

SCIENCE & VIE

BOEING 777 contre AIRBUS



PÊCHE
La mer
à bout
de
souffle

VIDÉO
1000
films
sur une
cassette

FOOT
L'histoire tabou
du dopage

RELATIVITÉ
Einstein est
dépassé





“MES VUARNET, JE SAIS POURQUOI JE LES METS.”



2438 Jaspe



4002 Noir



2042 Doré

“Je les ai choisies pour la protection

qu'elles m'apportent à la montagne, à la mer, comme à la ville.



4039 Noir

Choisissez vos lunettes parmi les 40 modèles,

avec les verres Vuarnet les mieux adaptés à vos besoins.



3006 Noir

Vous aurez, comme moi, les meilleures lunettes solaires du monde.”



LUNETTES VUARNET. Le soleil jusqu'au bout.

POUILLOUX PARIS

To be or not Toubon ?

On aura donc le droit de parler français en France : c'est, en effet, et non sans une certaine finesse sans doute teintée d'ironie, ce que dit le texte de la "loi Toubon" sur l'usage du français en France. On y lit que «tout participant à une manifestation, un colloque ou un congrès organisé en France par des personnes physiques ou morales de nationalité française a le droit de s'exprimer en français.» A la bonne heure !

A dire vrai, il s'agit là d'une satisfaction accordée à l'Académie des sciences qui, alors que le projet de cette loi allait être soumis aux deux assemblées, multipliait les démarches (d'abord sans grand succès) auprès du ministre de la Culture et de la Francophonie et auprès du Premier Ministre. Objet : autoriser les savants français à s'exprimer en anglais devant des auditoires en majorité anglophones.

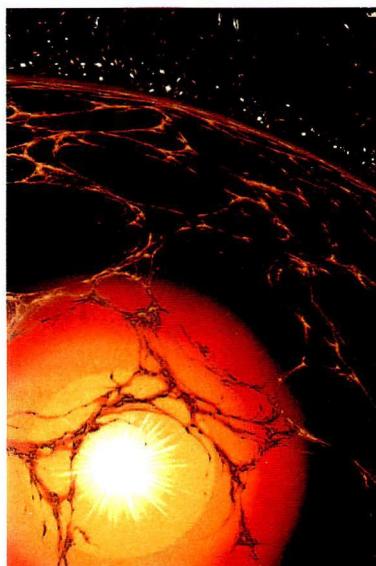
Car on a craint un certain temps l'interdiction, sous peine d'amende, d'une utilisation publique de l'anglais. Or, personne, ministres compris, ne peut contester que l'anglais soit la langue scientifique internationale et qu'un scienti-

fique qui publie ses travaux en français a beaucoup moins de chances d'être compris de ses collègues russes, allemands ou italiens, pour ne pas parler des anglophones. Le rayonnement de la science française passe aussi par l'anglais.

Nous avons suffisamment plaidé dans ces pages, au cours de ces dernières années, en faveur d'un usage plus châtié du français, pour n'être pas suspectés de complaisance à l'égard des jargonneurs du franglais. Nous pouvons donc nous féliciter de l'assentiment tacite accordé à l'Académie des sciences. Incidemment, nous souhaiterions surtout que nos élus, technocrates et autres "communicateurs", parlent français et non la langue de bois que l'on connaît.

Ce ne sont pas, en effet, les mots étrangers qui nous contrarient : c'est la prétention, le plus souvent pseudo-scientifique, à la "haute technicité". Les mots étrangers sont abondants dans notre vocabulaire, tels hasard, piano ou tulipe. Big-bang aussi. Nul ne s'en offense. Le vrai ennemi n'est pas là, nous semble-t-il : il se trouve plutôt dans l'usage des "franglismes" du faux français à la mode. **S & V**

Et le big-bang, comment l'appellera-t-on ?



Marchu/Ciel et Espace

Publié par Excelsior Publications S.A.
Capital social : 11 000 000 F - durée : 99 ans.
1, rue du Colonel-Pierre-Avia,
75505 Paris Cedex 15.
Tél. : 1 46 48 48 48. Fax. : 1 46 48 48 67.
Adresse télégraphique : Sienarie 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 : Gérard 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 Maillier, Stéphan Bry. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Alexandre Dorozynski, Pierre Rosselin, Marie-Laure Moinet, Roger Bellone, Jean-Michel Bader, Didier Dubrane, Henri-Pierre Penel, Marc Mennessier, Isabelle Bourdial, Thierry Pilorge, Daniel Tarnowski, Hélène Gulliemot, Germain Chambost. Secrétaire : Paule Darconnat. Directeur artistique : Gilles Moine. Maquette : Lionel Croson, Elisabeth de Garrigues, Françoise Blondeau. Service photo : Anne Levy. Correspondante à New York : Sheila Kraft, P.O. Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA 18428 Etats-Unis.

RELATIONS EXTRÉMIERES

Michèle Hilling, assistée de Guyaline Brehin.

SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Sarradeil. Marketing : Pierre Wavrant. 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. : 41 34 82 08. Directeur commercial publicité : Yves Langlois. Directrice de la publicité : Sophie Nettier. Directrice de clientèle : Isabelle Sommet.

À NOS LECTEURS

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

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 : un an, douze numéros, 242 F ; un an, douze numéros + quatre hors-séries, 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 ABONNÉS

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

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

Copyright 1989 *Science & Vie*.



Les Européens de demain consommeront de l'électricité nucléaire française. Peut-être feront-ils moins de voiture et plus de train. Mais sauront-ils retrouver la sagesse de leurs ancêtres envers la forêt ? p. 107

n° 921
juin
1994

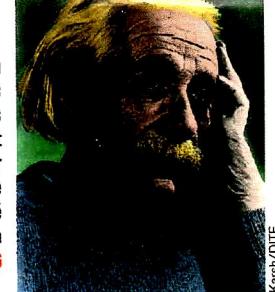
SONOMMIAIRE



Photo de couverture : Boeing

Recevez *Science & Vie* chez vous. Votre bulletin d'abonnement est en page 87. Vous pouvez aussi vous abonner par minitel en tapant 3615 ABOV.

L'après-Einstein a commencé : les étoiles à neutrons nous permettent d'expérimenter vraiment la théorie de la relativité générale ; et de la dépasser... p. 56



Karsh/DITIE



La concurrence sévit, la grogne monte et la mer s'épuise. Quel avenir pour la pêche ? p. 116

AVIATION

Boeing défie Airbus

Serge Brosselin

PHYSIQUE

Relativité, Einstein dépassé

Atta Oloumi

PHYSIOLOGIE

Football, la science contre le dopage

- Trente ans d'histoire tabou 66
- La science au secours du football 72

Jean-Pierre de Mondenard, Patrick Laure, Jean-Michel Bader

BIOÉTHIQUE

Peut-on breveter l'homme ?

Pierre Rosselin

ENVIRONNEMENT

Les pesticides nous rendent stériles

Thierry Pilorge

EXPLORATIONS

La découverte du légendaire cheval de Nangchen

Michel Peissel

ÉPISTÉMOLOGIE

Le NO rend-il fou ?

Alain Meunier

BICENTENAIRE

Lavoisier, de l'alchimie à la chimie

Maurice Arvonny

ESPIONNAGE

Après la guerre froide, la guerre économique...

Germain Chambost

Le football n'échappe pas au dopage.
Fin d'un mythe et place à la science. p. 66



Voyager dans
des soucoupes
volantes,
russes ou
américaines,
attachez vos
ceintures, c'est
pour bientôt !
p. 124

Dossier	
ENVIRONNEMENT	
Quelle France dans l'Europe verte ?	107
Didier Dubrana et Jérôme Strazzulla	
● La France, centrale nucléaire de l'Europe	108
● La bataille du rail	110
● Le patrimoine en friche	112
● Questions à Michel Barnier	114
PECHE	
La mer à bout de souffle	116
Marie-Laure Moinet	
AÉRONAUTIQUE	
De vraies soucoupes volantes	124
Germain Chambost	
AUDIOVISUEL	
Futuroscope, la science à grand spectacle	126
Henri-Pierre Penel	
TECHNOLOGIE	
Magnétoscope HD, tout dans la tête	130
Henri-Pierre Penel	
CONSOMMATION	
Choisissez votre baladeur	134
Henri-Pierre Penel	
FORUM	6
échos de LA RECHERCHE	24
dirigés par Gerald Messadié	
échos de L'ENVIRONNEMENT	34
dirigés par Didier Dubrana	
industrie & INNOVATION	138
dirigé par Gérard Morice	
comment ÇA MARCHE	150
Renaud de La Taille	
ELECTRONIQUE amusante	154
Henri-Pierre Penel	
INFORMATIQUE amusante	156
Henri-Pierre Penel	
BIOLOGIE amusante	158
Didier Pol	
journal de L'ASTRONOME	160
Yves Delaye	
ECHECS & maths	164
Alain Ledoux et Louis Thépault	
SCIENCE & VIE PRATIQUE	166
Roger Bellone	
LIVRES	174
Science & Vie IL Y A...	180
Marielle Véteau	



Combien de doigts ?

Pour la plupart des pellicules couleur, cette question est une colle.

Mais pas pour le nouveau film Kodak Gold qui possède le nouveau "système coupleurs DIAR".

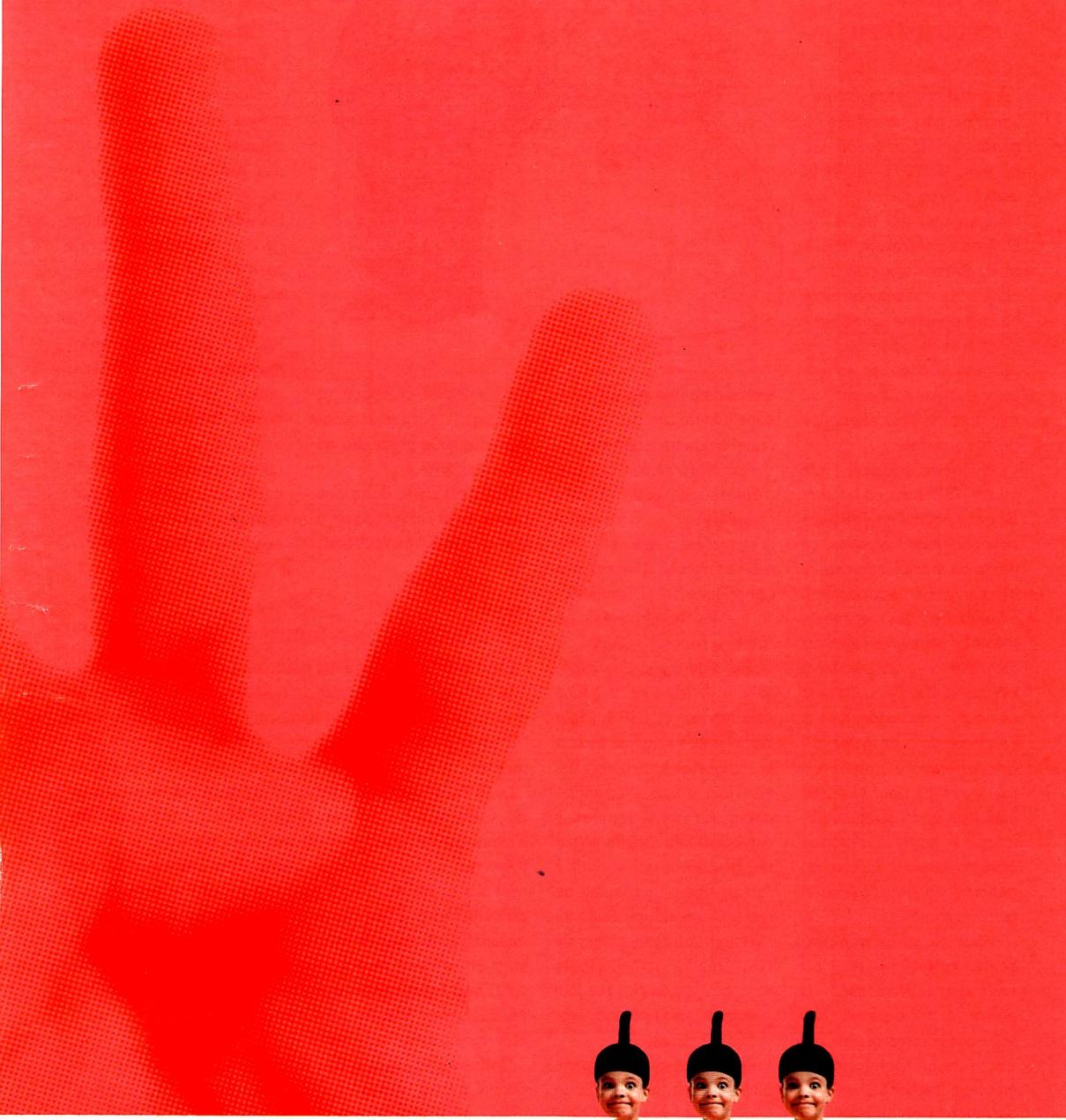
Car grâce à celui-ci, il restitue parfaitement

les milliers de nuances que Dame Nature offre à nos yeux éblouis.

De plus, saturation des couleurs et souplesse d'utilisation sont exceptionnelles.

Alors n'hésitez plus, procurez-vous sur le

Nouveau film Kodak Gold. Verrait-il les



champ le nouveau film Kodak Gold (disponible en 100, 200 et 400 ISO) : un photographe comme vous, avec un tel talent, le mérite vraiment. (Mais si, mais si).

Kodak. Toujours un déclic d'avance.

couleurs mieux que les autres ?



FORUM

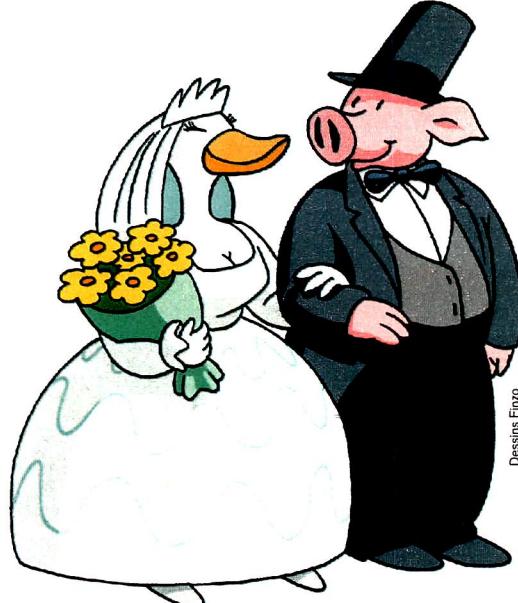
Génétique, manipulation et croisement

A la suite de notre information "Foie gras, une affaire de génétique" (Science & Vie n° 914, p. 131), qui rend compte de travaux menés par l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), M. B., d'Archamps, près d'Annecy, nous adresse une lettre où il nous exprime son «dégoût devant les manipulations génétiques menées sur les oies et les canards pour obtenir du foie gras meilleur et en plus grande quantité.»

Ce lecteur poursuit : «Je pense d'ailleurs que nombre de gens pourraient être d'accord pour reconnaître que ce genre de manipulation sur la productivité et le rendement alimentaire des animaux, même en étant une réalité, est manifestement, moralement et éthiquement indigne. On peut se nourrir correctement sans ce genre de monstruosité ! Sachez que je préférerais ramasser les poubelles, en mon âme et conscience, plutôt que de porter la responsabilité de travailler dans un organisme comme l'INRA en tant que chercheur.

«Vous ne faites que présenter les techniques, mais vous avez la responsabilité d'être le porte-parole des sciences et techniques. Cela peut être un facteur de façonnage des idées.»

L'INRA, à qui nous avons communiqué cette lettre, précise que : «L'amélioration de la qualité du foie gras obtenu à l'INRA résulte de la sélection classique, c'est-à-dire du croisement de souches entre elles, et il est



erroné de parler de manipulations génétiques qui laissent croire à une transgenèse.

«Aucun produit transgénique n'existe sur le marché ; il existe une réglementation très stricte en matière d'autorisation de mise en marché d'organismes génétiquement modifiés. Toutes les recherches en ce domaine sont surveillées.

»Par ailleurs, si des expériences de transfert de gènes sont menées à l'INRA, il faut rappeler qu'il s'agit de travaux en laboratoire et qu'on est très loin d'une production d'animaux transgéniques. Il est regrettable de faire un pareil raccourci qui aboutit à l'amalgame d'un résultat de recherche avec une vision totalement futuriste et loin de toute réalité actuelle. Toute rencontre d'individus (de toute espèce) aboutit à une association de gènes !...

»Néanmoins, rien de manipulateur dans tout cela. Pourquoi alors utiliser le mot "manipuler", qui crée chez le lecteur attentif une réelle ambiguïté.

»En l'occurrence, l'INRA ne fait rien d'autre que de faciliter la rencontre de souches d'oies qui améliorent la qualité du foie gras. C'est l'effet

de la sélection classique menée depuis toujours et qui est perfectionnée grâce aux travaux de l'INRA.»

Nous plaiderons donc coupables pour l'utilisation ambiguë du terme "manipulation".

Le mystère des gens immuns au sida

«Comment est-il possible qu'une personne qui n'est pas infectée par le sida possède des anticorps contre ce virus ?» demande M. W.B., de Saint-Lô. Il y a de rares cas de gens séronégatifs aux tests Eliza et Western Blot, c'est-à-dire sains, mais dont d'autres tests indiquent un contact avec le virus VIH que leur système immunitaire a vaincu. De même, on a vu des enfants nés séropositifs de mères séropositives se "négativer" à l'âge d'un an. Le phénomène est à l'étude, car il offre une voie importante pour la compréhension de l'entrée du virus dans la cellule.

Avrilologie bienvenue

Les temps appellent sans doute de plus fréquents recours à la vertu de l'humour, car de nombreux lecteurs nous ont écrit pour nous témoigner leur appréciation de notre article "C'est le bavardage qui cause l'effet de serre", dans notre numéro d'avril, évidemment (Science & Vie n° 919, p. 88).

Le Dr R., de Plonévez-Porzay, nous félicite pour «cette superbe plaisanterie qui m'a bien fait rire.» M. E.L., de La Mulatière, s'interroge sur l'étrange similitude entre ce canular et certaine thèse qu'il aurait adressée au CNRS. Rassurons-le, n'appartenant pas au jury du CNRS, nous n'avons pas eu connaissance de cette thèse, à vrai dire singulière. «Si, par le plus pur des hasards, vous aviez de toutes pièces inventé cette thèse, je ne vous en tiendrais pas rigueur. Mais permettez-moi d'en douter ! Dans le cas contraire, je souhaiterais que vous [abonniez] M. S.L., jeune RMiste qui n'a plus les moyens d'acheter votre revue.»

Cette requête sera, à titre exceptionnel, mise à l'étude. M. J.-P.L., de Thusy, nous adresse ses félicitations, nous signale que nos confrères d'Europe 1 ont fait écho à ce "blurg" le 28 mars dernier et nous prie de perséverer dans cette voie. ►



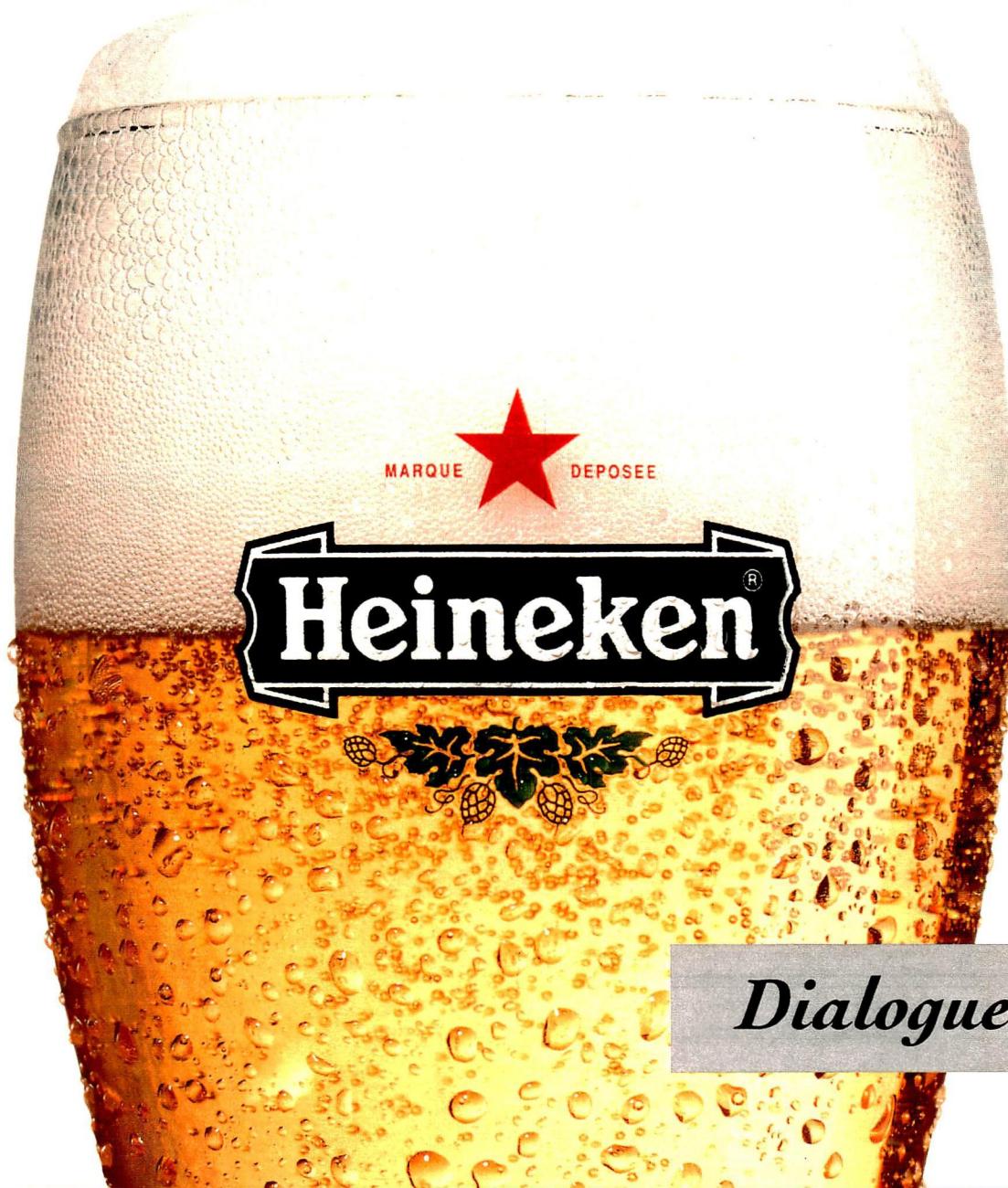


*EURO RSCG

534

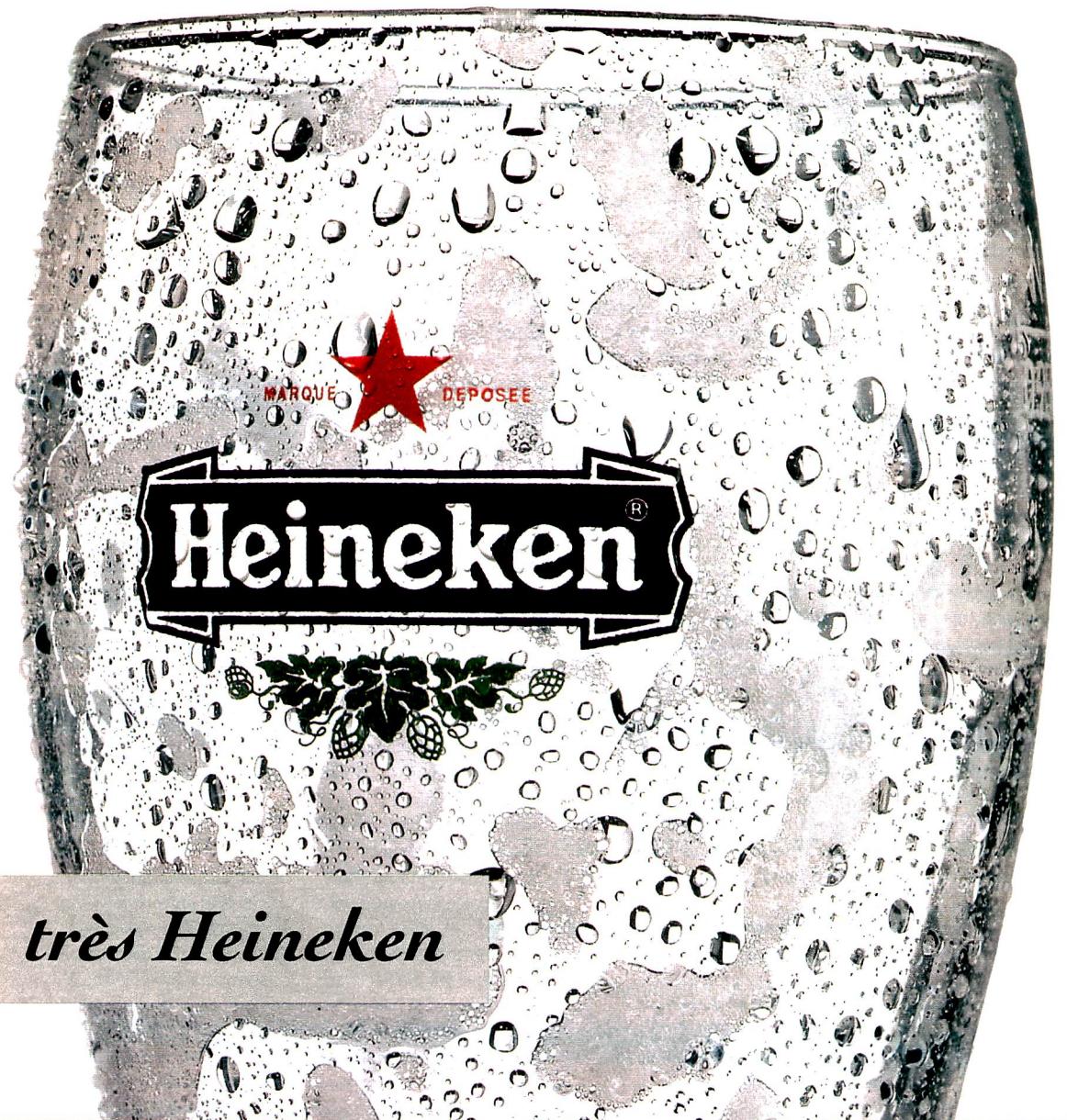
LE JEAN FEMME

Levi's



Dialogue

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA



très Heineken

HEINEKEN. AU NOM DE LA BIERE.

