans ce type d'expédition.»

Les sourds entendront-ils avec leurs dents ?

«L'Osophone de M. Gernsbach est constitué d'un électro-aimant relié électriquement à un microphone. Les variations d'intensité du courant téléphonique font vibrer une armature de caoutchouc introduite dans la bouche. Ces vibrations sont alors transmises au nerf auditif par les dents et les os du crâne.»



ACTION AUTO MOTO

Le Premier Magazine de l'Automobiliste

Prenons la route ensemble.

CHAQUE MOIS CHEZ VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX.

N° 1

15 F.



Mariage d'Isabella, fille de William Grant (fondateur de William Grant & Sons), avec Charles Gordon, futur responsable de la distillerie.

Savez-vous qu'à chaque fois
que vous achetez du whisky Grant's, vous puisez
dans la réserve familiale ?

Grant's LE WHISKY FAIT EN FAMILLE DEPUIS 5 GÉNÉRATIONS.



FONDÉ EN 1887

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