SANTÉ. A CONSOMMER AVEC MODÉRATION

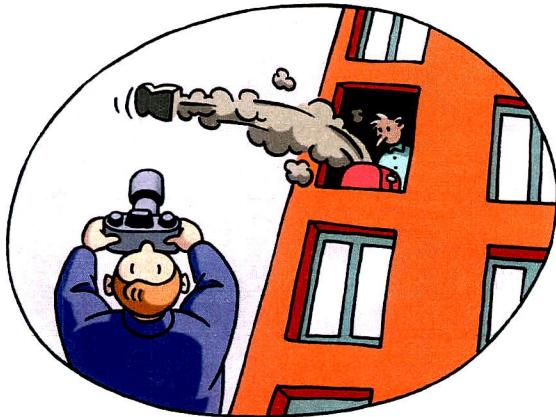
suite de la page 6

Combustions spontanées : l'eau et le pot

Evoquant la question des prétendues combustions spontanées, que nous avons traitée dans le "Forum" de notre n° 919, M. G.C., d'Enguignan, souhaite que l'"on cesse de tourner autour du pot. Un corps humain contient entre 60 et 70 % d'eau ; pour cette raison, il est très difficile de le calciner et de le réduire en cendres comme ce fut le cas à Uruffe [ce lecteur se réfère à un cas survenu dans cette ville]. M. Henri Broch avance que les graisses pré-

sentent dans le corps humain peuvent expliquer la combustion ; mais, dans le corps humain, la graisse jouxte d'autres substances qui ne sont pas combustibles et qui contiennent beaucoup d'eau. Ne se produit-il pas parfois dans le corps des réactions chimiques encore inexpliquées ?

Sur le premier point, ce lecteur offre lui-même des objections au second ; le corps humain brûlant en effet difficilement, il faudrait supposer que des réactions chimiques internes capables de dégager une chaleur de 700 °C à 1 200 °C non seulement se produisent, mais encore se



Aveugle ou mort ?

«Les "Echos de la recherche" de votre n° 918 mentionnent un fusil à laser qui rend aveugle l'adversaire visé. L'émotion soulevée par les effets de cette arme conduit la Croix-Rouge à demander sa mise au ban, et un officier américain assure que les principes éthiques des nations civilisées la feraient interdire», écrit M. M.J., de Bourg-la-Reine. «Voilà des réactions vraiment surprenantes. Car, s'il peut se trouver des gens pour préférer la mort à la cécité, une très large majorité estimera, au contraire, qu'il est bien plus grave de perdre la vie. Ce sont donc les armes qui tuent, comme le font toutes nos armes à poudre ordinaires, qu'il faudrait en priorité interdire. Et pourquoi alors condamner le fusil à laser, qui ferait presque figure d'arme humanitaire ?»

Chacun sait qu'une telle arme pourrait bien finir dans le commerce civil et, partant, dans les mains de malandrins. Or, il est douteux qu'elle élimine les armes à feu déjà existantes. Il faudra donc compter un certain nombre de cannes blanches en plus des occupants de cimetières. Quant à considérer le fusil à laser comme une arme humanitaire, la comparaison est audacieuse.



prolongent au point d'entraîner la combustion de ce corps, eau comprise, c'est-à-dire pendant une heure, comme dans les crématoriums. Rien, ni en physiologie, ni en biologie cellulaire, ni encore en enzymologie ne permet d'établir la moindre preuve de l'existence de substances susceptibles d'entraîner ce phénomène.

En revanche, on peut imaginer qu'une personne ait ingéré, pour mettre fin à ses jours, des substances susceptibles, en effet, de provoquer des réactions calorigènes très élevées. Nous avons, dans notre précédent numéro, rapporté, par exemple, le cas d'un cadavre dégageant des vapeurs toxiques après sa mort.

M. L., apiculteur au Mans, nous signale la mésaventure suivante : «J'utilise très fréquemment du chlorate de soude et, il y a plusieurs années, j'ai eu un départ de feu dans des récipients en plastique ayant contenu un mélange eau-chlorate, que je ne me suis jamais expliqué. Heureusement que je suis intervenu très vite, sinon le hangar était détruit.»

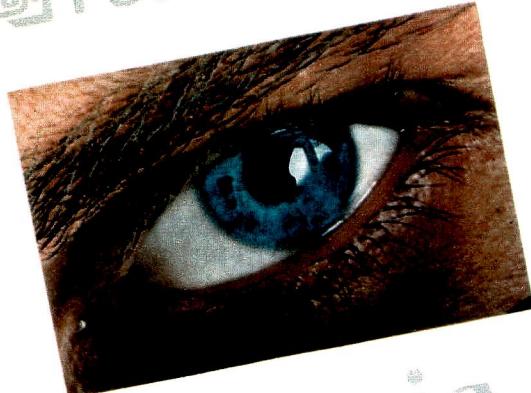
On peut imaginer que, l'eau s'étant évaporée, les résidus de chlorate ont pris feu à la suite d'un choc, par exemple.

Météorite : un témoin

«Votre article sur les météorites m'a beaucoup intéressé», écrit le Dr G.D., de Poitiers. «J'ai été, en effet, témoin d'un phénomène inexplicable dont je n'ai pas entendu parler par la suite. En 1952, je remplaçais un confrère généraliste à Lautrec, Tarn ; une nuit, vers 2 h, je me trouvais sur une route de crête qui offre un horizon très étendu, quand, durant une fraction de seconde, le ciel s'est éclairé d'une lumière orangée de l'intensité du jour par ciel couvert. L'explosion d'une météorite pourrait expliquer ce phénomène.»

«Dans la nuit du 12 au 13 août 91, à Vierville-sur-Mer, Calvados, écrit M. V.G., de Reims, aux environs de 2 h, des amis et moi-même avons été témoins d'un phénomène. Scrutant le ciel à l'œil nu, pour observer les étoiles filantes, nombreuses à cette époque de l'année, nous en avons aperçu une sur un axe NNO-SSE, qui a explosé en une gerbe de feu en dégageant suffisamment de lumière pour causer une image rétinienne durable. Malgré la distance évidente qui nous séparait de cette météorite, nous avons entendu une déflagration comme un coup de tonnerre.»

 FUJICHROME



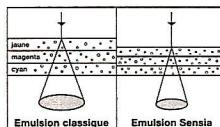
Sensia

Enfin, vous allez voir ce que vous avez vu !

Découvrez le nouveau Fujichrome Sensia. Du jamais vu !... Grâce aux prouesses technologiques de Fuji, notamment en matière de couchage d'émulsions (3 couches par couleur primaire - exclusivité Fuji), le film diapositive fait un grand bond en avant.

■ Une Reproduction très Fidèle des Couleurs.

Sensia bénéficie de coupleurs hautes performances

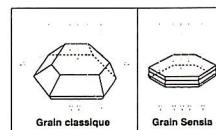


sans solvant qui permettent de réduire de 15% l'épaisseur de chaque couche sensible de l'émulsion. D'où une très grande pureté des couleurs par une parfaite maîtrise des teintes et de leurs saturations.



■ Une Finesse de Grain Extrême.

Les images sont d'un piqué exceptionnel. La technique des Cristaux



Sigma Uniformes (USC) permet à chaque grain d'argent d'être deux fois plus fin.

■ Une Gradation Proche de la Perfection. Les

photos sont pleines de nuances dans les hautes lumières ainsi que dans les ombres les plus profondes.

Alors, pour vraiment voir ce que vous avez vu, essayez les nouveaux Fujichromes Sensia

100, 200 ou 400 ISO.  FUJIFILM France



suite de la page 10

Superphénix, fiasco ou ébauche ?

«Votre éditorial "Superphénix ? Non, vache sacrée" vous attirera des réponses de divers bords, auxquelles je crois devoir joindre la mienne...», écrit M. D.C., de Paris, ingénieur, ancien du CEA et de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire, qui a participé aux discussions sur la conception et la sûreté des réacteurs à neutrons rapides.

«Les tribulations de Superphénix n'ont pas grand-chose à voir avec l'intérêt de la filière de surgénération, si ce n'est que les convictions anti-nucléaires ou antitechniques ont trouvé là une bonne matière pour s'exprimer et faire déconsidérer une tentative d'un intérêt inattaquable : ouvrir une réserve énorme d'énergie aux populations futures, en permettant de réservrer aux combustibles fossiles des usages plus nobles. Dans quelques générations, on pourra être satisfait d'avoir encore du pétrole et de l'air pur, même si quelques objets radioactifs, en lente décroissance, se trouvent enfermés à 500 m sous terre.»

A ce point-ci du discours de ce lecteur, il nous paraît utile d'émettre quelques réserves et de relever les euphémismes un peu excessifs de la défense ci-dessus. Nous n'avons pas mis en cause la filière de surgénération, mais Superphénix même, qui devait produire de l'électricité et qui est devenu un labo d'études et d'essais. C'est un peu cher pour 50 milliards de francs, ce nous semble, et 600 millions de coût annuel de fonctionnement. Or, justement, ce n'est



pas un labo d'essais qu'on avait annoncé.

Quant aux «quelques objets radioactifs», la définition est pittoresque : chaque année environ 40 tonnes de produits de fission, 11 tonnes de plutonium et 1 tonne d'actinides. D'ici dix ans, donc, pour la seule France, 520 tonnes d'«objets», dont certains sont en décroissance bien lente, à notre avis ; en effet, la demi-vie du plutonium en cause est de 24 000 ans. Il faut se demander si ce ne sont pas des tourmentes aussi poétiques qui irritent certains antinucléaristes, dont, soit dit incidentement, nous ne sommes pas, du moins pas de manière «viscérale».

les autres. Mais ces particules ayant toujours une vitesse propre, ne serait-ce que celle de l'agitation moléculaire, ne tombent pas l'une sur l'autre en ligne droite, mais selon une courbe déterminée par leurs vitesses relatives les unes par rapport aux autres.

Tout amas local de particules se met donc à tourner autour de son centre de gravité, le sens de rotation dépendant des conditions initiales. Notons que ce sens est indéterminable *a priori* : vue du dessus, l'hélice d'un hélicoptère tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, vue de dessous, elle tourne dans le sens contraire des mêmes aiguilles de la même montre du même observateur.

De même, nous ne définissons le sens de rotation d'une planète ou d'une étoile qu'à partir du sens de rotation de notre globe, ou du sens de rotation de la Terre autour du Soleil.

Au-delà de cette brève réponse, le problème du sens de rotation ou de la distinction entre gauche et droite, ce qui revient au même, nous entraînerait dans la rédaction d'un volume entier. Le texte en serait précédé d'une préface et suivi d'une postface, sans doute d'une volte-face et de plusieurs douzaines d'addenda. Les références bibliogra-

phiques et notes explicatives justifieraient à elles seules un volume complémentaire...

Ces précisions devraient répondre à la question incluse dans les lignes suivantes de ce lecteur : «Je suppose que la rotation découle du mouvement spiral d'une masse gazeuse originelle, dont le refroidissement a conduit à la formation du corps céleste tournant qui est la Terre. Mais je ne comprends toujours pas pourquoi une masse gazeuse tournerait nécessairement, au lieu d'être propulsée comme une fusée dans le vide.

»La vitesse de rotation est-elle constante depuis l'origine ?» demande-t-il ensuite. Non, en raison du ralentissement causé par les marées et les «terrées», si l'on nous autorise ce néologisme, c'est-à-dire les soulèvements de la croûte terrestre, de moindre amplitude, causés par l'attraction de la Lune.

«Tous les corps célestes tournent-ils ?» Oui, pour les raisons qui valent pour la Terre. «Et ceux qui tournent ont-ils tous le même sens de rotation ?» Non.

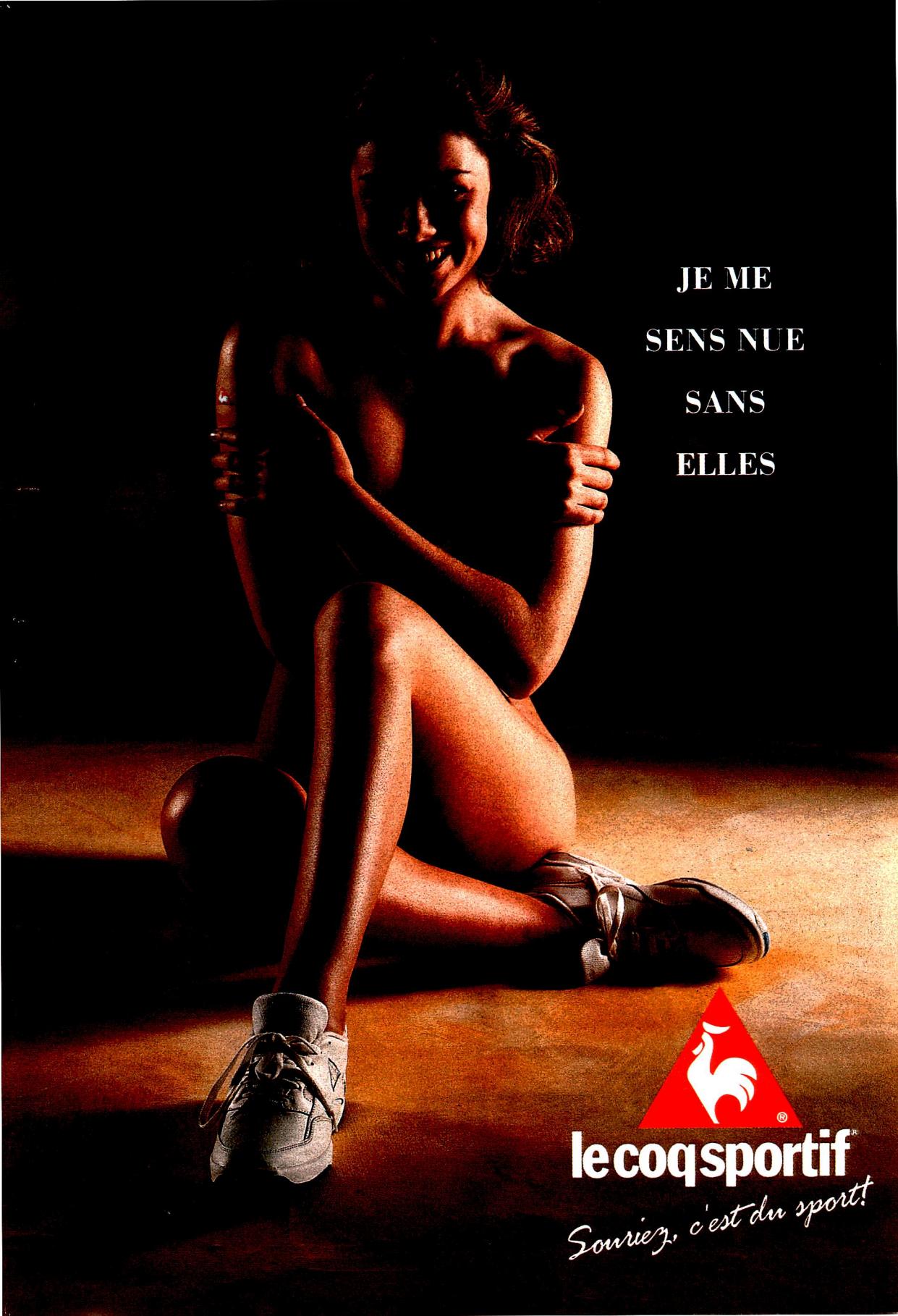
Méridiens d'acupuncture et méridiens d'imagination

Lettre de M. J.-M.O., de Guyancourt : «Je vous saurais gré de m'apporter quelques explications sur un article que vous avez publié en mars 1985 sur une expérience de visualisation des "méridiens" d'acupuncture qui aurait été

Un lecteur bien exigeant !

«Accepteriez-vous de me faire connaître les réponses aux questions qui suivent ?» demande M. H.M., de Saint-Avertin, avec une candeur qui nous a désarmés, car les questions sont «pointues». «Pourquoi la Terre tourne-t-elle ?» demande-t-il d'abord.

C'est bien volontiers que nous accéderons néanmoins à ses exigences. Les planètes se forment à partir de gaz et de poussières que l'attraction universelle attire les uns vers



JE ME
SENS NUE
SANS
ELLES



le coq sportif
Souinez, c'est du sport!

Il protège votre visage en un instant.



ANTAR ISOFLUIDE DIESEL, CE QUE VOUS EXIGEZ

Rien n'est plus dangereux pour un moteur qu'une mauvaise lubrification lors des démaragements à froid. C'est pour cela que la gamme Antar Isofluide Diesel comporte des Dithiophosphates de Zinc. Contrairement à leur nom, leur action est très simple. Ces molécules adhèrent et restent sur toutes les

surfaces du moteur, même arrêté. En formant un véritable film protecteur, elles évitent tout contact direct entre les pièces mécaniques lors des redémarrages. Mais si l'action des huiles Antar Isofluide Diesel s'arrêtait là, votre moteur n'irait pas très loin. Leur très faible viscosité à froid (10W et 15W) permet

Elle protège votre moteur à tout instant.



EXIGEZ D'UNE VOITURE, EXIGEZ-LE D'UNE HUILE.

à la pompe à huile de lubrifier immédiatement toutes les parties vitales du moteur. Tous ces avantages associés à un conditionnement ergonomique, un bouchon anti-gouttes et anti-gloup font de la gamme Antar Isofluide Diesel une référence. Mieux protégé, mieux lubrifié, votre moteur s'use moins et dure

plus longtemps. La gamme Antar Isofluide Diesel existe en Synthia Diesel (semi-synthétique) 10W40 et en Diesel et Turbo Diesel (15W40).

ANTAR
LUBRIFIANTS

suite de la page 12

faite au laboratoire de biophysique et de médecine nucléaire de l'hôpital Necker ; vous auriez conclu : "Le trajet ne correspond à aucune structure anatomique connue."

En effet, nous persistons et signons : l'expérience avait consisté à injecter du technétium radioactif à un point d'acupuncture situé sur le pied d'un sujet et à suivre à l'aide d'une caméra spéciale le trajet du produit injecté. Ce trajet semblait, en se diffusant, suivre un méridien, en effet. Hélas ! injecté en un point non répertorié par l'acupuncture, il se diffusait aussi bien. Ce fut le coup de grâce assené à la "démonstration".

Un lecteur humoriste

"Ma boîte à lettres est réceptrice d'"astrologues numériques", porteurs de fortunes qu'ils ne peuvent apparemment obtenir en leur nom personnel et qu'ils réservent à autrui", écrit plaisamment M. R.S., de Saint-Louis. «Continuez donc à conditionner ce beau monde et puissiez-vous le faire longtemps encore !»

Remercions ce lecteur, dont nous partageons l'irritation à l'égard de l'"astrologie numérique", fadaise entre les fadaises.

LETTRES



Reproches et critiques

M. M.Z., de Marseille, trouve légers nos commentaires sur le séisme de Los Angeles. «Contrairement à vos affirmations, les deux leçons du séisme de Los Angeles ne sont pas nouvelles. Il est bien connu qu'un séisme peut être déclenché par le jeu d'une faille n'apparaissant pas en surface ; dans la même région, c'était, le 1^{er} octobre 1987, le cas du tremblement de terre de Whittier Narrows, banlieue de Los Angeles. Et les sismologues n'ont jamais caché qu'il reste beaucoup à apprendre, notamment en ce qui concerne les mécanismes à la source des séismes et les mouvements de terrain proche de l'épicentre, dits mouvements forts.»

Nous confessons notre perplexité devant la contradiction de ces reproches ; en effet, si les sismologues admettent qu'ils ont encore beaucoup à apprendre, comment s'étonner qu'ils aient tiré quelques leçons du récent séisme ? Par ailleurs, ce lecteur est sans doute mieux informé que les sismologues américains ; c'est James Dolan, sismologue au California Institute of Technology de Pasadena, qui déclare : «Il y a tout de même ce risque sismique posé par les failles enfouies, que nous ne prenions même pas en compte il y a six ans.» Six ans, cela nous reporte à 1988. Et ce sont toujours les ingénieurs du Caltech qui déclarent qu'ils viennent de concevoir le risque que ces failles soient reliées de façon invisible.

Nous sommes au regret de ne pouvoir publier le long mémoire technique de M. A.B.,

de Lens, sur l'échelle de Richter, qui exige toutefois d'assez bonnes connaissances de mathématiques et de mécanique. Nous ne souhaitons qu'informer succinctement nos lecteurs des opinions des sismologues américains, les premiers intéressés par le séisme de Los Angeles.

paraison avec une règle millimétrée : «Le millimètre 2 000 à 2 001 commence bien le troisième mètre.»

Ce n'est pas le millimètre 2 000, c'est le millimètre suivant ou, pour être figuratif, la section comprise entre l'encoche du millimètre 2 000 et celle du millimètre 2 001. De la même manière, une somme de 200 F n'est complètement payée que du premier au 200^e franc, et non pas au 199^e. Faut-il donc renvoyer ce lecteur au Bureau des longitudes, 3, rue Mazarine, 75006, Paris (tél. : 1 43 26 59 02) pour qu'il nous rende sa confiance ?

Se gaussant de ces péripéties, M. P.J., de Toulouse, nous écrit :

«A l'intention de ceux de vos lecteurs qui font fausse route, je crois qu'il faut préciser que l'année zéro n'existe pas et n'a jamais existé. Un coureur cycliste qui démarre sur la piste d'un vélodrome effectue déjà son tour numéro un et non pas son tour numéro zéro. Il devra pédaler jusqu'à la fin de son dixième tour pour avoir accompli dix tours. Il en est de même pour la Terre, qui, sans pédaler, fait ses tours de piste autour du Soleil. Il s'en suit que : la première décennie commence au début de l'an 1 et se termine à la fin de l'an 10. Si vous comptez sur vos doigts, ne commencez pas par zéro, sinon vous perdriez un doigt.

Il paraît que Victor Hugo lui-même le croyait aussi, mais il était poète. Et Guillaume II, mais est-ce bien une référence ? Suit une longue démonstration, trop longue pour être reprise ici, dont nous extrayons le passage suivant, inspiré par une com-

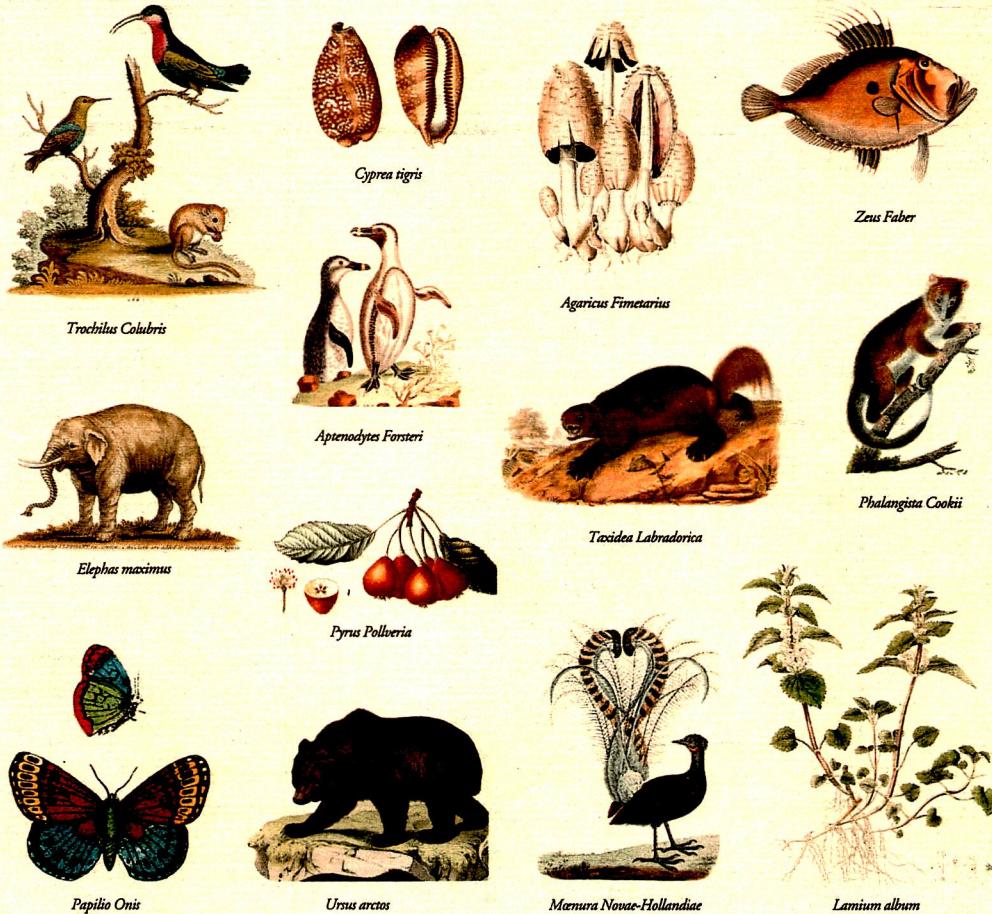
Ce bon vieil an 2000, qui revient toujours

Nous sommes tancés d'importance par M.R.C., de Longwy : «Depuis près de trois mois, je suis en désaccord avec mon fils, qui me soutient que le xx^e commencera le 1^{er} janvier 2001, alors que je prétends que ce sera le 1^{er} janvier 2000. Or, en fouillant dans la pile de "Science & Vie", mon fils a trouvé le numéro de janvier 1991, contenant un article intitulé "Quel jour commencera l'année ?", ainsi que celui d'avril, contenant des lettres de lecteurs et les réponses qui y sont faites.

» Je pensais qu'un magazine comme le vôtre faisait référence en quoi que ce soit. Or, je constate que tous les moyens sont bons pour faire admettre une position. Et en relisant votre article, je vois que je ne suis pas le seul à croire que le xx^e siècle commencera le 1^{er} janvier 2000.»

Il paraît que Victor Hugo lui-même le croyait aussi, mais il était poète. Et Guillaume II, mais est-ce bien une référence ? Suit une longue démonstration, trop longue pour être reprise ici, dont nous extrayons le passage suivant, inspiré par une com-

*En concevant ses pièces d'origine,
Peugeot préserve toutes les espèces qui ne disposeront
jamais de pièces de rechange.*



“Revalorisable”, “Recyclable”... derrière ces mots barbares se cache une volonté farouche de préserver l'environnement. Cette volonté, c'est aussi celle de Peugeot. C'est pourquoi Peugeot s'efforce de concevoir ses pièces de rechange à partir de matériaux recyclables et non polluants (par exemple, nous avons été les premiers à proposer des plaquettes de freins et des disques d'embrayage sans



amiante). De plus, tous nos emballages sont désormais conçus pour être totalement recyclables. Naturellement, le label pièces d'origine Peugeot vous garantit des pièces parfaitement conformes à celles utilisées pour la fabrication de votre voiture. Les pièces d'origine Peugeot: elles préparent toutes les espèces qui ne disposeront jamais de pièces de rechange.





Comment faire des études si on est obligé de travailler pour pouvoir les payer?

Pour financer vos études l'Offre Projets de la Caisse d'Epargne.

A l'heure où le chômage touche en priorité ceux qui n'ont pas de formation, il devient capital de faire des études. Malheureusement, tous les parents n'ont pas les moyens d'offrir à leurs enfants des études longues et souvent coûteuses. La solution consiste généralement à trouver des "petits boulots" qui, si on n'y prend garde, peuvent accaparer le temps qu'on devrait consacrer à étudier.

Pour échapper à ce cercle vicieux, 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. Dès que vous com-

mencez à avoir une idée précise des études qui vous intéressent, venez nous voir. Nous vous parlerons d'un prêt spécialement conçu pour les étudiants. Un prêt à taux faible, adapté à votre budget, et que nous pouvons cautionner directement.

Nous pourrons également vous proposer une "avance financière de rentrée", bien utile pour passer ce cap délicat où les dépenses s'accumulent (inscriptions, fournitures, livres, frais de dossiers, etc).

Enfin, nous nous sommes associés à la MNEF, la première mutuelle des étudiants, qui répond à vos besoins en matière de santé et de vie quotidienne. Après tout, les étudiants ont suffisamment d'épreuves dans l'année pour qu'on les aide à surmonter celle du porte-monnaie.



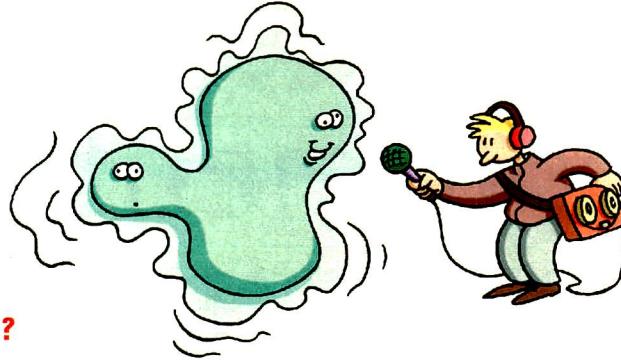
CAISSE D'EPARGNE

suite de la page 16

Comment devient-on journaliste scientifique ?

« Je m'appelle A.H., je suis en classe de seconde. Je dois faire cette année un choix difficile et injuste quant à mon orientation en classe de première : abandonner les sciences ou la littérature (je déteste l'économie). Or, je n'ai pas de préférence pour l'un ou pour l'autre, ou plutôt, j'aime les deux et je ne peux concevoir d'abandonner définitivement et si subitement le français ou les maths, qui seront négligés selon la section que je choisirai. Un ancien journaliste scientifique m'a conseillé son propre métier. Je m'adresse à vous pour savoir comment arriver à ce métier. L'un de mes frères suit actuellement une formation de journaliste (non scientifique) et a dû passer par Sciences Po ; or, je l'ai écrit plus haut, je n'aime pas l'économie et encore moins la politique ; je ne pourrais donc pas supporter trois ans au moins dans ces matières. Comment arriver à ce métier sans passer par là ? La formation d'un journaliste scientifique est-elle complètement différente de celle d'un journaliste "normal" ? »

Cette lettre a retenu notre attention pour deux raisons. La première est qu'elle reflète bien l'hiatus actuel qui sépare inutilement l'enseignement de la litté-



rature de celui des sciences ; à cet égard, cette lettre est exemplaire et méritait d'être portée à la connaissance de tous. La seconde raison est que cette interrogation porte sur notre métier, et ne pouvait donc nous laisser indifférents. Une troisième raison implicite est la sympathie que nous inspire la confiance de ce correspondant.

D'emblée, disons qu'il existe des écoles de journalisme, dont les principes sont applicables à toutes les spécialisations du métier. L'un des plus précieux en journalisme scientifique est la vérification des informations et le recueil des avis contradictoires. Un journaliste scientifique ne pouvant être encyclopédique, il doit posséder des bases solides dans le domaine élu, sanctionnées par DEUG, licence ou maîtrise. Il est donc évident, dans le cas de notre correspondant, qu'il serait conseillé de choisir l'orientation scientifique.

Toutefois, le journalisme scientifique est aussi affaire de talent, et il nous semble difficile d'être journaliste scientifique si l'on ne possède pas la maîtrise du langage, l'art de la construction littéraire, injustement décrié par certains, et le don de la synthèse. A cet égard, un abîme sépare le plus souvent, hélas !, un texte scientifique "brut" d'un

bon article scientifique. La fréquentation des maîtres de la langue, y compris ceux du XVIII^e siècle, est un atout à peu près aussi important que le diplôme scientifique.

L'occasion est bonne de rappeler que la culture littéraire et artistique n'est pas, comme le véhiculent des non-dits persistants, un ornement réservé à quelques hédonistes sensibles ou oisifs, mais une forme d'acquisition de structures intellectuelles universelles ; que la grammaire est une formation essentielle à la pratique de la logique scientifique ; que l'apprentissage du grec et du latin, comme l'exposait dans nos pages Jacqueline de Romilly, dispose à l'apprentissage des sciences.

on supposer que son inactivation ait pu favoriser la mutation du virus SIV, inconnu et indétectable à l'époque, et qu'il existe une corrélation entre la vaccination antipolio et l'émergence du sida ?

Nous avons exposé à deux reprises, dans le "Forum" de nos numéros 896 et 899, les raisons de soupçonner, en effet, un développement accidentel du virus SIV, qui aurait muté en HIV 1 et HIV 2 à partir des essais de vaccin antipolio. L'hypothèse a été, depuis, récusée par certains. Mais enfin, même les démentis sont parfois démentis par l'histoire. Toutefois, il existe d'autres causes possibles d'une contamination singe-homme, par exemple, la consommation fréquente de viande de singe et les scarifications "virilisantes" de sang de singe pratiquées dans certaines régions d'Afrique. Rien, d'ailleurs, ne permet d'exclure une convergence éventuelle entre les trois causes. Mais il faudra sans doute longtemps avant que l'origine de la maladie soit établie de façon certaine, et, incidemment, il n'est même pas prouvé que l'Afrique soit son berceau.

M. C. ne veut pas entrer dans le chou

Ce lecteur de Mercurol, en effet, croit que la photo du chou reproduite dans notre chronique de l'environnement (Science & Vie n° 919, p. 26) est un trucage : « La photo de l'homme n'a pas été découpée avec assez de précision, » écrit-il. Las, c'est bien une vraie photo d'un vrai chou et d'un vrai homme, sans trucage. ■

Intelligence des animaux

« Toute l'histoire de l'intelligence des animaux et de la supériorité intellectuelle que l'homme s'attribue pourrait être résumée en une phrase, » écrit M. P.D., de Paris : « Il n'y a que les hommes qui soient assez bêtes pour croire que les bêtes sont bêtes. »

Bien qu'il cumule les fonctions, Alcatel 2592 a su rester très simple.



Alcatel 2592. Jamais un téléphone n'en a fait autant pour vous.

Sur son écran, Alcatel 2592 vous propose ses services : rechercher un nom dans son vaste répertoire, composer automatiquement le numéro correspondant, écouter les messages laissés sur le répondeur numérique avec l'heure, la date et leur durée.

Interactif, Alcatel 2592 est tellement simple d'utilisation que vous n'avez nul besoin de mode d'emploi pour profiter de toutes ses possibilités.

Alcatel 2592 existe en version une ou deux lignes.

ALCATEL

Cher Monsieur Décathlon, en tant que consommateur averti (tatillon vous dirait



Photo : Ph. Royer

ma femme) et fervent admirateur de tous vos produits, je me permets de

vous écrire pour vous faire part de mes commentaires concernant votre VTT Rockrider 320, la dernière de mes acquisitions. Car en effet un détail m'échappe. Le cadre en acier haute résistance, pour affronter tous les terrains et ne pas avoir à rebrousser chemin. Très bien !

Le pédalier 3 plateaux et groupe de transmission Alivio 21 vitesses Shimano, afin de passer tout droit dans les bosses. Rien à dire !

Les poignées tournantes Grip Shift pour changer de rapport sans lâcher le guidon et éviter les zigzags. Très astucieux ! Le guidon droit en acier, les freins Cantilever, et la tige de selle en

aluminium à

blocage rapide. Parfait ! Le

jeu de direction et le boîtier de pédalier étanches, pour ne pas

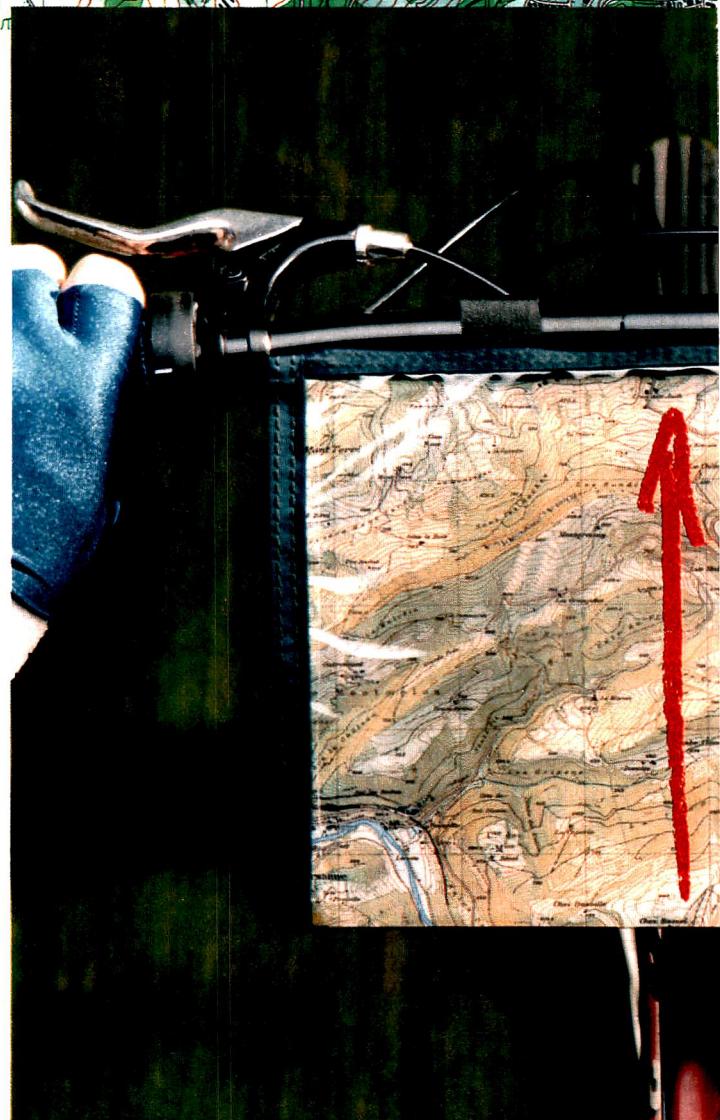


VTT DECATHLON
Rockrider 320, 1590 F
Catégorie "Balade"
(existe en version femme)



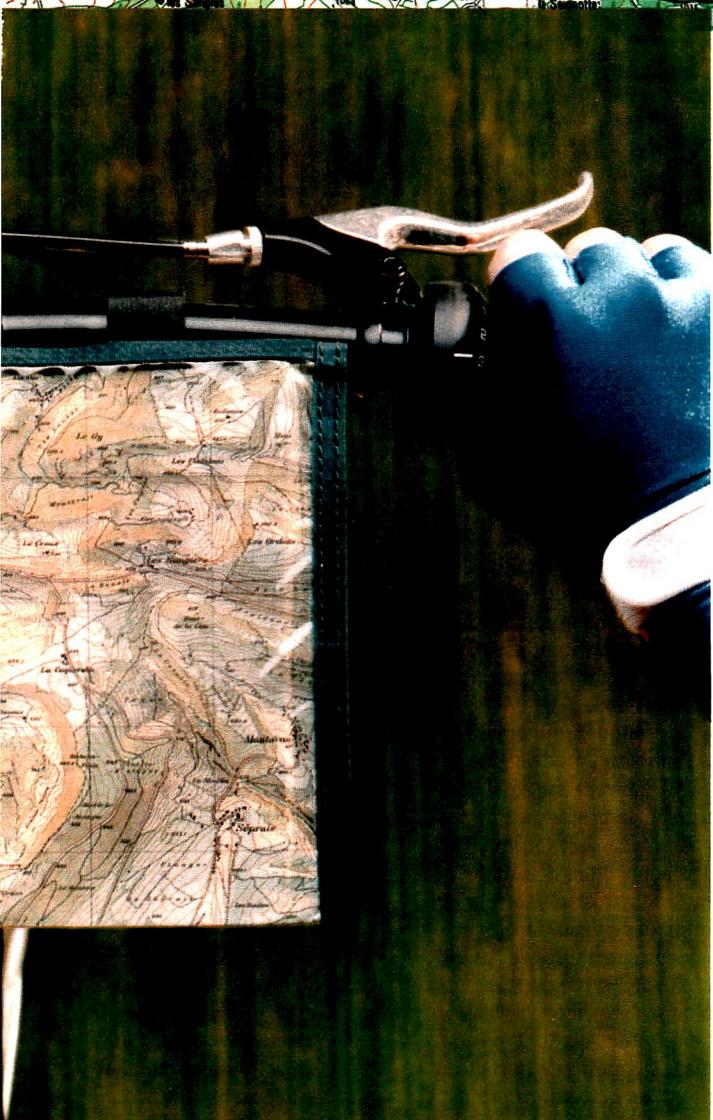
faire demi-tour à la moindre flaue d'eau. Idéal !

Le revernisage de la peinture, pour une meilleure protection et résistance des couleurs et affronter



Itinéraire

branches et arbustes sans revenir sur ses pas. De mieux en mieux ! Les pneus équipés d'une bande de roulement centrale assurant un merveilleux rendement, même sur route. Toujours d'accord ! Le blocage rapide des roues, afin d'en faciliter le démontage. Encore



recommandé.

rien à dire ! La possibilité d'adapter une fourche télescopique en option. Très bien !

La livraison avec une notice complète d'utilisation et d'entretien. Tout ceci est parfait !

∞ La garantie de 5 ans sur le cadre, 2 ans sur les pièces et la main-d'œuvre, la révision gratuite 3 mois après l'achat. Merveilleux !

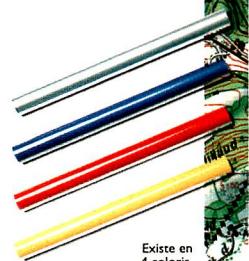
∞ Votre souci d'amélioration, détail après détail, pour apporter



plus de confort, de résistance, et le maximum de performance en fonction de l'usage, sans aucun artifice inutile. Fantastique !

∞ Vos 11

modèles de VTT de l'usage "balade" à l'usage "performance," de 990 F à 7 490 F. Epatant !



∞ Tant de qualités m'amènent à une conclusion évidente : vous êtes un perfectionniste !

∞ C'est pourquoi je me

permets de signaler une bavue qui aura sûrement échappé à votre vigilance, car enfin, vous avez conçu le Rockrider 320, un VTT pour ne plus avoir à contourner les obstacles, ne plus faire aucun détour, ne jamais rebrousser chemin, ni faire demi-tour. En un mot aller toujours tout droit ! Alors pouvez-vous m'expliquer pourquoi vous avez équipé le VTT Décathlon Rockrider 320 d'un guidon qui tourne ?

VTT

DECATHLON
A FOND LA FORME

Evolution

Les récits de la poussière

En étudiant des poussières emportées par les vents et des cendres volcaniques enfouies au fond des océans qui cernent l'Afrique, des paléoclimatologues ont pu reconstituer le climat de ce continent au cours des cinq derniers millions d'années. Cinq millions d'années qui furent critiques pour l'évolution humaine.

Certes, l'hypothèse de changements climatiques ayant favorisé l'émergence de l'Homme n'est pas neuve. Mais les données géologiques fournies par ces couches sédimentaires apportent des informations d'une grande finesse sur les variations du climat pendant cette période, avec une marge d'erreur ne dépassant pas 10 000 à 20 000 ans. Pour l'instant, les scientifiques n'ont établi la concordance entre évolution du climat et données paléontologiques que sur une période comprise entre 4 millions et 3 millions et demi d'années avant l'époque actuelle. La suite – en fait, la phase la plus cruciale de notre évolution – reste du domaine des hypothèses.

Le scénario suivant a été proposé lors de la dernière réunion de l'Association géophysique américaine à San Francisco. A la fin du Miocène, il y a cinq à six millions d'années, le climat se refroidit et s'assèche, entraînant l'extension des savanes africaines aux dépens de la forêt pluviale. Devant la régression de celle-ci, une espèce au moins de singe arboricole apprend à vivre dans la savane, où subsistent quelques arbres. Cet animal, connu sous le nom d'australopithèque, tend à se déplacer sur ses deux jambes ; il est l'ancêtre des premiers hominidés. A partir de là et jusqu'à il y a environ trois millions d'années, le climat oscille entre des phases plutôt chaudes et humides

et des périodes plutôt sèches et froides. Dans les premières, les savanes boisées se développent, tandis qu'elles se réduisent comme peau de chagrin et se morcellent pendant les secondes. Certaines populations d'australopithèques se retrouvent isolées dans les fragments boisés, d'autres occupent les prairies environnantes. Deux lignées principales d'hominidés en émergent finalement au cours de l'important refroidissement-assèchement qui eut lieu il y a à peu près 2,8 millions d'années.

Dans les quelques milliers d'années qui suivent, l'un de ces deux groupes évolue vers une existence végétarienne dans la savane dense le long des rivières. Lors de la saison sèche, ces populations d'australopithèques, dits "robustes", doivent se rabattre sur des graines dures et des tubercules. Les membres de l'autre groupe, plus agiles, partent à l'aventure, colonisant des habitats plus variés et exploitant divers types de nourriture, y compris de la viande. L'avantage de cette dernière est d'être disponible à longueur d'années. D'après certains évolutionnistes, cette diversité aurait conduit cette lignée à maîtriser des ressources plus variées et aurait ainsi sélectionné les individus les plus "intelligents", dotés des cerveaux les plus "puissants". Ils sont les premiers *Homo*.

Pourquoi les australopithèques robustes se sont-ils éteints ? Est-ce l'issue fatale de la compétition avec *Homo* ? Ou, tout simplement, le résultat d'un refroidissement et d'un assèchement plus intense, il y a environ un million d'années ? Quoi qu'il en soit, à cette époque-là, *Homo erectus* quitte l'Afrique et part à la conquête du vaste monde.

T.P.

Fumer contre l'inflammation du colon

● Le tabac préviendrait ou atténuerait l'inflammation chronique du colon, tenue pour responsable de colites telles que la rectocolite hémorragique.

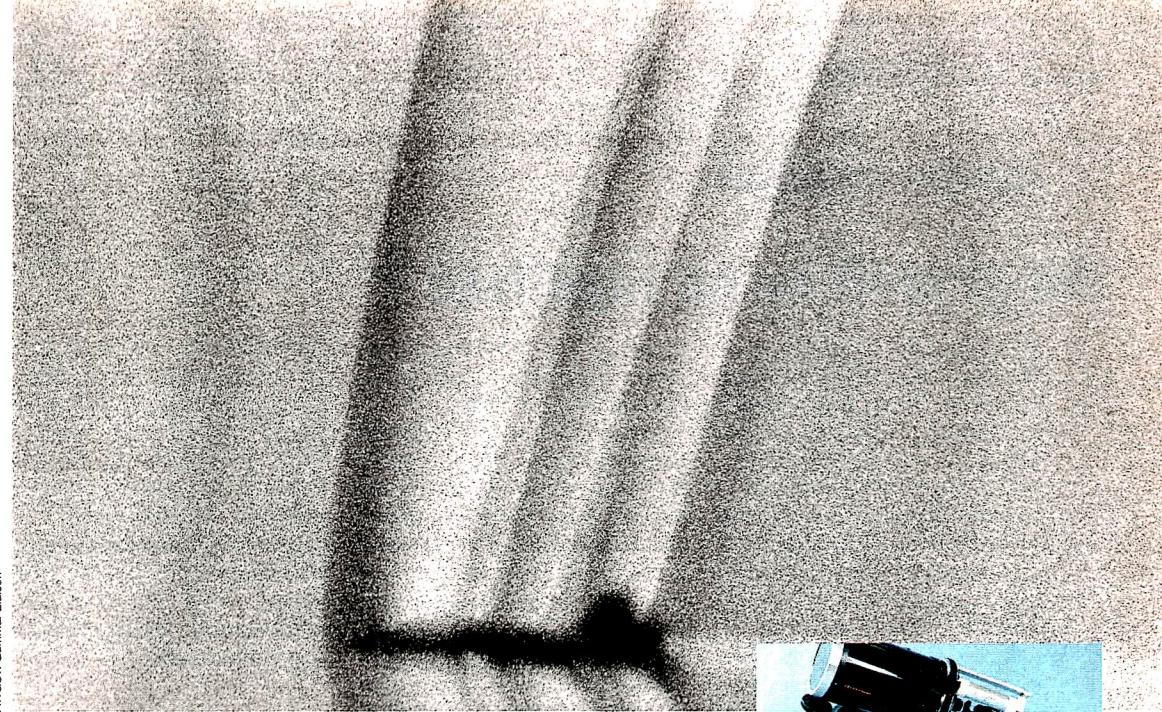
... et boire du jus d'airelle pour les infections urinaires !

● C'était un remède de "bonne fave" (et pour les femmes) : il est confirmé par une étude parue dans le *JAMA*. Celles qui en boivent courrent 42 % de risques en moins de rechutes infectieuses.

Les nouveaux prix Ig-Nobel

● Décernés chaque année par l'équipe du facétieux *Journal of the Irreproducible Results*, les prix Ig-Nobel, parodies des autres, ont récompensé cette année des auteurs qui ont perdu le sens du ridicule. Le prix de chimie a été décerné à James et Gaines Campbell, qui ont inventé le moyen d'imprimer des parfums dans les journaux, le prix de littérature à l'équipe qui a publié une étude statistique dans *The New England Journal of Medicine*, comportant 975 collaborateurs.

Le prix de maths est allé à Robert Faid, statisticien qui a "démontré" que Mikhaïl Gorbatchev est l'antéchrist...



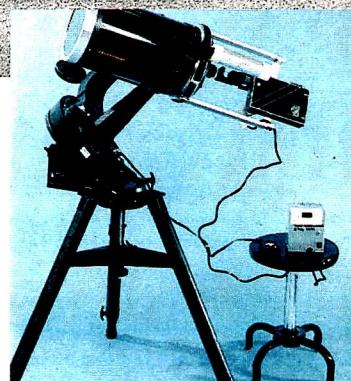
Aviation

Première image réelle du bang supersonique

Un T-38 venait de franchir le mur du son. Il passait entre le Soleil et le télescope modifié de Leonard M. Weinstein, chercheur au centre de la NASA à Langley. Et voici qu'apparut la première

image vraie des ondes de choc produites par l'avion. Les chercheurs en matière d'ondes de choc et d'aérodynamique s'en frottent les mains : ce télescope est un outil de rêve pour leurs travaux.

Les ondes de choc et, ci-contre, le télescope modifié qui en a saisi l'image.



Histoire & médecine

La tuberculose avait précédé Colomb aux Amériques

Une vieille légende veut que, parmi les maux apportés au Nouveau Monde par les Européens, il faille compter, outre la variole et la syphilis, la tuberculose.

Or, la découverte d'une momie naturelle de femme, retrouvée il y a quelques semaines au Pérou, démontre que cette maladie-là tout au moins existait aux Amériques avant l'arrivée des conquérants : la momie, qui remonte à un mil-

lier d'années et qui a fait l'objet d'une autopsie en bonne et due forme indique une infection pulmonaire tuberculeuse caractérisée. Le diagnostic est net, à la différence de certains autres, antérieurs, portant également sur des momies précolombiennes.

Il reste désormais à vérifier si la syphilis était, elle, endémique ou non avant l'arrivée de Christophe Colomb.

La supersoie de l'araignée

La soie la plus solide au monde est celle des araignées, selon un zoologue de l'université du New Hampshire. D'où l'intérêt des militaires américains, qui voudraient bien en faire, par exemple, des gilets pare-balles. Impossible pour le moment de la synthétiser, car on n'en connaît pas bien la structure. De plus, une même araignée peut produire six variétés de soies différentes selon les usages auxquels elle les destine. Avis aux entomologistes français.

On grandit ou on rapetisse ?

Fouillant de très anciens cimetières d'Australie, l'anthropologue Peter Brown, de l'université de Nouvelle-Angleterre à Armidale, a trouvé des ossements humains remontant à une dizaine de milliers d'années et a noté qu'entre 10 000 ans et 6 000 ans avant l'époque actuelle, les tailles des anciens Australiens avaient diminué d'un cinquième. Pour un de ses collègues, Colin Pardoe, du South Australian Museum à Adelaide (1), ce rapetissement s'expliquerait par la disparition d'une faune qui servait de gibier aux chasseurs de l'époque, tels le *Diprotodon optatum*, marsupial de deux tonnes, et un kangourou géant, le *Procopotodon goliath*, qui pesait plusieurs centaines de kilogrammes.

Un autre anthropologue a rejoint ces théories, en rapportant qu'entre 25 000 ans et 5 000 ans avant notre ère, les chasseurs européens aussi ont perdu de 5,5 % de leur taille (pour les hommes) à 3,4 % (pour les femmes).

Mais ces hypothèses sont loin de faire l'unanimité des anthropologues qui observent, pour commencer, que la disparition d'une mégafaune, chassée jusqu'à son extinction, aurait plutôt réduit les populations humaines que leurs tailles, et que, de toute façon, le rapport entre taille et alimentation est plus que douteux, car les Pygmées d'Afrique chassent bien du gros gibier, ce qui ne les a pas fait grandir pour autant.

Reste qu'un rapport existe bien entre taille et alimentation. Ainsi a-t-on vu les tailles des Français s'accroître de façon constante en fonction de l'amélioration de l'hygiène alimentaire. En 1939, celle du conscrit était de 1,66 m ; en 1980, elle était de 1,74 m. Sans

doute un travail moins dur et moins précoce a-t-il aussi contribué à cet accroissement.

On invoque encore l'influence de... la bicyclette ! En favorisant les déplacements, celle-ci a enrichi à l'infini le pool génétique : grâce à elle, les jeunes gens sont allés chercher leurs conjoints plus loin. Or, la stature des gens du nord de la France, de l'Est, ainsi que des Basques étant supérieure à celle des gens du Sud ou de Bretagne, les croisements de génotypes différents s'en sont trouvés favorisés.

En ce qui concerne les femmes, la taille moyenne est passée de

1,59 m en 1939, à 1,65 m en 1975. On relèvera un accroissement concomitant du tour de hanches (96 cm contre 93 cm), ce qui indique donc un développement du squelette en général, et non pas seulement son allongement.

Les mêmes transformations ont été observées au Japon. Il en ressort donc que les tailles moyennes de l'humanité croissent et non rapetissent.

(1) Leigh Dayton, "The Incredible Shrinking Aborigines", *New Scientist*, 2 avril 1994.

Des mouches, des hommes et du vieillissement

Que l'on se rassure, ce ne sont que des travaux de laboratoire et portant sur la mouche drosophile seule ; mais on a réussi à prolonger jusqu'à 33 % la durée de vie moyenne de cet insecte. Le mois dernier, nous rapportions que c'était en leur faisant boire de l'eau additionnée de mélatonine qu'on avait prolongé la jeunesse des souris ; cette fois-ci, c'est en triplant deux gènes qu'on a fabriqué des drosophiles "centenaires" (1).

Un des gènes est celui qui code pour la catalase, l'autre, pour la superoxyde-dismutase, deux enzymes qui agissent ensemble et font, chez ces insectes, barrage aux radicaux libres. C'est la première fois qu'on établit un lien direct entre les radi-

caux libres et le vieillissement. Jusqu'ici, il n'existe que des présomptions, indéniablement très fortes, mais sans causalité vérifiable.

Les radicaux libres sont des électrons vagabonds nés tout à fait normalement des oxydations qui se produisent sans cesse dans l'organisme, du seul fait qu'il est vivant.

Maintenant que la preuve est faite, il restera à établir quels gènes chez l'être humain produiraient les substances susceptibles de combattre les radicaux libres et donc de retarder le vieillissement. Quant à en tirer une stratégie commode pour vieillir plus lentement, ce sera plus long.

(1) *Science*, 25 février 1994.

Une alerte prématuée

● Une information abrupte du *Sunday Times* avance que deux bactéricides sulfamidiques courants, le Bactrim et le Septrin (respectivement fabriqués par Hoffmann-La Roche et Wellcome, le second n'étant pas commercialisé en France) auraient, depuis une vingtaine d'années, causé des centaines de décès. L'information, un peu "sensationnelle", est une occasion de rappeler que tout médicament peut être dangereux dans certains cas. Le large spectre d'activité de ces deux sulfamides expliquent leur succès. Les contre-indications, et surtout les conditions d'emploi (surveillance hématologique), en sont connues depuis le lancement.

Le monstre du Loch Ness n'est qu'un esturgeon

● C'est le naturaliste et directeur même du Loch Ness Project, Adrian Shine, qui le dit. Le lac (ou loch) écossais, devenu célèbre en raison du "monstre" qu'on y vit ou crut y voir, ne peut abriter une bête comparable au plésiosaure qui hante les imaginations, et encore moins toute une population de ces bêtes. De quoi s'y nourriraient-ils, d'ailleurs ? Il existe, en revanche, des esturgeons qui pèsent jusqu'à 225 kg.



Un pistolet qui casse les bocaux !

Ichtyologie

La crevette du Deep West

De petites crevettes peuvent produire un jet d'eau très précis avec l'une de leurs pinces. Longue comme la moitié de leur corps, celle-ci est bien plus grande que l'autre pince, normale, servant, elle, à couper. Des chercheurs de l'université de Constance étudient le tir d'une telle "arme" chez les crevettes *Alpheus heterochalis* du golfe du Mexique. Ces animaux, qui atteignent une longueur de 5 cm sont les plus grandes des crevettes "tireuses".

Le "pistolet", situé dans la partie mobile de la pince, est muni d'une sorte de chien ajusté exactement dans un creux de la partie fixe de la pince ; c'est avec lui que la crevette produit un claquement distinct. On a pensé que ce son provenait du chien quand il sort du creux, comme le ferait un bouchon

de champagne sortant du goulot. En fait, ce son se produit lorsque la pince se referme rapidement, en de 2 à 5 millisecondes, et il accompagne le puissant jet de l'eau poussé dans un sillon situé en amont du chien, dans le "canon".

Ce jet est si puissant qu'il a pu détruire la paroi du récipient en verre dans lequel se trouvait la crevette. Il lui sert à se défendre et à assommer des proies.

Mais la crevette tireuse n'est pas toujours d'humeur agressive : elle vit souvent en symbiose avec un petit poisson, qui, ayant une meilleure vue qu'elle, l'informe des dangers de l'environnement. De son côté, la crevette débarrasse délicatement son petit poisson de ses parasites, à l'aide de ses pinces, et partage son repas avec lui.

C.H.

Huit changements de sexe à l'heure ! Et à vue !



Papa ou maman selon les circonstances !

Grand cas a été fait, à juste titre, de la découverte par Ivan Ineich, du Muséum national d'histoire naturelle de Paris, d'un gecko de Polynésie, dont les femelles se reproduisent sans mâles. *Lepidodactylus lugubris* a subi, en effet, un incident chromosomique qui fait que ses œufs possèdent un double lot de chromosomes ; la femelle pond donc des œufs qui n'ont pas besoin d'être fécondés puisqu'ils contiennent déjà des chromosomes mâles. La parthénogénèse de ces reptiles s'apparente alors à un clo-nage, les œufs donnant des individus semblables à la mère et qui se développeront normalement, produisant d'autres femelles également sans pères, qui répéteront le cycle.

Il s'agit pourtant là d'une anomalie. Elle offre l'occasion de rappeler que la sexualité des vertébrés inférieurs est "normalement" plus complexe qu'on ne le pense parfois. Ainsi, les perches naines *Serranus* sont-elles hermaphrodites. Chaque individu mature peut aussi bien occuper le rôle du mâle que celui de

la femelle. Lors de l'accouplement, celui qui joue le rôle de femelle arbore la couleur discrète appropriée à sa féminité, alors que le mâle, lui, exhibe ses couleurs vives. Après le frayage, en l'espace de quelques secondes, chacun des partenaires peut changer de sexe et s'accoupler à nouveau. Ce changement de rôle peut se répéter plusieurs fois de suite. Un poisson sans partenaire peut pondre des œufs pour ensuite les ensemencer lui-même.

La perche *Serranus scriba* appartient à ces espèces rares dotées de gonades femelles et mâles à la fois, qui restent simultanément actives toute la vie. Elle peut s'accoupler six fois en l'espace de quelques heures en changeant de sexe. Ces organes bisexuels de reproduction sont appelés "ovotestes".

On avait d'abord pensé que cet hermaphrodisme était exceptionnel. Il est en fait courant dans

la famille des perches à pointes (Serranidés). Mais il est plus complexe chez un autre groupe de perches, *Epinephelus striatus*, vivant dans les Bahamas. Les gonades de certains individus y sont aussi bisexuelles et les jeunes poissons peuvent se comporter comme mâles ou comme femelles lorsqu'ils atteignent la maturité sexuelle.

Mais au cours du développement, la moitié environ de cette population se développe, soit comme grosses femelles, soit comme petits mâles. Les unes et les autres se reproduiront alors selon leur sexe définitif, dit dominant. Ils conservent alors les organes reproducteurs des deux sexes, mais seuls ceux du sexe dominant sont actifs. Dès le départ, certains poissons sont des mâles dotés de gonades exclusivement masculines.

Confusion ? Non, car la grande production d'œufs qu'entraîne cette capacité de changer de sexe assure à l'espèce une nombreuse descendance, et donc la garantie de sa conservation. Cela n'est pas une caractéristique exclusive des perches, mais est en fait plus répandu. Yutaka Yogo, de l'université de Kyoto, a découvert un autre cas d'hermaphrodisme chez des petits poissons de coraux de l'espèce gobiodon.

Les partenaires d'un couple restent fidèles l'un à l'autre et prennent soin ensemble de leur progéniture. Lorsque l'un des deux individus disparaît, l'autre se met en quête d'un nouveau partenaire... qui peut être du même sexe. Le plus grand des deux tiendra alors le rôle du mâle. Si une femelle s'allie avec un mâle plus petit, elle change de sexe dans les trois semaines qui suivent. Le nouveau sexe n'est en aucun cas fixé pour la vie, mais peut s'inverser selon les éventuels accouplements ultérieurs.

C'est pourquoi les glandes génitales de ces poissons restent bisexuelles, et peuvent s'activer selon les circonstances. C.H.

Avant de choisir un nouveau placement, vous avez un dossier de presse à parcourir, celui de l'Afer

La Vie Française,

29 janvier 1994

"Le bon cru 1993 pour l'Afer."

Mieux Vivre Votre Argent,

novembre 1993

"Le Contrat Afer :
imité mais rarement égal..."

**La Lettre Recommandée
du Revenu Français,**

juillet 1992

"Le meilleur contrat d'assurance-vie
du marché depuis 1976."

Le Monde,
6 mars 1990

"...la vente d'un service réel
et clair en matière financière est
source de réelle compétitivité."

Les Dossiers de l'Epargne,

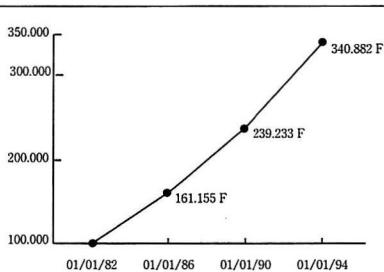
oct./nov. 1993

"...Régulier, performant...
Un contrat que l'on peut souscrire
les yeux fermés."

L'Agefi

janvier 1994

"Le Président de l'Afer a sans doute
encore surpris les assureurs,
en annonçant
un taux de rendement de 9,30 %."



100.000 F déposés en janvier 1982 font 340.882 F en janvier 1994.

C'est un signe: alors que chacun "fait attention", le Compte à Versements et Retraits Libres Afer a été choisi par 350.000 adhérents qui lui confient 65 milliards de francs.

Versements libres. Retraits libres sans pénalités. Déductions fiscales et capacité de transmission sans droits de succession, dans le cadre de l'assurance-vie. 100 % des bénéfices financiers aux épargnants. Depuis 16 ans, 10 % en moyenne d'intérêts par an définis

tivement acquis par effet cliquet annuel. Transparence certifiée par les statuts d'association de l'Afer et le fonds de placement qui lui est exclusif. Garantie du Groupe Victoire/Suez (gestion financière des sociétés Abeille-Vie et Société d'Epargne Viagère*). Ces avantages, notre dossier d'information va vous permettre de les mesurer en détail.

* Abeille-Vie et Société d'Epargne Viagère sont des entreprises régies par le code des assurances

afer 
Association Française d'Epargne et de Retraite

Dossier d'information

Coûts à Versement et Retraite Libre

 Je désire
recevoir gratu-
tement et sans enga-
gement de ma part le
dossier d'information sur
le Compte à Versements et
Retraits Libres Afer.

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code Postal L I L L I Ville _____

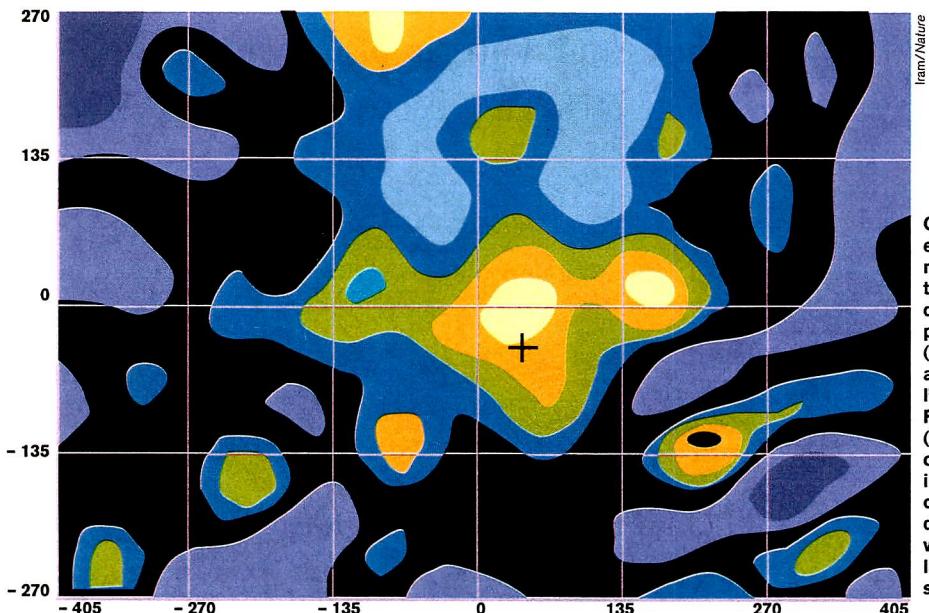
Profession _____ né(e) le _____

Tél. Prof. _____ Tél. Dom. _____

Coupon à adresser à SINAVER 74, rue Saint Lazare, 75411 PARIS Cedex 09
7^e Paris - 42 85 72 12 - Tél. Province: 93 88 98 88
S.V.P. 0801

SINAVER SNC - Courtage d'assurance au capital de 250.000 F

Unités astronomiques



Astronomie

Nature va-t-elle enfanter des planètes ?

Il y a quelques années à peine, les astronomes pensaient que la très grande majorité des étoiles possédaient un cortège de planètes, à l'image de notre système solaire. En attendant de les voir... Aujourd'hui que la chasse aux planètes s'est développée, les chercheurs sont moins optimistes sur leur abondance dans l'Univers. Question : les mécanismes de formation peuvent-ils encore mener à bout le processus planétaire ?

En effet, il est probable que, lors de la naissance des étoiles par effondrement gravitationnel d'un nuage de poussières, une partie n'est pas concentrée dans l'étoile et forme un disque diffus en rotation. Mais rien ne dit que ce dernier évoluera vers la stabilité que requiert un système planétaire. Il est donc du plus haut intérêt d'observer ces disques de poussières, berceaux planétaires supposés.

C'est dans ce contexte qu'une équipe américano-française (1) annonça la découverte d'une couronne poussiéreuse autour d'une étoile proche, Fomalhaut. Avec un diamètre de quelque 60 milliards de kilomètres et une masse située entre 0,3 et 8 fois celle de la Terre, ce nuage eût constitué le second objet de ce type jamais observé après celui de la fameuse étoile β Pictoris. Avec une différence de taille néanmoins. Dans le cas de β Pictoris, il faut éclipser artificiellement l'étoile pour faire apparaître la matière environnante. Dans celui de Fomalhaut, le disque s'observait directement en millimétrique (longueur d'onde où l'étoile n'émet pas).

C'est avec le télescope millimétrique de l'Iram, au Pico Veleta, en Espagne, que les astronomes ont même pu, à la longueur d'onde de 1,3 mm, dessiner la carte du disque. Et c'est là qu'on commence à rire.

A la fin du mois d'avril, les astronomes reprennent leur bâton de pèlerin pour aller confirmer l'observation avec le même télescope. La mauvaise nouvelle ne se fait pas attendre : le déjà fameux disque de poussières n'était qu'un artefact instrumental. «Nous travaillons aux limites de sensibilité du télescope, déclare, déçu, Michel Festou. Si nous avions eu le temps, avant publication, d'effectuer les vérifications nécessaires...»

Reste que la revue qui a publié l'article, «la fameuse et ultra-sérieuse» *Nature*, s'est fait une spécialité dans l'annonce de découvertes de planètes... qui n'existent pas. On se souvient de celle claironnée en couverture, en juillet 1991, avant d'être démentie timidement quelques mois plus tard. Un artefact informatique encore... La liste de tels ratages, en astronomie comme dans d'autres domaines, serait longue. Une question s'impose donc : qu'est-ce qui fait courir *Nature*, la qualité scientifique de ses publications ou sa réputation médiatique ? J.-F.R.

(1) Alan Stern, Michel Festou, David Weintraub, *Nature*, 24 mars 1994.



Nouveau 50 cc

Big Max de PGO.

Le big plan.*

11790 F.

*Le bon plan.

Une **Big** (grande)
fourche hydraulique.

Un **Big** (gros)
frein à disque.

Un **Big** (gros)
moteur 5,5 cv.

Un **Big** (grand) coffre
sous la selle.

Une **Big** (large) selle
pour des virées à deux.



PGO

Les scooters côté cœur.

36 15

PGO

1F27/minute

Deux **Big** (gros) pneus
pour rouler en liberté.

Une de ces images est peut-être celle de votre cerveau en ce moment

Les six schémas que voilà représentent les centres d'activation du cerveau de six sujets sains, droitiers, âgés de 24 à 34 ans auxquels on présentait des dessins linéaires en blanc et noir d'objets courants, livre ou vase par exemple (1). Dans un certain nombre d'expériences, on priaît les sujets de nommer vocalement les objets présentés, dans d'autres, de les nommer seulement mentalement. Chaque image était présentée pendant 100 millisecondes toutes les cinq secondes. Le contrôle des zones activées était fait par tomographie par émission de positons et par magnétoencéphalographie, techniques qui permettent une grande finesse dans l'étude des zones d'activation du cerveau et la mesure de ce qu'on appelle les potentiels (électriques) évoqués.

Ce qu'on y apprend prolonge le schéma que nous présentions le mois dernier dans notre article sur le placebo. Cela confirme, en général, que la pensée mobilise de nombreux points dans l'ensemble du cerveau - et non seulement les centres de perception intéressés -, et, en particulier, que la mobilisation des centres n'est pas la même chez tous les sujets. Les codes couleurs indiquent les délais d'activation de ces centres.

Chez tous les sujets, dans les tests non vocaux, les premiers signaux apparaissent dans la région des centres visuels occipitaux (A). Puis, leurs parcours varient selon les individus. Chez S1, par exemple, c'est le centre de la compréhension du

langage simple et de l'idéation non verbale qui est activé, alors que chez S2, les régions corticales activées se situent près des centres de perception visuels du relief. Dans l'ensemble, les zones activées diffèrent très nettement d'un sujet à l'autre ; S4 accuse une activation unique d'un centre dans l'hémisphère gauche, apparemment, dans l'aire de Broca, et S6, une activation également unique du centre de l'idéation non verbale dans l'hémisphère droit. Il y a donc de grandes variations dans la localisation des centres de traitement du langage dans les lobes frontaux, temporaux et pariétaux gauches.

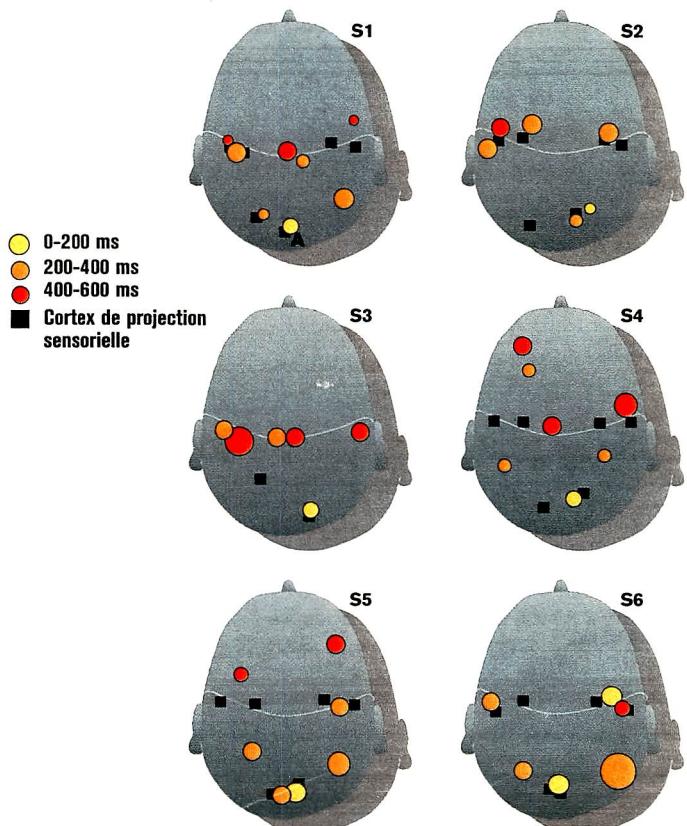
Ces travaux montrent que, dans

le test de définition vocale, par exemple, le traitement de l'information (signaux) passe des cortex visuels postérieurs aux centres de traitement du langage et éventuellement de la verbalisation. Et qu'en règle générale, le traitement de l'information dans les deux hémisphères va du cerveau postérieur au cerveau antérieur ; il intéresse donc l'ensemble du cerveau.

D'une manière plus générale, ces travaux ont le mérite de démontrer, outre la très grande différence des centres cérébraux d'un individu à l'autre, l'étendue des aires d'activité du cerveau lors de la pensée. ■

(1) R. Salmelin, R. Hari, O.V. Lounasmaa et M. Sams, "Dynamics of Brain Activation During Picture Naming", *Nature*, 31 mars 1994.

Six individus, six itinéraires différents de la stimulation corticale par un même objet.



Ont collaboré à cette rubrique : Christine Holzey, Thierry Pilorge et Jean-François Robredo.

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

Carburant

Plomb contre benzène : zéro partout



La mise sur le marché de l'essence sans plomb a certes assaini l'air des villes, mais elle pose un nouveau problème d'hygiène publique : les compagnies pétrolières ont augmenté la concentration de benzène dans l'essence pour remplacer les dérivés organiques du plomb (plomb tétraéthyle et plomb tétraméthyle). Or, le benzène est un puissant cancérogène. Frédéric J. Deschamps, médecin du travail au CHU de Reims, souligne que «depuis le remplacement du super

par l'essence sans plomb, le nombre de salariés exposés quotidiennement et de façon répétée aux concentrations benzéniques élevées est important» (1). Il s'agit des pompistes et des garagistes, qui non seulement inhalent les vapeurs d'essence mais se lavent également les mains avec le carburant, utilisé comme dégraissant. Une piste à suivre... qui aboutira peut-être à une limitation plus stricte de la concentration de benzène dans l'essence sans plomb.

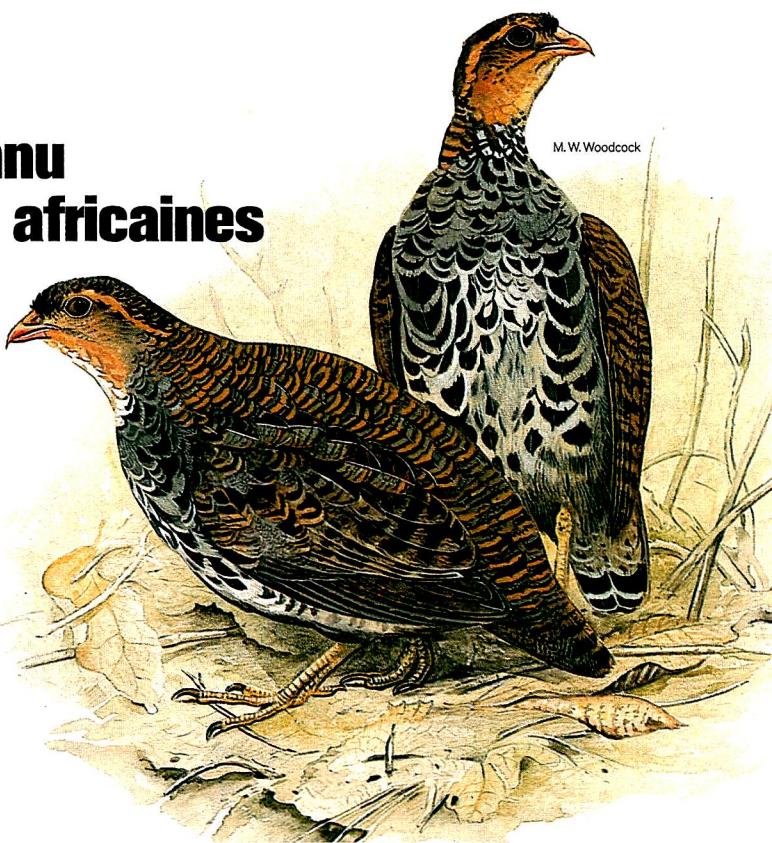
(1) "Plomb ou benzène : que choisir?", *Homme et Travail* n° 4.

L'utilisation d'essence sans plomb n'est pas entrée dans les mœurs de tous les pays de la CEE (ci-contre, pourcentage du "sans plomb" dans la consommation totale en 1992).

Ornithologie

L'oiseau inconnu des montagnes africaines

Une équipe du musée de zoologie de Copenhague vient de découvrir une nouvelle espèce d'oiseau dans les forêts de Tanzanie (dessin ci-contre). Elle l'a baptisée *Xenoperdix udzungwensis*, en raison de sa ressemblance avec les perdrix d'Asie. D'ailleurs, selon les chercheurs, il pourrait s'agir des derniers représentants d'une espèce ancestrale dont l'aire de répartition s'étendait de l'Extrême-Orient à l'Afrique. Réfugiée dans les montagnes tanzaniennes (1 900 mètres d'altitude), la population actuelle aurait échappé, sans que l'on sache encore pourquoi, aux multiples prédateurs.

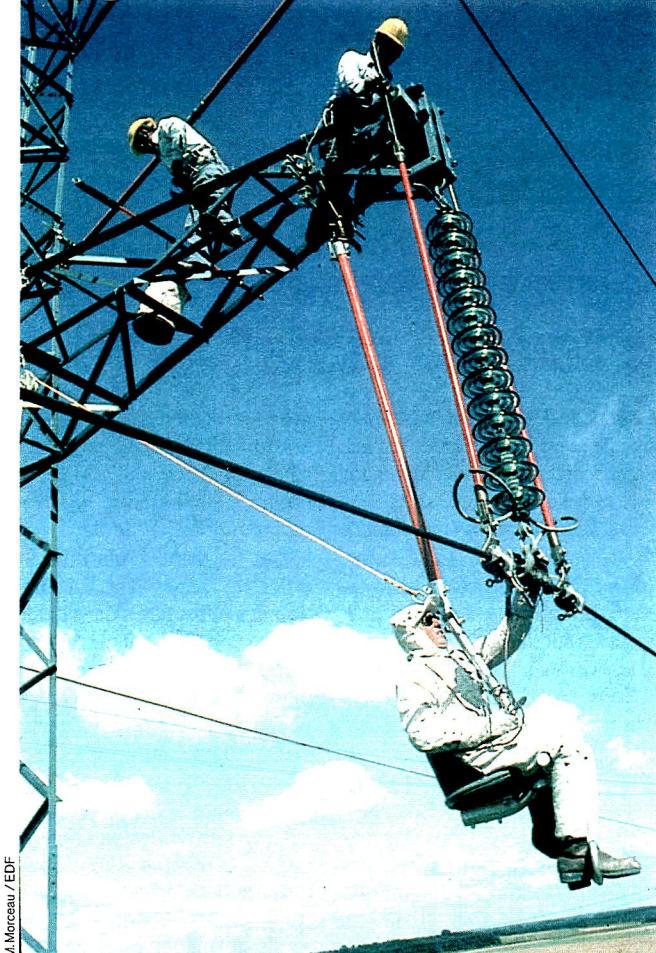


Risques de cancers chez les travailleurs de l'électricité

Il a débuté en 1989 (voir *Science & Vie* n° 868, p. 40), elle devait être rendue publique en 1991 : c'est donc avec trois ans de retard que les résultats de la plus grande enquête épidémiologique jamais réalisée sur «les effets de l'exposition professionnelle aux champs électromagnétiques» viennent d'être publiés, dans la très sérieuse revue scientifique *American Journal of Epidemiology*. Rappons que, lorsqu'un courant électrique passe dans un fil, il produit un champ électrique et un champ magnétique. L'association de ces deux champs orthogonaux crée ce que l'on appelle un champ électromagnétique, que l'on soupçonne d'être cancérogène.

En 1979, la sociologue américaine Nancy Wertheimer révéla que les enfants de la région de Denver habitant près des réseaux de distribution électrique couraient deux fois plus de risques de mourir de leucémie. Depuis, bien d'autres enquêtes sont venues confirmer ou infirmer ces conclusions : en 1986, le Suédois Lennard Tomenius constate un accroissement du nombre de tumeurs du système nerveux chez les enfants habitant dans les maisons installées près de lignes électriques ; en 1987, le biologiste anglais Alans Myers conclut l'inverse ; enfin, en 1992, Maria Feyching et Anders Ahlbom, de l'institut de Karolinska (Suède), confirment le rapport entre l'exposition aux champs électromagnétiques et l'apparition de cancers, tout en établissant un lien entre la dose de champ électromagnétique et les effets observés (voir *Science & Vie* n° 905, p. 88).

Si ces risques existent bien, les



Les lignes à haute tension génèrent des champs électromagnétiques nocifs pour la santé.

professionnels de l'électricité sont en première ligne... d'où l'intérêt des résultats de cette enquête épidémiologique franco-canadienne, menée sur les 170 000 électriciens d'EDF et les 53 000 travailleurs des deux grandes compagnies canadiennes d'électricité, Ontario Hydro et Hydro-Québec.

Conclusion, «il existe un risque accru de leucémie et de tumeur du cerveau lié à l'exposition aux champs électromagnétiques», commente Philippe Guénél, l'un des responsables de l'enquête. Cependant, «il n'y a pas de relation "dose-effet" très nette. Ainsi, on ne peut expliquer pourquoi, pour un même niveau d'exposition, il y a un risque de cancer plus élevé chez les travailleurs d'Ontario que chez ceux d'EDF ou d'Hydro-Québec», ajoute-t-il.

On attend maintenant les résultats d'une enquête épidémiologique américaine qui sera – on l'espère – plus approfondie. Quant aux chercheurs de l'unité 88 de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) qui ont mené cette enquête, ils poursuivent leurs investigations pour obtenir plus de précision dans les résultats.

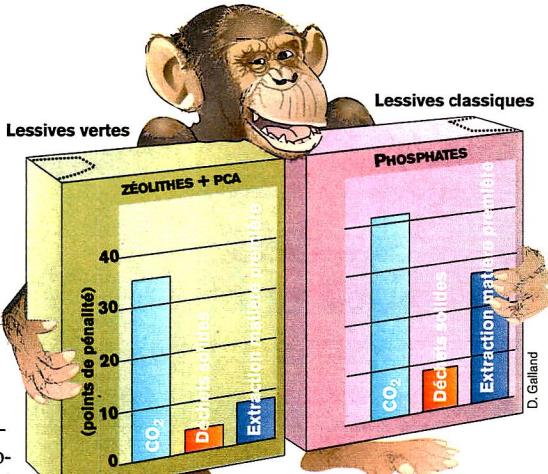
Drôles d'oiseaux

- La compagnie aérienne Japan Airlines a décidé de donner à ses nouveaux avions MD-11 des noms d'oiseaux en voie de disparition. L'oiseau correspondant sera peint sur les deux faces de l'extrémité des ailes.

Les lessives vertes pas "maous costo"

La mode des produits "verts" a-t-elle vécu ? Jones Bryn, un ancien directeur de Greenpeace qui s'est recyclé dans un bureau de consultants londonien (Landbank), déclare que «les poudres de lessive ordinaires qui contiennent des phosphates ne font pas beaucoup plus de dégâts sur l'environnement que les lessives sans phosphates» (1). La différence fondamentale entre lessives traditionnelles et "vertes" est que les premières contiennent des agents "séquestrants" : les phosphates et, en particulier, les triphosphates de sodium (STPP). Ces molécules ont une action anticalcaire et agissent de surcroît en synergie

avec les éléments tensio-actifs (alkylarylsulfonate de sodium, dialkyldiméthylammonium...) de la lessive, augmentant ainsi son efficacité. Cependant, l'accumulation des phosphates dans l'eau entraîne la prolifération de minuscules algues (le phytoplancton) qui asphyxient les lacs et les rivières par le phénomène bien connu d'eutrophisation. Rappelons un épisode de la guerre des lessives qui avait opposé au printemps 1990 l'Allemand Henkel, partisan des lessives sans phosphates, au Français Rhône-Poulenc, qui déclarait alors : «Les produits de



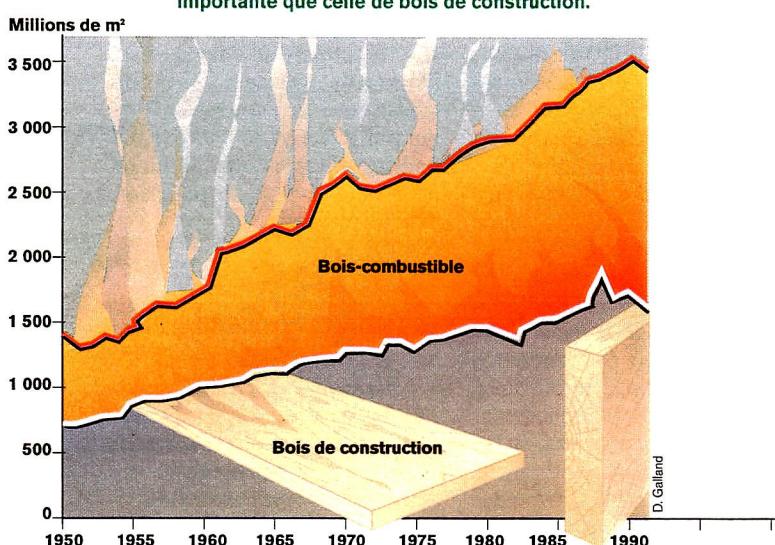
Dans les procédés d'extraction de la matière première, les lessives classiques sont plus polluantes que les "vertes". En revanche, pour les autres paramètres (CO_2 et déchets), la différence est moins flagrante.

remplacement des phosphates menacent la vie aquatique.» Bien qu'aucun arbitrage définitif n'ait pu être établi à l'époque, certains fabricants ont vite remplacé les phosphates par des zéolithes. Ces argiles adoucissent l'eau en piégeant le calcaire, mais elles n'ont ni le pouvoir tampon des phosphates (capacité de stabiliser l'équilibre acide/base de la solution) ni leur pouvoir dispersif, qui permet de fractionner les salissures grasses en fines gouttelettes afin de les maintenir en suspension pour éviter leur redéposition sur le tissu. Il faut donc utiliser les zéolithes en association avec des polycarboxylates (PCA) pour retrouver les performances des phosphates.

La guerre redémarre aujourd'hui, après la publication d'un bref "éco-bilan" qui souligne le peu de différence entre lessives vertes et poudres classiques. Ce travail compare, par un système de points de pénalité, la pollution produite "du berceau jusqu'à la tombe" par les deux types de lessive : c'est-à-dire depuis l'extraction de la matière première jusqu'à la mise en décharge des déchets (voir schéma ci-dessus). On attend avec impatience la réponse des fabricants de lessives vertes.

Les mangeurs de forêt

● Les forêts partent en fumée. Selon la Food and Agriculture Organisation (FAO), la consommation de bois-combustible est deux fois plus importante que celle de bois de construction.



(1) "Would you Swap a Packet of your Old Powder?", New Scientist, 5 février 1994.

Toxicologie

Des crocodiles bien malheureux !

Les crocodiles du lac Apopka, en Floride, où l'on en fait l'élevage, ont désormais d'autres soucis que celui de finir en ceintures et sacs à main : leurs pénis ne sont plus que le quart de ce qu'ils étaient il y a quelques années, et leur production de sperme est si basse qu'ils sont sans doute stériles. Alarme des autorités américaines de l'environnement : ce n'est qu'un des effets de la pollution du milieu par des substances chimiques qui imitent les œstrogènes – non seulement les pesticides comme l'endosulfan et l'atrazine, mais aussi les plastiques polycarbonés et nombre de molécules chlorées qu'on trouve dans divers produits industriels. Etant donné que les animaux mâles ont des récepteurs d'œstrogènes, ceux qui en absorbent trop se féminisent. Le cas le plus célèbre est celui d'enfants dont les mères mangèrent de la viande bovine contaminée accidentellement par des produits de

ce genre (les PBB et les célèbres PCB) : les garçons naquirent avec des malformations sexuelles, notamment des pénis atrophiés.

Nous avions déjà exposé ce problème (*Science & Vie* n° 911, p. 13). Notre confrère américain *Newsweek* le découvre à son tour (1) et confirme une baisse de 50 % de la spermatogénèse, enregistrée dans

une vingtaine de pays industriels. Il précise également, par la voix de Devra Lee Davis, du département américain de la santé et des services humains, que les "œstrogènes imposteurs" produisent, quand ils sont dégradés par l'organisme, de la 16-hydroxystéronne qui endommage l'ADN. On trouvera, en p. 82, d'autres aperçus sur les tribulations des mâles... G.M.

Atrophie du pénis, diminution de la spermatogénèse, tels sont les symptômes liés à l'absorption de pesticides par les crocodiles.

(1) "The Oestrogen Complex", 21 mars 1994.

H. Audego/Bios



Zoologie

Œufs de grenouille grillés au soleil

L'amincissement de la couche d'ozone est-il à l'origine de la disparition de nombreuses espèces d'amphibiens ? Pour les scientifiques de l'université d'Etat de l'Oregon, il n'y a pas de doute : «La perte d'ozone s'accompagne d'une élévation des radiations d'ultraviolets qui tuent certaines espèces de grenouilles.» Plus précisément, de nouvelles recherches montrent que les UVB, dont la

longueur d'onde est comprise entre 280 et 320 nanomètres, tuent les œufs de certaines espèces mais en épargnent d'autres.

Pourquoi ? Selon Andrew Blaustein et John Hays, les œufs des espèces résistantes recèlent des taux très élevés d'une enzyme, la photolyase. Celle-ci assure la réparation de la molécule d'ADN qui est brisée par les UVB. «Bien qu'on ait déjà montré en labora-

toire que les UVB tuent les œufs d'amphibiens, c'est la première fois que des chercheurs découvrent les mêmes effets pour le rayonnement solaire», déclarent Blaustein et Hays.

Les batraciens, grenouilles, crapauds et salamandres, qui vivent sur Terre depuis 180 millions d'années, seraient-ils donc menacés par le "trou" dans la couche d'ozone ? David Wake, herpétologue à l'université de Californie, à Berkeley, reste sceptique : «Je doute que cela soit l'explication complète de la disparition des amphibiens», souligne-t-il.

Rhinocéros noirs : la corne ou la vie (suite)

Nous émettions, en juin dernier, les plus sérieuses réserves sur l'efficacité des opérations de "décornage" lancées par des pays comme la Namibie et le Zimbabwe pour protéger les rhinocéros d'Afrique. Doutes que viennent confirmer les résultats d'une étude comparative menée par deux chercheurs américains, Joel Berger et Carol Cunningham, de l'université du Nevada, aux Etats-Unis (1). Ils ont démontré que le sciage des cornes était loin de dissuader les braconniers. En effet, la corne se régénère rapidement (à raison de 8,7 cm par an en moyenne), et les braconniers se contentent de tronçons de cette taille.

Autre inconvénient, le décornage des rhinocéros noirs femelles les empêche de défendre efficacement leurs rejetons. Les chercheurs américains sont arrivés à cette conclusion en comparant les taux de survie des jeunes dans trois contextes différents : chez des animaux dont la corne est intacte, dans un environnement où se trouvent des hyènes et, occasionnellement, des lions ; chez des animaux décornés, dans un environnement dépourvu de prédateurs dangereux ; chez des animaux décornés vivant parmi les hyènes. Dans ce dernier cas, les trois bébés sont morts au cours de leur première année, tandis que tous les

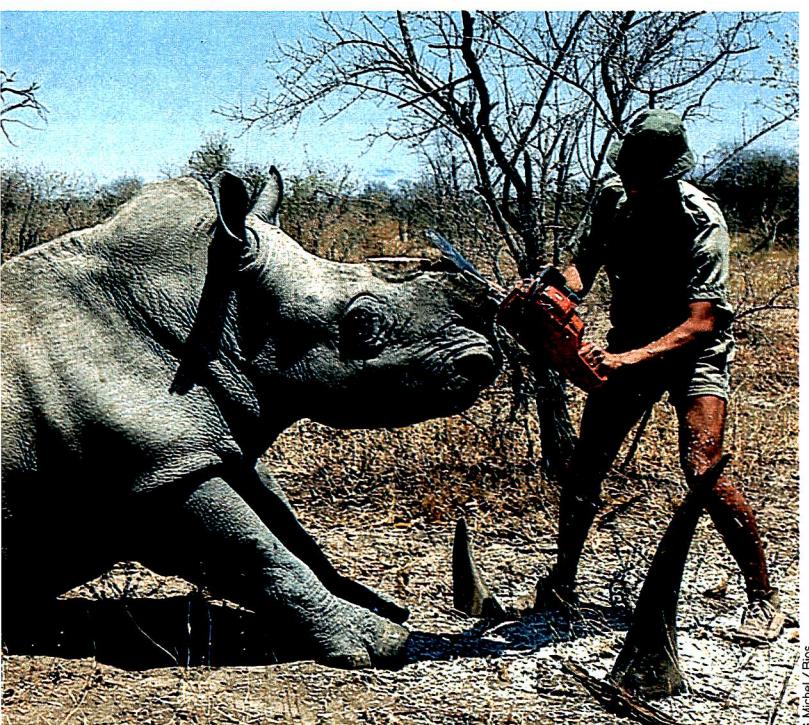
jeunes (sept en tout) ont survécu dans les deux autres cas.

Les hyènes semblent donc, *a priori*, responsables de cette différence de mortalité. Elles ne s'attaquent pourtant pas, d'ordinaire, aux rhinocéros. Mais la sécheresse a provoqué la migration de plus de 85 % des grands herbivores constituant leur menu habituel. Elles se sont donc rabattues sur les jeunes rhinos, que les mères décornées ne purent défendre.

Ce genre d'événement imprévisible doit donc être pris en compte pour une protection efficace. Outre le décornage – qui, malgré son inefficacité contre les braconniers, devrait permettre de réduire d'environ 30 % la mortalité causée par les combats entre femelles –, il faudrait transférer les animaux dans de véritables sanctuaires, bien gardés contre les braconniers et dépourvus de prédateurs. Les scientifiques suggèrent même d'y supprimer tous les prédateurs des rhinos ! Ce serait, selon eux, le seul moyen de sauver la peau des rhinocéros noirs. En agissant au plus vite.

T.P.

Le décornage sauvera-t-il les rhinocéros des braconniers ?
En tout cas, il les rend vulnérables aux prédateurs.



(1) *Science*, 4 mars 1994.

Les réserves des bords de route

● **Le ministère des transports britannique vient de créer 30 000 hectares de réserves naturelles d'un seul coup en décidant de protéger la flore sauvage des bords de route. Quelque 384 espèces ont déjà été identifiées le long de la route menant de Londres à Leeds (300 km environ).**

LE DEBARQUEMENT

EXCEPTIONNEL VU PAR SATELLITE

la carte que EISENHOWER aurait aimé avoir !

Format géant :
70 X 100 cm.

Echelle: 1/165000
Altitude: 830 km
Vitesse: 26000 km/h
Résolution: 10 m.

* Livret explicatif
(français - anglais)

Tous les détails sur
LE DEBARQUEMENT
ET "LA BATAILLE
DE NORMANDIE" *



POUR TOUTS RENSEIGNEMENTS:
TEL. 50 92 94 46

SCIENCES IMAGES
éditeur pour Spot Image
10, rue de l'industrie-74105 Annemasse Cedex.

 Le satellite "SPOT", le plus sophistiqué des chasseurs d'images, a réalisé pour vous cette carte d'une précision inouïe.

Découvrez vite, "les Plages du Débarquement", le théâtre de "la Bataille de Normandie".

Sommaire du livret

- SPOT ET SES MAGNIFIQUES IMAGES.
- LE PLAN OVERLORD.
- UTAH BEACH ET LE COTENTIN.
- LE CALVADOS.
- LA PERCÉE EN COTENTIN.

Envoy à l'étranger *

OUI, JE COMMANDE

ma carte "les Plages du Débarquement" au prix unitaire de 98 frs

Je joins mon règlement par chèque bancaire ou postal, à L'ORDRE DE SCIENCES IMAGES éditeur pour Spot Image - 10, RUE DE L'INDUSTRIE - B.P. 220 - 74105 ANNEMASSE CEDEX.

je choisis de régler avec, ma master card, visa, ou eurocard.

N° : Expire fin : Signature :

Mr Mme Melle (Ecrivez en majuscule S.V.P.)

Nom : Prénom :

Adresse : C.P. : Ville :

SCIEV 06/94

Prix unitaire	Quantité	total
98 Frs T.T.C		
LA CARTE ET SON * LIVRET EXPLICATIF		
	Frais de port	GRATUIT
	TOTAL COMMANDE	

SATISFAIT OU REMBOURSÉ

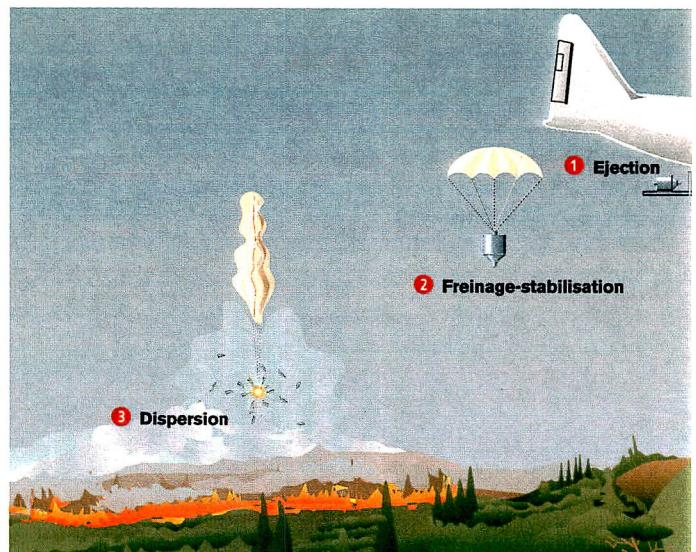
* Prix T.T.C pour la France - H.T. frais d'expédition compris pour la C.E.E - Autres destinations nous consulter.

Incendies

Bombarder les feux de forêt

La SNPE (Société nationale des poudres et explosifs) et Matra Défense mettent au point une nouvelle arme de lutte contre les incendies, qui répond au nom de code de "Gael" pour "Générateurs d'aérosols largués". Il s'agit d'une bombe chargée d'eau, larguée par avion, qui explose au-dessus de l'incendie au moment choisi par le pilote. Selon Matra, les Gael agissent par effet de souffle tout en recouvrant le foyer de minuscules gouttelettes d'eau. Pour éteindre le feu, il faut bombarder la zone incendiée depuis un avion de type Hercule, qui peut embarquer jusqu'à quinze tonnes d'eau emprisonnées dans de telles bombes.

Du côté de la Sécurité civile, l'affaire fait sourire les professionnels du feu. En effet, bien qu'ils reconnaissent le sérieux de ce programme de recherche, ils se deman-



D. Galland

dent comment envisager le bombardement des forêts du Sud-Est de la France, fortement urbanisé, sans mettre en danger la vie des habi-

tants ! Bref, ce dispositif ne paraît pas applicable en France mais plutôt aux vastes étendues forestières canadiennes ou américaines...

Santé

Votre sol est-il riche en iodé ?

On y pense rarement, mais la teneur du sol en iodé est importante, pour la thyroïde en particulier et la santé en général. C'est le ministère de la santé allemand qui le rappelle opportunément (il existe à Francfort un service d'information sur la thyroïde). En Allemagne, les sols sont, en effet, pauvres en iodé, essentiel au bon fonctionnement de la thyroïde. L'alimentation ne compense pas toujours cette carence, et c'est ainsi que les Allemandes enceintes ou allaitant doivent prendre de l'iodé en comprimés.

Un déficit chronique en iodé entraîne une hyperthyroïdie, qui s'accompagne de nombreux troubles (problèmes respiratoires, de déglutition, etc.). Or, un nouveau-né sur quarante, en Allemagne, souffre d'un dysfonctionnement thyroïdien, qui, chez l'enfant, peut également ralentir la formation du squelette et la maturation du cerveau.

Le Dr Harald Schicha, de l'université de Cologne, demande une loi qui imposerait l'utilisation exclusive de sel iodé dans l'alimentation.

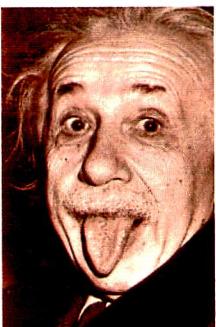
Les boulonnais au boulot

● Ce mois-ci, deux chevaux de race boulonnaise font leur entrée au service du nettoyement de la ville de Rambouillet. Les équidés (de 3 et 5 ans) tireront une balayeuse ou seront harnachés d'un tombereau pour la collecte des ordures ménagères. La rentabilité d'une telle opération reste encore à démontrer en ville, bien que le cheval ait déjà fait ses preuves à la campagne, pour le débardage du bois en forêt. Cette expérience permet surtout de réhabiliter des chevaux de trait en voie de disparition.

Offrez-vous un siècle de science en images

NUMERO SPECIAL : UN SIECLE DE SCIENCE EN IMAGES

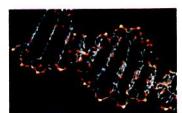
SCIENCE & VIE



1915 Avec Einstein
la matière devient de l'énergie

De Einstein à Pierre-Gilles de Gennes
Du big bang au génome
**La grande
aventure
scientifique du
XX^e Siècle**

1924
La fuite des galaxies :
un univers en expansion



1953
ADN la découverte
la plus bouleversante
pour l'homme

1969
On a marché
sur la Lune



Grand format

200 pages

300 photos

35 F

255 FB - 10,20 FS - Antilles/Réunion/Guyane 43 F - 4.300 Dt - 45 Dh - 880 Esc - 5.50 Scair



NUMERO SPECIAL

Les avions renifleurs d'ozone

Cinq avions de ligne appartenant à des grandes compagnies d'aviation (Air France : un appareil ; Sabena : un ; Lufthansa : deux ; et Austrian Airlines : un) viennent d'être transformés en laboratoires volants pour analyser la teneur en vapeur d'eau et surtout en ozone de la troposphère, cette tranche d'atmosphère située entre 0 et 12 km d'altitude. Depuis le début du siècle, la concentration d'ozone troposphérique a été multipliée par cinq dans l'hémisphère nord et a plus que doublé dans l'hémisphère sud. Ce polluant est produit lors de réactions photochimiques transformant le méthane (CH_4), l'oxyde de carbone (CO) et les hydrocarbures (HCH) en ozone (O_3) sous l'effet catalyseur des oxydes d'azote (NO) de l'air. Or, bien que l'impact de l'aviation sur la composition de l'atmosphère soit pour l'instant négligeable, on s'attend d'ici



Cet A 340 est équipé d'appareils permettant de mesurer les composants de l'atmosphère.

quinze ans à un doublement du trafic qui pourrait bien changer les données du problème en injectant dans l'atmosphère de grandes quantités d'oxyde d'azote produit par les réacteurs d'avion. Le programme de mesures MOZAïC (pour Measurement of Ozone on Airbus In-service airCraft) permettra d'étudier l'influence de l'aviation subsonique sur l'atmosphère. «Chaque avion de

ligne totalisant de 3 000 à 4 000 heures de vol par an, nous bénéficierons de données uniques au monde», précise Alain Marenco, coordinateur scientifique du projet.

Enfin, Airbus Industrie a mis à la disposition des chercheurs un Airbus A 340 qui sera équipé de nouveaux appareils permettant de mesurer plus de cent espèces chimiques de la troposphère. Ce long-courrier (rayon d'action : 17 000 km) embarquera de 20 à 50 tonnes d'équipement et de 30 à 40 scientifiques. ■

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

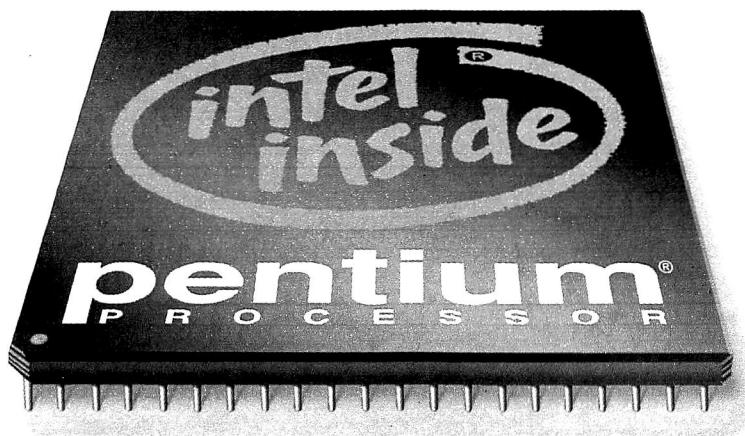
L'Asie se dope au nucléaire

● Toutes les commandes les plus récentes de centrales nucléaires sont faites en Asie (voir tableau ci-contre). Au Japon, les compagnies d'électricité ont annoncé la construction de neuf nouvelles tranches durant les deux prochaines années. La Corée du Sud prévoit de mettre en service vingt-sept nouveaux réacteurs dans les vingt ans à venir, tandis que l'Inde construira seize réacteurs au cours des dix prochaines années, etc. Et en France ? Notre parc vieillissant pourrait donner des idées à EDF...

Pays	Réacteurs en service		Proportion d'électricité nucléaire		Réacteurs en projet Mise en service	
	Nombre	Mise en service	Nombre	Mise en service	Nombre	Mise en service
Chine	1		0,1 %		12	2005
Inde	9		3,3 %		16	2000
Indonésie					1	2003
Iran						2010
Japon	44		27,7 %			2010
Corée du Sud	9		43,2 %		27	2006
Malaisie						2002
Pakistan	1		1,2 %		2	1999
Philippines						2010
Thaïlande					2	2006
Turquie					1	2000
Viêt-nam						2010
Total Asie*	70	22	16,7 %			
Total mondial	424	72				

* Y compris les six réacteurs de Taïwan, qui totalisent 4 890 MWe.

Puissamment



Profitez-en dès maintenant.



pentium®

Si votre prochain PC est équipé du processeur Pentium®, accrochez-vous, car il va déborder de puissance. La puissance qu'il vous faut pour les applications modernes les plus sophistiquées, comme la PAO ou les logiciels de présentation, ou encore les jeux.

La puissance qui permet à votre PC de travailler au rythme effréné de 166 millions d'instructions par seconde.* De quoi réveiller vos tableurs et logiciels intégrés.

La puissance du processeur Pentium est compatible

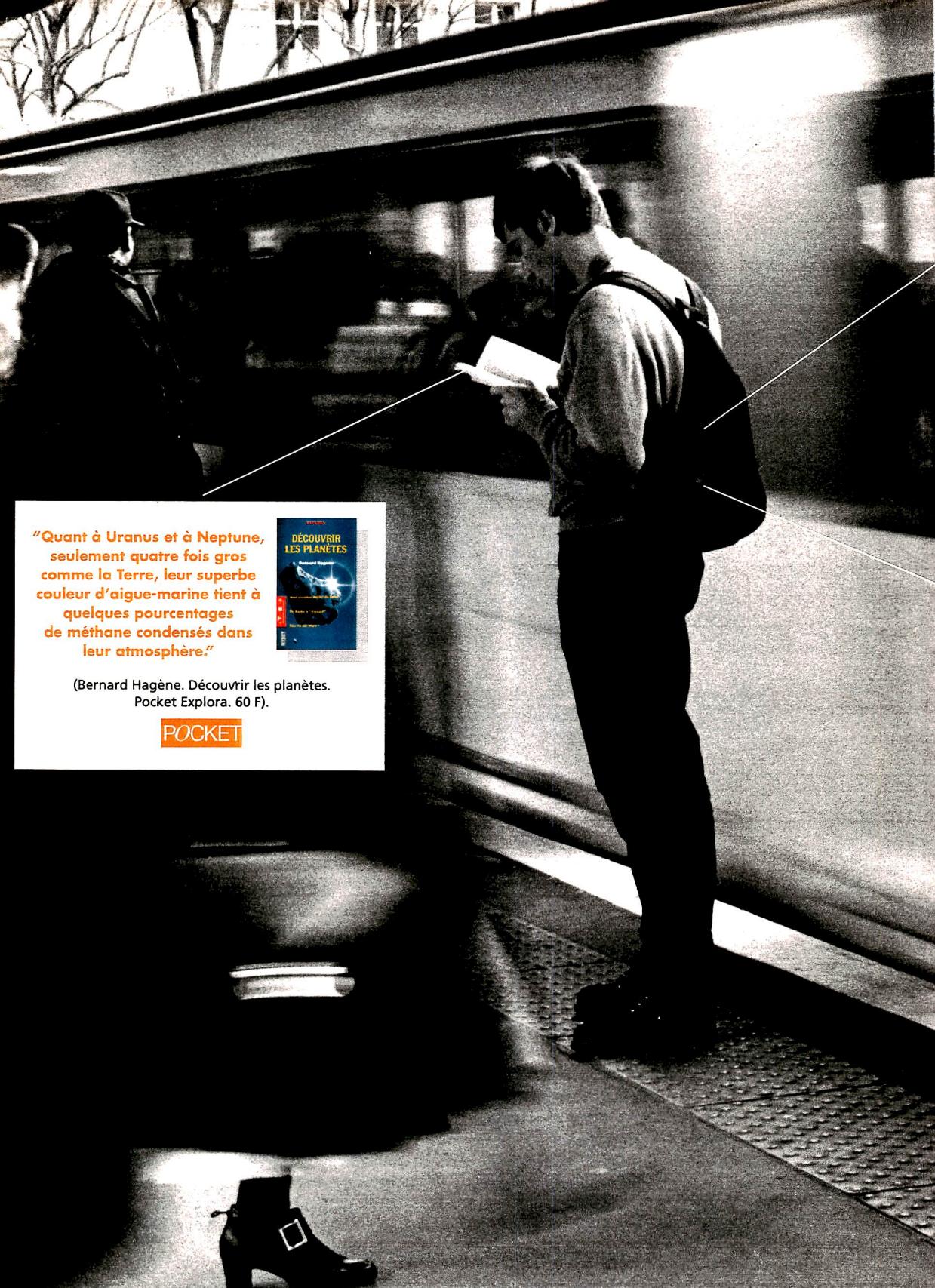
avec plus de 50 000 applications existantes. Et elle est disponible chez plus de 150 constructeurs qui proposent déjà des PC équipés du processeur Pentium.

Le processeur Pentium est une excellente raison de plus pour exiger que votre nouveau PC porte le symbole "Intel Inside." Alors, essayez sans tarder un PC équipé du processeur Pentium.

Ou appelez le 05 90 72 96 (l'appel est gratuit) et demandez la documentation no PE43. C'est puissamment convaincant.

intel®

© 1994 Intel Corporation. *Performance du processeur Pentium cadencé à 100 MHz.



**"Quant à Uranus et à Neptune,
seulement quatre fois gros
comme la Terre, leur superbe
couleur d'aigue-marine tient à
quelques pourcentages
de méthane condensés dans
leur atmosphère."**



(Bernard Hagène. *Découvrir les planètes*.
Pocket Explora. 60 F).

POCKET

4 000 titres, 17 collections, 30 nouveautés

“Le dinosaure referma les mâchoires sur la roue de secours fixée sur le coffre du Land Cruiser et l’arracha d’un seul coup.”

(Michael Crichton. Jurassic Park. Pocket . 36 F).



POCKET

L’expérience lui a enseigné qu’il fallait attendre de quatre à sept jours avant de prélever la peau. Une brusque perte de poids la relâche, ce qui permet de l’enlever plus facilement. De plus, le jeûne affaiblit les sujets et les rend plus maniables. Plus dociles.”



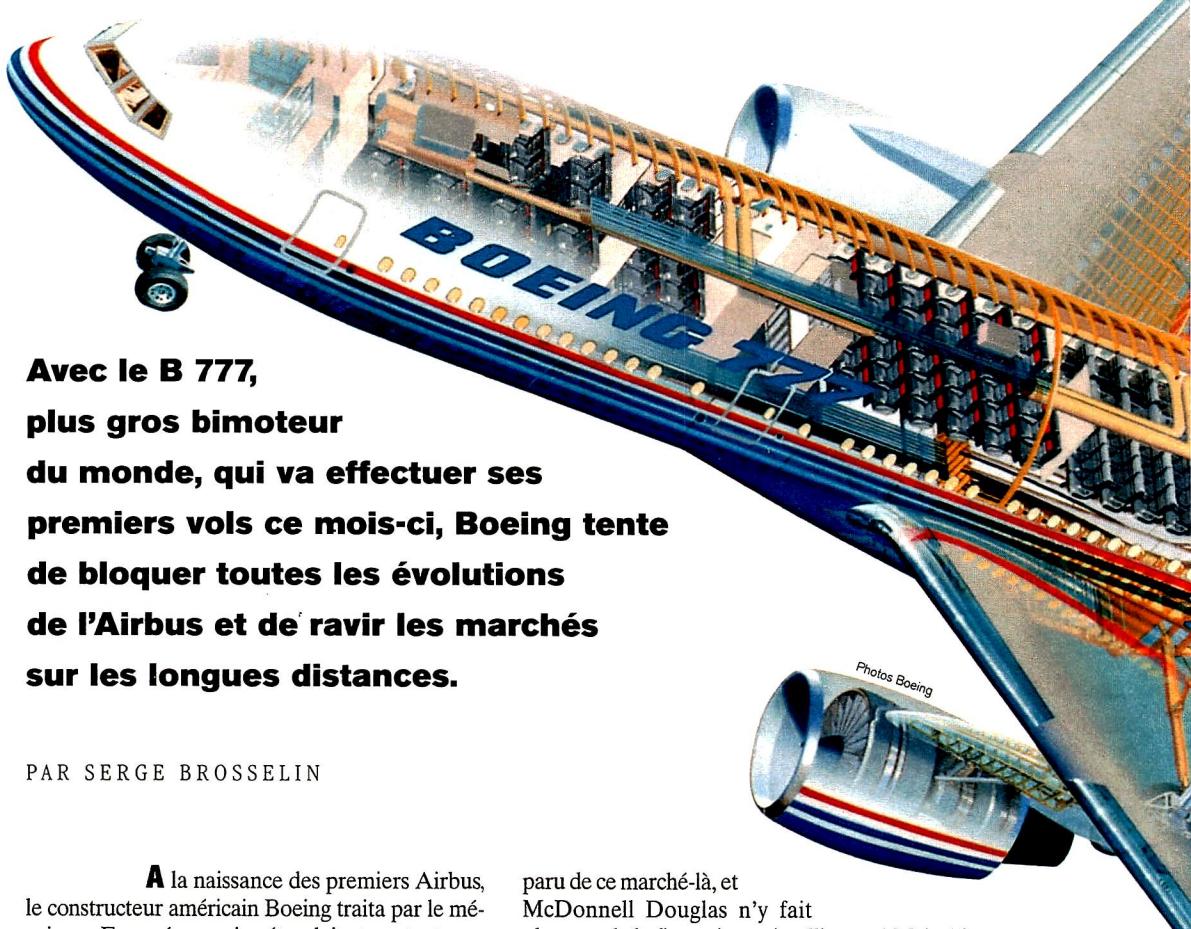
(Thomas Harris.
Le silence des agneaux.
Pocket Terreur. 33 F).

POCKET

POCKET

par mois... Il y a toujours un à découvrir.

Boeing défie



**Avec le B 777,
plus gros bimoteur
du monde, qui va effectuer ses
premiers vols ce mois-ci, Boeing tente
de bloquer toutes les évolutions
de l'Airbus et de ravir les marchés
sur les longues distances.**

PAR SERGE BROSSELIN

A la naissance des premiers Airbus, le constructeur américain Boeing traita par le mépris ces Européens qui prétendaient contester sa suprématie sur le marché du transport civil aérien. Le "géant de Seattle" ne croyait pas à la viabilité de la formule Airbus : des avions à grande capacité et large fuselage, comme les triréacteurs ou les quadriréacteurs d'il y a un quart de siècle, mais propulsés par deux réacteurs seulement. Erreur américaine : les progrès enregistrés dans la poussée des moteurs à réaction, et dans leur fiabilité, permettaient bien de construire ces Airbus ventrus, accueillis avec surprise, sinon condescendance.

A cette époque, les américains Boeing, McDonnell Douglas et Lockheed régnait encore en maîtres, le premier persuadé qu'à la fin du siècle, il resterait seul sur le marché de l'aviation civile. Estimation apparemment juste, car Lockheed a dis-

paru de ce marché-là, et McDonnell Douglas n'y fait plus que de la figuration... intelligente ! Mais Airbus Industrie a pris leur place.

Pour défier Boeing, fort de ses positions acquises, le constructeur européen a résolument innové technologiquement : c'est lui qui a inventé le bimoteur à grande capacité court ou moyen-courrier, puis qui a transformé celui-ci en long-courrier. Lui qui a inventé le nouveau poste de pilotage doté d'écrans cathodiques à la place des traditionnels instruments à cadrans. Lui encore qui a opté pour les commandes de vol électriques, dans lesquelles des impulsions électriques transmises par des liaisons filaires remplacent les câbles et timoneries traditionnels entre le poste de pilotage et les gouvernes des avions. Tout cela dans un but précis : fournir aux compagnies aériennes des appareils

Photos Boeing

Airbus



moins gourmands, plus fiables et moins coûteux en entretien. Avec le succès qu'on sait. Derniers en date des produits Airbus : l'A 330 et l'A 340. Le premier est un biréacteur, le second un quadri-réacteur, mais leurs voilures sont identiques. L'A 330 peut transporter entre 335 et 440 passagers, en fonction des aménagements choisis, sur plus de 10 000 km. L'A 340 est capable, selon les versions, de transporter quelque 280 passagers sur plus de 14 000 km, ou entre 295 et 440 passagers sur 13 400 km. Il s'agit, que ce soit en termes de distance franchissable ou de nombre de sièges, de couvrir toute la palette des besoins des compagnies aériennes en moyen et long-courriers à grande capacité. Boeing ne demeurait seul que sur le créneau des

450 passagers sur 13 500 km, avec son 747-400 – la version la plus récente du célèbre quadriréacteur.

L'Américain devait donc relever le défi. Il le fait à sa manière. Aux deux avions présentés par Airbus Industrie, il répond par un unique biréacteur, le Boeing 777. Mais avec six versions différentes. Trois sont destinées à couvrir le créneau des distances de 7 300 à 8 930 km, en transportant entre 375 et 305 passagers à bord ; ce sont les appareils dits de modèle "A". Les trois versions du modèle "B" sont conçues pour 305 passagers, mais sur des distances de 11 700 à 13 670 km. Boeing prévoit encore d'y adjoindre une version à fuselage allongé (voir p. 52), capable d'accueillir de 440 à 550 passagers, sur des étapes de 6 000 à 9 000 km. Et une version très long-courrier, avec une autonomie de ▶

Un carnet de commande bien rempli

Depuis le lancement du programme, le Boeing 777, avec 147 commandes fermes et 108 options, a raflé 80 % du marché du Boeing 767, des Airbus A 330 et A 340 et du MD-11 de McDonnell Douglas.

Plus évolué

vol de vingt-deux à vingt-cinq heures. Ce qui signifie que les six versions sont, en fait, huit. Du jamais vu.

Boeing attaque donc Airbus (et, à un degré moindre, McDonnell Douglas, qui propose le triréacteur MD 11) sur tous les fronts.

D'abord, en motorisation. Celle-ci a joué un rôle capital dans le programme du B 777. En effet, un avionneur, lorsqu'il conçoit un nouvel appareil, cherche à prévoir au mieux le potentiel d'évolution de son produit, notamment en fonction des moteurs futurs. Quitte à modifier ses prévisions en cours de conception, si l'occasion se présente. Lorsqu'en 1989 Boeing étudie la réalisation d'un bimoteur géant, les moteurs à réaction ont fait d'énormes progrès. Aussi bien en termes de consommation spécifique (la consommation de carburant par unité de poussée et par seconde) que de poussée, les deux paramètres qui conditionnent la masse maximale au décollage.

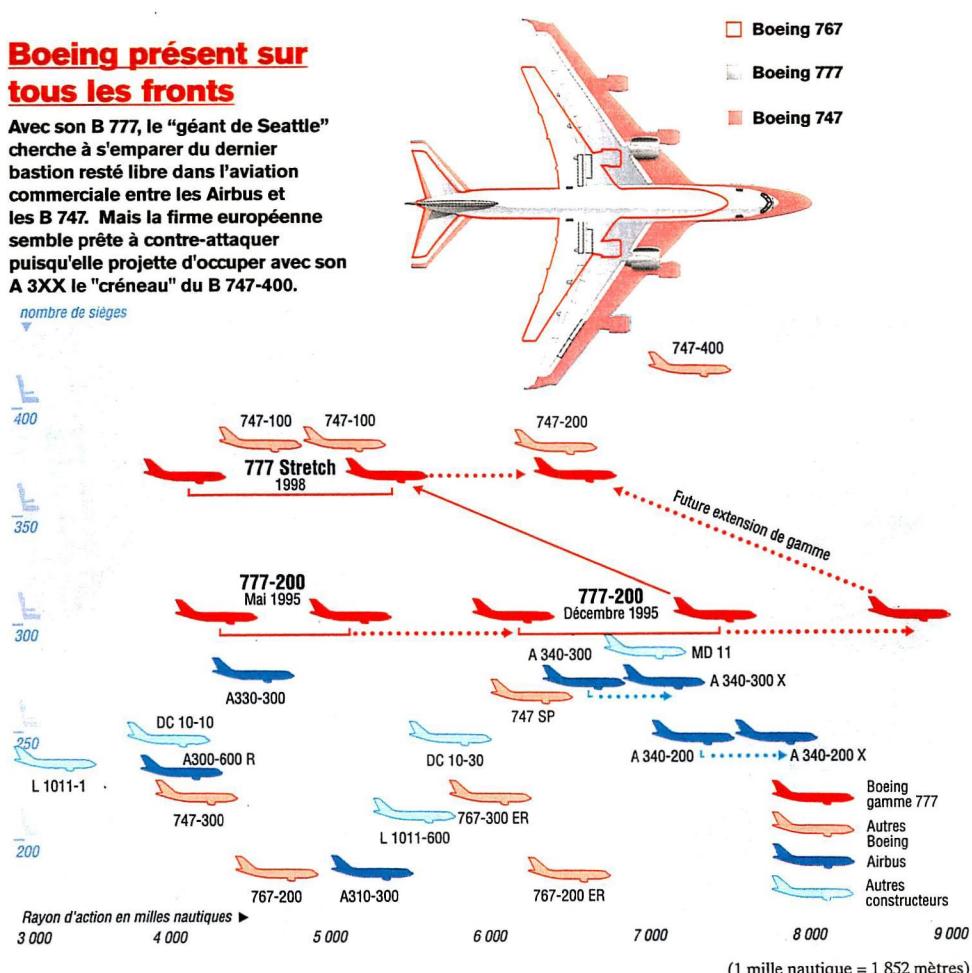
Au départ, les trois grands motoristes occidentaux, General Electric, Pratt & Whitney (américains) et Rolls-Royce (britannique) sont prêts à fournir des moteurs de 74 000 livres de poussée, puis de 84 000 livres dans les années qui suivent ; c'est déjà énorme. Mais, fin 1991, ils disent garantir cette fois des poussées de l'ordre de 100 000 livres à une échéance pas trop éloignée. Une information qui change tout. Et que Boeing ne peut pas négliger dans l'étude de son futur avion.

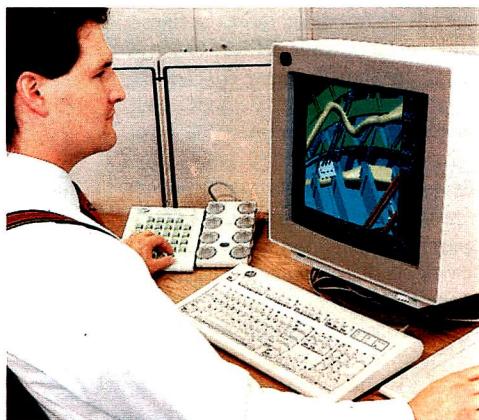
Qui dit augmentation de la poussée dit donc évidemment possibilité d'une masse supérieure de l'avion au décollage ; à condition que les dimensions des moteurs n'empêchent pas d'installer ceux-ci sur l'avion ! Car à une poussée supérieure correspond évidemment un diamètre plus grand du réacteur. Ainsi, les PW 4084 de Pratt & Whitney, prévus pour le Boeing 777, ont-ils un diamètre de 2,84 m. Celui des Trent 884 de Rolls-Royce atteint 2,79 m. Et les GE 90 de General Electric et de la SNECMA française sont encore plus grands :

Boeing présent sur tous les fronts

Avec son B 777, le "géant de Seattle" cherche à s'emparer du dernier bastion resté libre dans l'aviation commerciale entre les Airbus et les B 747. Mais la firme européenne semble prête à contre-attaquer puisqu'elle projette d'occuper avec son A 3XX le "créneau" du B 747-400.

nombre de sièges





CATIA : LE COUP DE MAIN DE... DASSAULT

Le B 777 est le premier appareil au monde à avoir été calculé et construit entièrement sans papier ni crayon. C'est à un système de CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur) français développé par Dassault que le bureau d'études de Boeing a confié le soin d'élaborer en trois dimensions toutes les parties – sans exception – de l'appareil.

Le logiciel CATIA, associé à un calculateur IBM, détermine toutes les incidences d'une quelconque modification apportée par n'importe quelle équipe (structure, aérodynamique, systèmes hydrauliques, etc.) et informe des "conflits de volume" c'est-à-dire de l'impossibilité qu'il y a

à modifier une disposition.

Mais CATIA offre, en plus, la réalité virtuelle : l'ingénieur peut, sur son écran, littéralement "voyager" à l'intérieur de la structure, même dans les recoins les plus inaccessibles, pour observer de *visu* la conséquence d'une modification et ainsi l'adopter ou la rejeter.

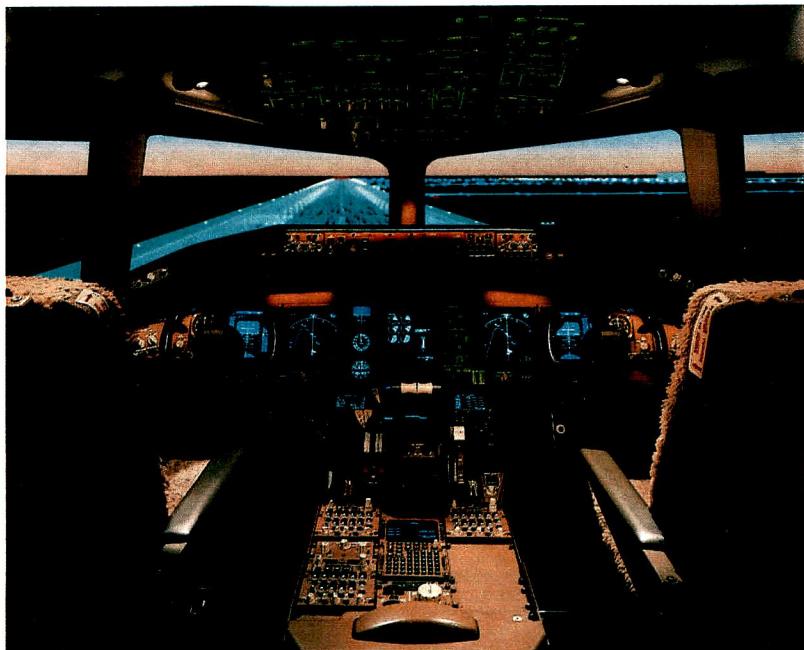
3,12 m. Or, ces moteurs doivent être disposés sous les ailes, sans que leur partie inférieure soit trop près du sol, sous peine d'aspirer le moindre objet qui traîne sur la piste ou sur un chemin de roulement. Il faut donc prévoir une "garde au sol", un espace de sécurité qui va à son tour conditionner la hauteur du train d'atterrissage. Mais, revenons à Boeing ; avec les chiffres que lui garantissent enfin les motoristes, il est désormais capable de concevoir son avion géant et de "visualiser" ses évolutions ultérieures. Avec, par exemple, un avion de masse plus importante au décollage (c'est-à-dire en augmentant la quantité de carburant), il aura une version "très longue distance" à 305 passagers sur 16 700 km. Ou, s'il opte pour une augmentation de la masse de la structure de l'avion elle-même, ce sera une version avec un fuselage plus long, donc une capacité plus grande : 550 sièges, sur 6 000 km.

Autre innovation : la voilure. C'est le point sur lequel Boeing a fait porter le maximum de ses efforts. Car autant exploiter les performances élevées des moteurs.

Deux orientations s'offraient à Boeing. Ou bien privilégier une aile répondant aux besoins précis exprimés par les compagnies clientes ; dans ce cas, l'aile qui aura les meilleures performances sur certaines distances et avec un chargement, passagers et fret, bien établi. Inconvénient : en dehors de ces conditions, les performances sont moins bonnes. ▶

Apparence trompeuse

Le cockpit du B 777 est pratiquement identique à celui du 747-400 ; il conserve, en particulier, le manche à balai central, mais les écrans à cristaux liquides ont remplacé les tubes cathodiques, et, surtout, les commandes électriques ont fait leur apparition.



Plus loin



Ou bien "ratisser large", en privilégiant la surface portante et, parallèlement, les capacités d'emport en carburant.

L'avion est alors conçu *a priori* pour de longues étapes. Jusqu'au B 777, Boeing a plutôt choisi cette approche, d'où les rayons d'action très importants de ses B 767, par exemple.

Avec le 777, Boeing joue sur les deux tableaux. Selon les ingénieurs responsables du projet, l'aile est la plus aérodynamiquement efficace jamais développée pour un avion commercial subsonique. Sa voilure a une très grande surface, 414 m², mais elle est aussi très optimisée en finesse – celle-ci étant le rapport entre la portance de l'aile, c'est-à-dire la force de sustentation qu'elle fournit, et la traînée, en d'autres termes, la force de frottement qui s'oppose à l'avancement. L'une n'allant pas sans l'autre, les aérodynamiciens essaient donc d'obtenir le meilleur rapport possible, en agissant sur le profil (Boeing a travaillé notamment sur l'épaisseur du bord d'attaque, partie avant de l'aile, et surtout sur le bord de fuite, la cambrure de la partie arrière).

Pour bien comprendre ce principe, on retiendra qu'une aile de finesse élevée plane mieux (en supposant que l'avion sur lequel elle est montée soit un

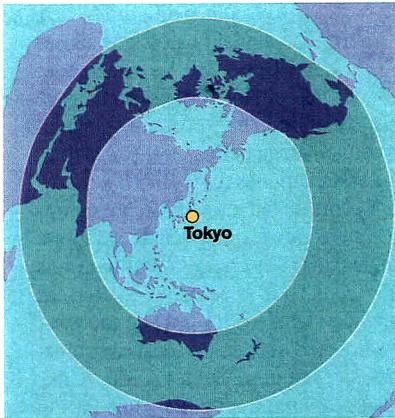
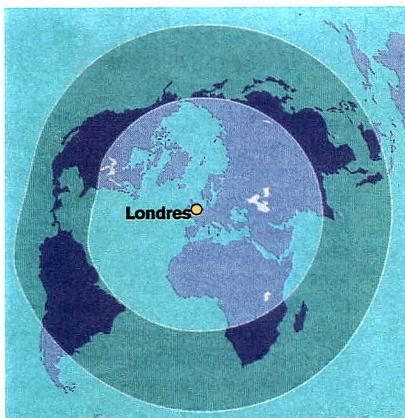
planeur) qu'une aile de finesse moindre. La finesse mesure donc en quelque sorte l'efficacité aérodynamique. Sur un appareil comme le B 777, avec une puissance des moteurs donnée, une finesse élevée se traduira concrètement par une vitesse ascensionnelle plus importante, c'est-à-dire que l'avion atteindra plus vite son altitude de croisière. Une telle finesse se traduira aussi par un plafond opérationnel plus important : l'avion pourra voler plus haut. Et ce sont là deux avantages décisifs sur des concurrents moins bien lotis. Car, plus un avion vole haut, moins il consomme de carburant. De plus, grâce à sa finesse importante, le B 777 pourra voler plus vite que les autres, à Mach 0,83 (au lieu de Mach 0,81 pour les concurrents). Le nombre de Mach est le rapport entre la vitesse de l'avion et la vitesse du son dans les conditions de vol considérées. A partir de Mach 0,8, la traînée augmente beaucoup, et donc la consommation de carburant avec. Mais une aile très fine permet d'augmenter le Mach de croisière sans pénaliser la consommation. Et un gain en Mach de croisière se traduit par un gain de temps sur le parcours, surtout si celui-ci est très long. La voilure du Boeing 777 est donc conçue *a priori* pour les longues distances, seule la capacité d'emport en carburant variant d'une version à l'autre, avec des réservoirs dans les ailes, comme sur tous les avions, mais aussi avec des réservoirs dans la partie centrale du fuselage.

Troisième innovation, l'avionique. Avec une dizaine d'années de retard sur Airbus Industrie, Boeing adopte les commandes de vol électriques. ▶

Une alliée du moteur

Des vitesses de croisière plus élevées, des réservoirs dans les ailes plus importants, voilà ce qu'obtient Boeing sur son nouvel appareil, grâce à une voilure de grande envergure dont l'épaisseur a été accrue.





DU MOTEUR À L'AVION...

L'avion bénéficie d'une partie seulement des améliorations des performances des moteurs. Un gain de consommation de 30 %, tel qu'il est attendu sur les moteurs de la future génération, n'induit pas une augmentation de même valeur de la distance franchissable maximale. En effet, ce gain de consommation va de pair avec une augmentation du diamètre du moteur, imposée par les très hauts taux de dilution. Ce taux (en français, on dit aussi taux de dérivation) est le rapport entre la quantité d'air qui est accélérée par la soufflante autour de la partie chaude du moteur, sans traverser celle-ci, et la quantité d'air qui traverse cette partie chaude (1).

Les moteurs modernes, en effet, sont composés d'un ensemble "chaud", compresseur, chambre de combustion et turbine, qui rejette des gaz

chauds mais entraîne aussi une soufflante, énorme hélice carénée entourant la partie centrale du réacteur. C'est la soufflante qui accélère la plus grosse quantité d'air et permet d'obtenir les gains de consommation de carburant les plus importants. Mais, dans le cas qui nous intéresse, qui dit plus gros diamètre, dit du même coup résistance accrue à l'avancement.

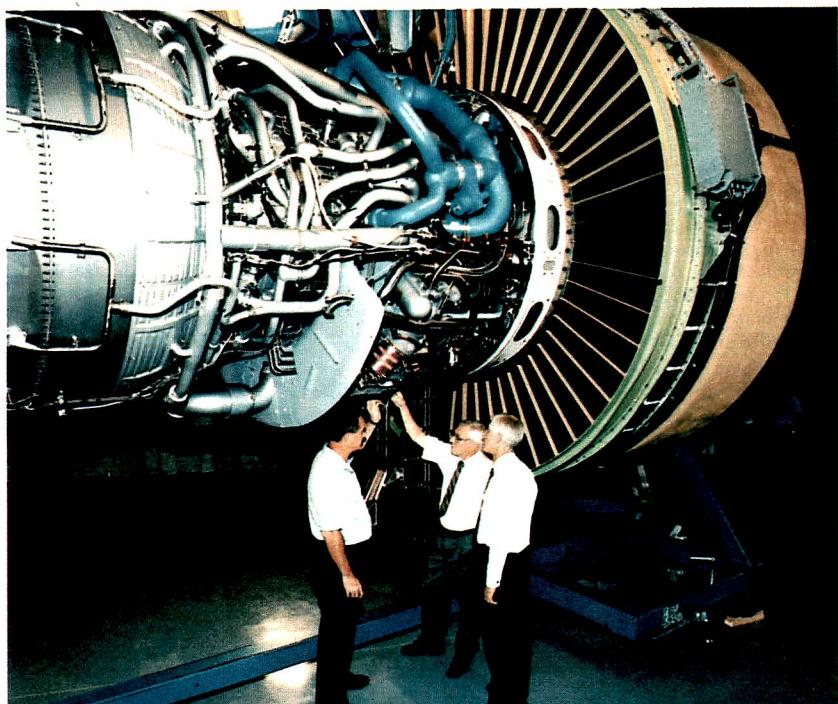
On estime généralement

qu'un gain de 10 % de la consommation entraîne une diminution de 2,5 % du coût d'exploitation. Mais cette économie de 2,5 % est annulée si l'augmentation du prix d'un moteur atteint 20 %.

(1) Les moteurs équipant les avions de type B 767, A 330, A 340 ont un taux de dilution de 5 : 1. Ceux équipant le B 777, 6 : 1. Des études sont en cours pour mettre au point des moteurs ayant un taux de dilution de 9 : 1.

L'atout : son rayon d'action

Voici les rayons d'action du B 777 à partir de Londres et de Tokyo. Le cercle intérieur figure l'autonomie maximale pour la version avec 400 passagers ; l'autre cercle, celle pour 305 personnes.



Suivant les impératifs commerciaux des compagnies, Boeing équipera ses avions de moteurs Rolls-Royce, Pratt & Whitney ou General Electric.



Plus de passagers

Avec une petite différence, cependant : alors que sur les A 330 et A 340, les commandes de vol sont numériques en tangage (montée et descente) et roulis (inclinaison), mais restent analogiques en lacet (direction), elles sont toutes numériques sur le B 777.

Jusque-là, Boeing ne fait, en somme, que rattraper son retard sur son rival européen. Il le dépasse en revanche en choisissant pour la première fois sur un avion civil un "bus" d'échanges de données bidirectionnel. Le bus d'échanges de données est une sorte d'autoroute qui dessert tous les équipements électroniques de bord. Sur les A 320, A 330, A 340, le bus est dit unidirectionnel : une liaison sert à acheminer les informations fournies par les capteurs, une autre à transmettre les ordres. Avec un bus bidirectionnel, une seule liaison est utilisée pour les unes et les autres. D'où un gain de masse important en câblage.

Dernière singularité par rapport aux avions concurrents : le poste de pilotage. Suivant en cela les souhaits des compagnies aériennes, affirme Boeing, le B 777 reconduit le cockpit du Boeing 747-400, le dernier-né de la famille. Mais des écrans plats à cristaux liquides remplacent les tubes cathodiques pour l'instrumentation de la planche de bord du pilote. D'où un nouveau gain de masse, et même de volume, les écrans étant beaucoup moins épais que les tubes cathodiques. Il entraîne aussi une simplification de cette partie du poste de pilotage, puisque la ventilation pour le refroidissement des tubes cathodiques devient inutile.

Toutefois, Boeing est resté très classique par rapport à Airbus pour les manches à balai et les ma-

CHACUN SA VÉRITÉ

La compétition entre Boeing, Airbus et McDonnell Douglas se double d'une guerre des chiffres relatifs aux performances de leurs appareils respectifs. Certaines données telles que les DOC (Direct Operating Cost, c'est-à-dire les coûts opérationnels directs d'exploitation), ou prix de revient du siège/km, donnent lieu à des informations invérifiables, chaque constructeur accusant l'autre d'"optimisme" ou de "farder la vérité", selon son degré de courtoisie.

En fait, toute comparaison est difficile, parce qu'un constructeur peut très bien avoir un appareil plus performant que celui de son concurrent sur un segment d'étape, et ce dernier, disposer à son tour de l'avion le plus performant sur un autre segment de la même étape. Les deux constructeurs disent vrai, mais ils ne parlent pas de la même chose... Chacun souhaitant bien évidemment que clients des compagnies aériennes et journalistes re-

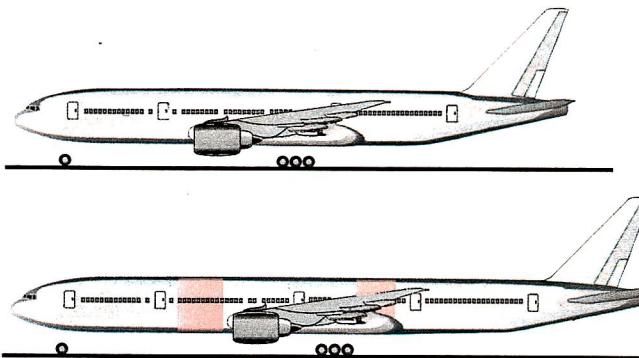
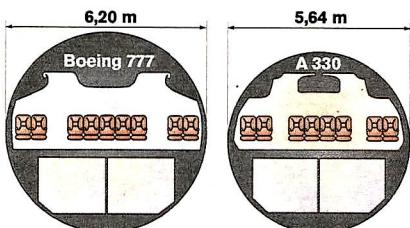
prennent uniquement leurs propres arguments.

Ainsi, Boeing affirme que le B 777 modèle "B" a une consommation par siège/km de 12 % inférieure à celle de l'A 340 300X sur une distance de 7 400 km. Cette affirmation est probablement exacte, compte tenu des performances des moteurs de toute dernière génération montés sur le B 777, mais elle omet le fait que cette première version du quadrireacteur d'Airbus a été optimisée pour des étapes de 13 400 km. Et, sur cette distance, il se peut que l'avantage revienne alors, l'A 340-300X.

Autre polémique sans fin entre Boeing et son concurrent européen : au-delà de 10 000 km, la solution du quadrireacteur est-elle la meilleure, comme l'avance Airbus Industrie, ou bien cet argument est-il spéculatif, comme le prétend Boeing ? Les résultats des essais en vol du B 777 sur les vols d'endurance longue distance permettront peut-être d'y voir plus clair.

Un siège de plus

C'est ce que permet le diamètre du fuselage du B 777 si on le compare à celui de l'Airbus. Seul le B 747 possède une largeur de cabine supérieure à celle du dernier-né de Boeing.



Un avion évolutif

L'appareil destiné à être mis en service l'année prochaine, d'une longueur de 63,7 mètres, pourra emporter jusqu'à 440 passagers. Si l'on adjoint à son fuselage deux "tronçons" supplémentaires, ce nombre sera porté à 550.



Il attend le jour J

Après ce premier prototype, neuf autres appareils sont également en cours de fabrication dans l'usine Boeing d'Everett (Etat de Washington).

nettes des gaz. Le manche à balai central est conservé, au lieu du mini-manche latéral des A 320, A 330 et A 340. Quant aux manettes des gaz qui commandent la poussée des réacteurs, leur position varie en fonction de la poussée affichée, lorsque l'appareil vole en pilotage automatique. Ce qui n'est pas le cas sur les Airbus, où elles restent fixes, l'équipage se reportant aux indicateurs des moteurs pour connaître la puissance affichée. Là, Boeing a fait droit aux demandes de certains pilotes. Quelques-uns d'entre eux, en particulier des Français, déplorent qu'avec les mini-manches latéraux, situés à gauche et à droite des pilotes, celui qui ne pilote pas ne peut pas voir les mouvements

effectués par l'autre et ne peut juger de son action que lorsque l'avion a déjà commencé à répondre aux sollicitations. Il en va de même pour les manettes des gaz, dont la position ne varie pas, les variations de position fournissant une indication visuelle immédiatement exploitable pour le pilote sur le régime des réacteurs.

Deux innovations enfin ont été proposées par le constructeur. L'une laisse perplexe, et l'autre soulève des questions un peu inquiétantes.

La première concerne le dispositif qui permet de replier la voilure. Celle-ci, on l'a vu, a une surface exceptionnelle : son envergure atteint près de 61 m. Afin que l'appareil puisse se garer dans les terminaux des aéroports, Boeing propose d'en réduire l'envergure à 47,3 m en repliant les extrémités des ailes, un peu comme sur les appareils embarqués sur porte-avions. Le dispositif complique évidemment la structure et entraîne une augmentation de masse de 1 350 kg. De plus, on peut douter des réactions que susciterait chez les passagers la vue d'une aile dont une partie se relève vers le haut... A ce jour, aucune des seize compagnies clientes n'a encore opté pour le dispositif de repliage.

La seconde innovation discutable concerne ce que l'on appelle l'ETOPS (*Extended Twin Engine Opérations*) : l'autorisation donnée à certains bimoteurs d'effectuer des étapes (notamment des survols maritimes) au cours desquelles, en cas de panne, ils auraient à voler avec un seul moteur pendant un temps plus ou moins long (60, 90, 120 ou 180 minutes, suivant l'ETOPS accordé), avant de pouvoir rejoindre un aérodrome. A ce jour, une telle dérogation à la réglementation aéronautique n'est accordée que si l'appareil a prouvé sa fiabilité en réalisant un certain nombre de décollages et d'atterrissements et accumulé des heures de vol en exploitation classique pendant deux ans au moins. *Idem* pour le moteur, qui doit avoir amassé lui aussi les heures de vol sur un ou plusieurs autres avions.

Or, pour le B 777, Boeing vise carrément l'Early ETOPS 180 m. C'est-à-dire à ce que l'avion soit autorisé à voler dès sa mise en service (d'où le terme de *early* : tôt) sur des étapes où il se trouvera à trois heures (180 min) du terrain le plus proche. Ce qui suppose de pouvoir prouver la fiabilité de l'avion, des équipements et des moteurs dès avant la mise en service. Une procédure particulière de certification (autorisation d'exploitation d'un nouvel avion civil délivrée par les autorités aéronautiques) a donc été conçue. Mais on peut se demander si ce n'est pas aller un peu vite en besogne par unique souci de la compétition. Ne joue-t-on pas ici avec des règles de sécurité élémentaires, alors que, dans d'autres domaines, tant de précautions sont prises ?



**GRÂCE À LA RECHERCHE
PHYTOSANITAIRE,
LES AGRICULTEURS PROTÈGENT
CE QUE VOUS AIMEZ** *Déguster. Savourer. Apprécier.*

Est-il besoin de rappeler que l'homme consomme autant pour le plaisir que par nécessité. Pour ne pas gâcher ce plaisir, les agriculteurs et l'industrie savent que pour produire une alimentation quotidienne et de qualité, les cultures ont besoin d'être



traitées, soignées, entretenues. Pour les protéger contre les maladies, les insectes et les mauvaises herbes, les chercheurs développent des produits phytosanitaires indispensables, toujours plus respectueux de l'homme et de l'environnement. Il n'est pas inutile de le rappeler.



Protéger les cultures, c'est aussi protéger les hommes.

UNION DES INDUSTRIES DE LA PROTECTION DES PLANTES
2, rue Denfert-Rochereau - 92100 Boulogne Billancourt - Tél. : (1) 46 05 50 52





RELATIVITÉ

Einstein dépassé

La relativité générale domine la physique depuis près de quatre-vingts ans. Pourtant, sa validité n'a jamais été totalement établie. Des formulations nouvelles apparaissent, s'appuyant pour la première fois sur une expérimentation possible. Et c'est ainsi qu'on parle d'"ère post-einsteinienne".

PAR ATTA OLOUMI

«Pour que la physique puisse poursuivre sa quête, il faut modifier la relativité générale !» s'écrient certains physiciens. Surprise. Y aurait-il donc eu abus de langage lorsqu'on supposait cette théorie maintes fois prouvée ? Et, surtout, l'avenir de la relativité n'est-il pas de céder la place à une autre théorie ?

Paradoxalement, c'est à cette tâche qu'Einstein a consacré les quarante dernières années de sa vie. En vain. Si l'on reprend sa succession près de quarante ans encore après sa mort, c'est que, pour la première fois, il est possible de tester complètement et réellement la relativité générale. Et, surtout, il sera possible de valider ou d'infirmer des théories qui prétendent à sa succession. Il y a quelques années à peine, c'eût été inimaginable. Deux astronomes américains, Joseph Taylor et Russell Hulse, et un physicien français, Thibault Damour, ont fait sonner l'heure.

En effet, en 1974, utilisant le radiotélescope d'Arecibo (Etats-Unis), Taylor et Hulse enregistrent des flashes radio provenant d'une étoile inconnue. Celle-ci est immédiatement identifiée comme une étoile à neutrons (plus massive que notre Soleil, pour un diamètre d'une dizaine de kilomètres) en rotation rapide sur elle-même. Comme elle émet un puissant faisceau radio, celui-ci balaye la Terre à chaque rotation. En enregistrant très précisément les temps d'arrivée de ces pulsations, les astronomes remarquent qu'ils se décalent légèrement dans le temps. C'est la preuve qu'un compagnon (une autre étoile à neutrons) perturbe le premier par son attraction. On parle alors d'un système binaire, baptisé PSR 1913 +16.

Vingt ans plus tard, d'autres découvertes d'étoiles à neutrons binaires sont venues renfor-

suite de la page 57

cer l'espoir qu'avait suscité celle-là : vérifier pour la première fois les prédictions les plus spécifiques de la relativité générale. C'est dans ce contexte que plusieurs physiciens, dont Thibault Damour, professeur à l'Institut des hautes études scientifiques, ont proposé une théorie (1) qui modifie l'équation de la relativité générale (voir encadré p. 60) en lui ajoutant un terme dit "scalaire". En quoi leur théorie est-elle révolutionnaire ? C'est la première théorie post-einsteinienne de la gravitation qui peut réellement être confronté à l'expérience.

Mais, d'abord, il faut revenir à la nature même de la relativité générale et à sa description de la gravitation. En effet, c'est dans le cadre de cette force qu'elle prend toute sa signification. Sa formulation a absorbé Einstein pendant dix ans. Au début du siècle, la situation était la suivante : la relativité restreinte, qu'il avait élaboré en 1905, reposait sur le postulat que rien ne pouvait voyager plus vite que la lumière (300 000 km/s). Or, la théorie de la gravitation de Newton, alors admise, supposait une action gravitationnelle instantanée.

Pour lever la contradiction, Einstein propose en 1915 la théorie de la relativité générale en affirmant que les masses dans l'Univers s'influencent en courbant l'espace qui les entoure, et que la gravitation se propage (à la vitesse de la lumière) à la manière des ronds dans l'eau. C'est donc bien la relativité générale (qui est une théorie de la gravitation), et non pas restreinte, que Damour et les étoiles à neutrons (les pulsars) de Taylor devraient mettre à l'épreuve.

Que prévoit la formulation théorique de Thibault Damour ? Que les corps ne tombent pas de la même manière dans un champ de gravitation, autrement dit, que leur chute est tributaire de leur masse et de leur nature.

La révolution ébranle jusqu'au fondement de l'histoire de la physique : l'expérience (plus pensée que réalisée) de la tour de Pise de Galilée. En effet, toute la construction du savant italien reposait sur l'idée que la gravitation (contrairement aux autres forces) était indépendante de la nature ou de la quantité des corps en présence. Ce qui l'avait amené à imaginer que, dans le vide (situation idéale éliminant tous les problèmes de frottement), deux corps, quels qu'ils soient, tombent à la même vitesse. Une idée matérialisée par l'expérience, réalisée sur la Lune (et retransmise en direct à la télévision !), de la plume et du marteau tombant à la même vitesse.

En termes plus rigoureux, la proposition de Damour viole le sacro-saint "principe d'équivalence". Masse gravitationnelle et masse inertiel-

LE REVE D'EINSTEIN

Une théorie contemporaine de la relativité générale a été une révolution scientifique au moins aussi importante que celle-ci : c'est la mécanique quantique. Or, depuis plus de soixante-dix ans, les deux restent incompatibles. L'Univers est scindé en deux : d'une part, l'infiniment grand, dont la relativité générale est censée rendre compte, d'autre part, l'infiniment petit, qui est le terrain d'élection de la mécanique quantique.

La nature comprend quatre forces fondamentales, dont trois (forte, faible et électromagnétique) agissent à petite échelle (et relèvent donc de la mécanique quantique), et une seule (gravitation) à grande échelle.

Les forces faible et électromagnétique ont pu être unifiées en laboratoire (par la découverte des bosons intermédiaires) dans les plus grands accélérateurs de particules actuels. Dans le cas de l'unification électrofaible et forte, également appelée théorie de grande unification, le niveau d'énergie requis est si élevé que les plus grands accélérateurs imaginables ne peuvent l'atteindre, ni même l'approcher.

Que penser alors de la théorie ultime, qui engloberait la gravitation (également appelée théorie du Tout), quand on sait qu'elle réclame un niveau d'énergie encore supérieur de plusieurs ordres de grandeur (voir courbe ci-contre) ? Autant dire que nous sommes bien loin de la physique expérimentale.

Jusqu'ici, toutes les théories candidates à la réconciliation de la mécanique quantique et de la relativité générale donnent des résultats douteux. Par exemple, dans certains cas, en essayant de calculer

des énergies associées à des particules, on tombe sur des quantités infinies, ce qui n'a pas de sens physique.

Il est certes bien fâcheux de se rendre compte que la théorie fait soudain défaut. Mais dans quelles conditions une théorie unifiée des quatre forces est-elle indispensable ? Uniquement lorsque la matière dépasse 10^{18} fois la densité de la matière nucléaire (celle des noyaux des atomes). Pour atteindre une telle densité, la quantité d'énergie nécessaire est telle que seuls les tous premiers instants de l'Univers ont connu pareille situation.

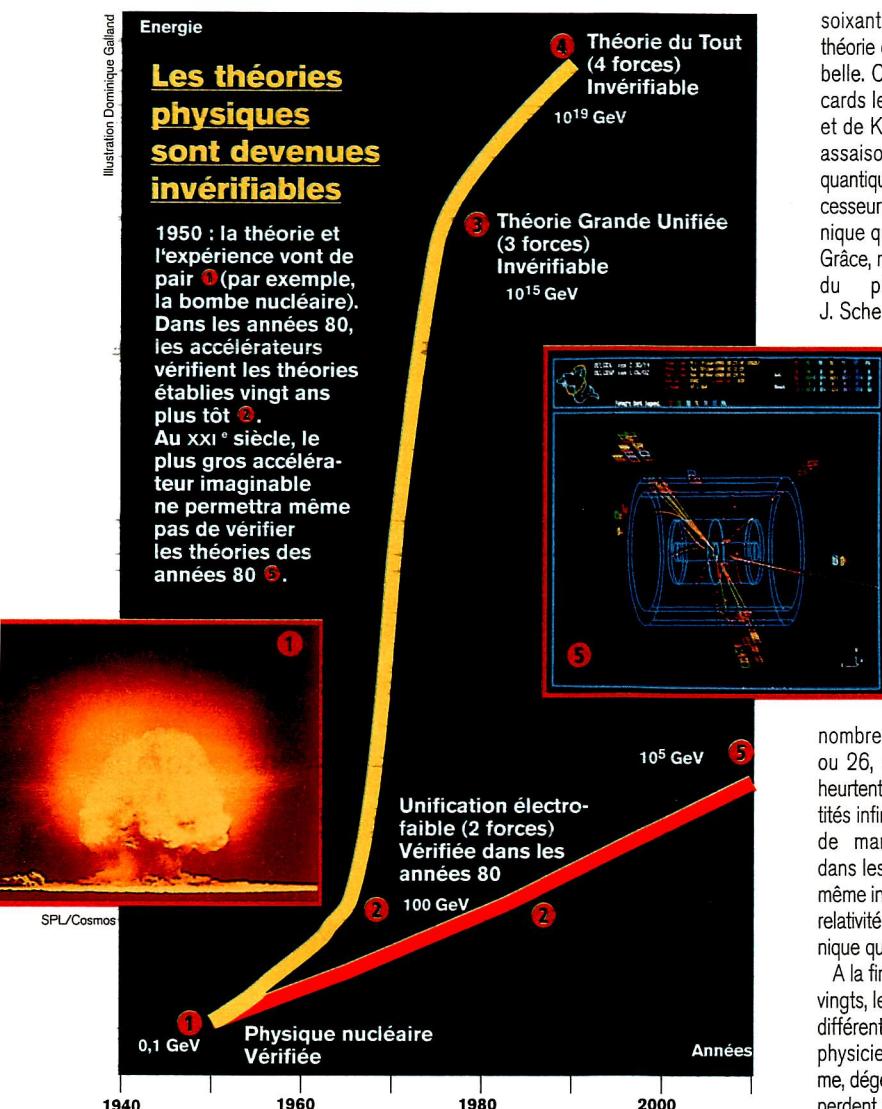
Du coup, les physiciens respirent : les théories physiques actuelles ne sont certes pas complètes, mais elles suffisent à décrire tout l'Univers observable.

Dès 1919, les premières tentatives pour unifier la gravitation et l'électromagnétisme ont vu le jour. La première fut celle de T. Kaluza, reprise par O. Klein. La démarche consistait à rajouter une cinquième dimension à l'espace-temps d'Einstein (il comporte déjà une quatrième dimension, le temps). Cette dimension supplémentaire n'était qu'un artifice mathématique pour frayer une place aux équations de l'électromagnétisme. Mais, outre le fait que cette dimension n'a aucune existence réelle, elle présente le grand inconvénient de ne pas tenir compte des problèmes de la théorie quantique.

Les tentatives unificatrices d'Einstein, entre 1915 et 1955, ont été multiples, avec cependant un impératif propre : pouvoir donner un sens physique à toute nouveauté mathématique. Il a ainsi également proposé, avec B. Bergmann, une théo-

À TOUT JAMAIS INACCESIBLE

Illustration Dominique Gallard



rie à cinq dimensions. Avec une exigence, néanmoins : l'affirmation de l'existence réelle de cette cinquième dimension (1). De plus, Einstein imagina qu'elle était également à l'origine de l'aspect probabiliste (et donc non déterministe) de la mécanique quantique. Ainsi, Einstein sauvaient le rapport au réel de la théorie, tout en retrouvant le déterminisme pur qui éliminait les interprétations

spéculatives hasardeuses.

Comment accepter une dimension qui demeure inobservable ? Pour Einstein, il faut simplement la supposer "fermée". Un observateur qui se déplacerait tout droit suivant cette cinquième dimension se retrouverait à un moment donné à sa position de départ. Les ordres de grandeur comparés de la gravitation et de l'électromagnétisme indiquent que la longueur à

parcourir avant de revenir à sa place est si faible qu'elle est inaccessible, noyée à jamais dans les fluctuations quantiques. Ce qui explique qu'on ne la sente pas... Une théorie qui, malgré une séduction certaine, a été abandonnée pour cause de "stérilité", autrement dit, parce qu'elle ne produisait pas de prédictions nouvelles qu'on aurait pu confronter à la réalité.

Vers la fin des années

soixante, la marche vers la théorie du Tout reprend de plus belle. On ressort des placards les calculs de Kaluza et de Klein mais fortement assaisonnés de "théorie quantique des champs" (successeur désigné de la mécanique quantique relativiste). Grâce, notamment, au travail du physicien français J. Scherk, apparaissent dans les années soixante-dix les théories dites "de supersymétrie", "des supercordes", ou encore "de supergravité". Retenons seulement que ces théories éminent quantiques proposent des univers à grand

nombre de dimensions (11 ou 26, par exemple) et se heurtent toujours à des quantités infinies qui apparaissent de manière intempestive dans les calculs (toujours la même incompatibilité entre la relativité générale et la mécanique quantique !).

A la fin des années quatre-vingts, les relations entre les différentes communautés de physiciens vont, sur ce thème, dégénérer... Certains se perdent en considérations oiseuses, sans aucune utilité et déconnectées de l'Univers observable. Car une exigeante génération de physiciens, les expérimentateurs, attend des propositions concrètes. Ce qui est le cas, justement, des théories post-einsteinniennes à champ scalaire...

(1) A. Einstein et P. Bergmann, "On a Generalisation of Kaluza's Theory of Electricity", *Ann Math*, n° 39, 1938, p. 683.

LA RELATIVITÉ GÉNÉRALE

1 son équation

La relativité générale est une théorie de la gravitation. C'est-à-dire qu'elle doit expliquer, qualitativement et quantitativement, pourquoi et comment une pomme tombe sur le sol ou pourquoi la Lune reste en orbite autour de la Terre.

Avant tout, il ne faut pas confondre la relativité générale avec la relativité restreinte. Cette dernière, popularisée par le fameux $E = mc^2$, est une description du mouvement des objets (une mécanique) reposant sur le postulat que la vitesse de la lumière (300 000 km/s) est invariante et indépassable : rien, pas même une information, ne peut voyager plus vite qu'elle.

La relativité générale a été présentée par Albert Einstein en 1915, soit dix ans après l'énoncé de la relativité restreinte, avec pour objectif de réconcilier la vitesse finie de la lumière (relativité restreinte) et la gravitation de Newton, alors acceptée de tous.

Avec la relativité générale, l'action d'un corps sur un autre n'est plus représentée par une force attractive mais par une courbure de l'espace-temps. Pour donner une image de la différence entre les deux, imaginons un clou placé sur une nappe tendue par les quatre coins. Pour l'attirer, il est possible d'utiliser un aimant (symbolisant la gravitation newtonienne) ou

bien de tirer la nappe vers le bas afin de la déformer et ainsi de faire glisser le clou vers le fond. L'action d'un corps sur un autre en relativité générale s'apparente à cette seconde image.

Que trouve-t-on au cœur de la relativité générale ? Une équation, dite "équation d'Einstein" (ci-dessous), qui indique comment la présence d'une ou plusieurs masses déforme l'espace-temps (le temps, c'est-à-dire l'intervalle qui sépare deux moments dans l'Univers, devient une quatrième dimension accolée aux trois autres de l'espace). C'est cette déformation de "la nappe de l'Univers" qui fait que deux

corps s'attirent. Après la formulation d'Einstein, l'interaction telle que la décrit la force gravitationnelle de Newton n'est plus qu'une première approximation (valable à petite échelle).

La valeur de la déformation que l'on appelle "la courbure de l'espace-temps" est donnée par le second terme. Le premier terme représente la masse à l'origine de la courbure. En fait de masse, on considère également l'énergie, sous la forme de lumière, par exemple : cela résulte directement de la relativité restreinte qui établit l'équivalence entre la masse et l'énergie (c'est la signification du $E = mc^2$).

La **masse** provoque la **courbure** de l'espace-temps

$$\frac{8\pi k}{c^4} T_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R$$

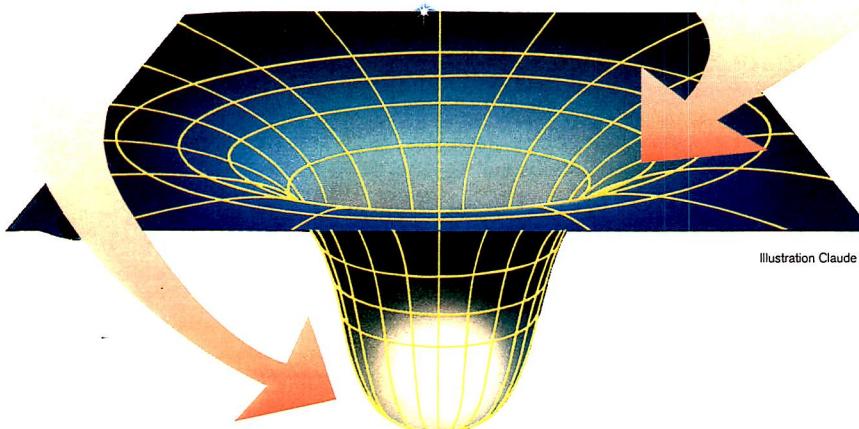


Illustration Claude Lacroix

EST-ELLE VRAIE ?

2 sa "recette"

Toute la complexité de l'équation d'Einstein (ce en quoi elle dépasse et corrige la formulation de Newton) est concentrée dans le deuxième terme, qui est fortement non linéaire, ce qui

veut dire "complexe" en langage mathématique. Plus concrètement, cela signifie qu'en dehors des cas triviaux (par exemple, une courbure engendrée par une unique masse parfaitement sphé-

rique) les solutions de cette équation sont très difficiles à calculer (les solutions étant les valeurs de la courbure de l'espace-temps).

C'est pourquoi, pour plus de simplicité, on effectue

des approximations, et on décompose ce deuxième terme en plusieurs contributions. On peut ainsi parler de la "recette de l'équation d'Einstein", qui contient les ingrédients suivants :

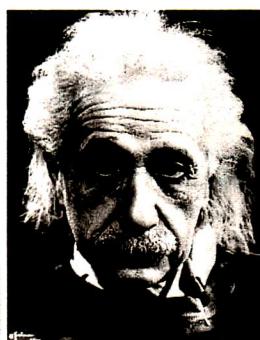


Roger Viollet

99,9 % de mécanique classique (Newton)

Bien que la théorie de la relativité générale soit fort complexe, elle s'appuie presque en totalité sur les équations newtoniennes de la gravitation. En effet, ces dernières suffisent pour décrire le comportement de presque tous les astres (planètes, astéroïdes, étoiles) que nous pouvons observer.

Avec une très bonne précision (c'est-à-dire approximation). Ce n'est guère étonnant, car, comme la vitesse des astres est bien inférieure à celle de la lumière, la relativité générale n'y est d'aucune utilité. Elle a été, en effet, conçue pour les corps très rapides ou très massifs.



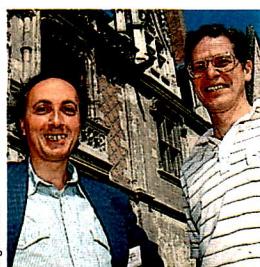
Halsman/AFP

0,09 % de correction relativiste (Einstein)

Cette correction renvoie à ce qu'on appelle "l'approximation linéaire", qui ne consiste ni plus ni moins qu'à vider le terme de l'équation d'Einstein de toute sa complexité non linéaire (voir ci-dessous)... Or, tous les tests de la relativité générale qui ont été effectués jusqu'au milieu des années soixante-dix ne portaient que sur cette partie (périhélie de Mercure, décalage gravitationnel des fréquences de la lumière, effets de lentilles gravitationnelles ou encore décalage de

deux horloges atomiques tournant autour de la Terre en sens inverse).

Autant dire que tous ceux qui croient dur comme fer à la véracité totale de la théorie d'Einstein feraienr mieux de tempérer leur enthousiasme ! Même la détection tant attendue des ondes gravitationnelles (déformations de l'espace) relève de la vérification de cette même partie de l'équation (voir *Science & Vie* n° 912, p. 48). La véracité de la relativité est donc, au mieux, approximative.



Serge Brunier

0,01 % de complexité (Damour et Taylor)

Ce sont les termes non linéaires (ou complexes) qui forment la spécificité de la relativité pleinement générale. Dans notre environnement proche (le système solaire), ils sont si faibles qu'ils sont totalement inobservables, donc invérifiables. Seules les régions environnant les astres les plus massifs (trous noirs et étoiles à neutrons) mettent réellement en jeu ce troisième ingrédient. Et encore faut-il se placer à seulement

quelques centaines de kilomètres de l'étoile pour les sentir (ces termes constituent alors quelques pour cent de l'équation d'Einstein).

La relativité générale est-elle vraie ? La réponse à cette question est suspendue à de véritables expérimentations. On sait déjà que l'avenir de cette théorie dépend de sa capacité (et de celle des scientifiques qui s'en occupent) à évoluer, à se dépasser.

suite de la page 58

le ne seraient donc plus égales ! Ni Galilée, ni vous, ni moi n'auraient pu le savoir, car, sur Terre, la variation de la "constante" de gravitation est si petite que ses effets sont indétectables.

Nos chercheurs ont imaginé et proposé à l'Agence spatiale européenne un projet de satellite, baptisé STEP, qui pourrait, par une expérience "simple", valider ou non cette violation. En effet, placés à l'intérieur de celui-ci, plusieurs accéléromètres de matières, tailles et masses différentes pourront détecter toute modification de leur valeur gravitationnelle avec une précision un million de fois supérieure à tout ce qui a été tenté auparavant. Une expérience qui, si elle était choisie par l'agence européenne, serait menée à bien au début du prochain siècle.

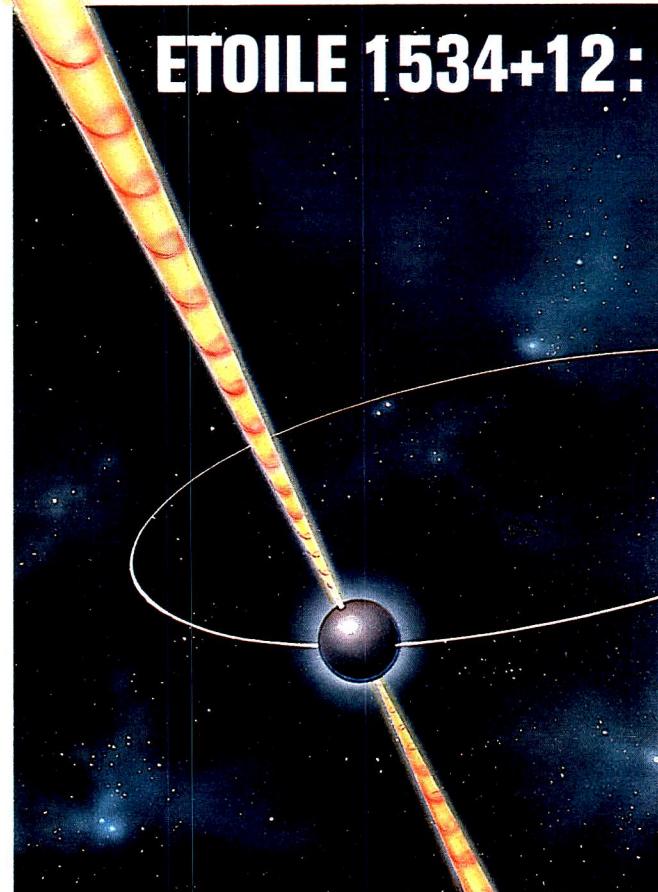
Mais une autre expérience, encore plus importante, toujours imaginée par Thibault Damour, est déjà prête dans le ciel : c'est le fameux pulsar double découvert par Taylor, un réel laboratoire de physique relativiste.

A l'époque, déjà, la découverte fit sensation, et son importance théorique n'échappa à personne (elle sera même récompensée par le prix Nobel en 1993 – voir *Science & Vie* n° 915, p. 38). Elle marquait une rupture dans l'histoire de la physique. En effet, le phénomène en cause relevait réellement, et pour la première fois, de la relativité générale.

Il faut préciser que ce type d'objet est très rare ; il doit en effet remplir deux conditions : la masse engendrant le champ de gravitation (les deux étoiles réunies) doit être très grande (au minimum celle de notre Soleil), et la distance entre les deux astres très faible (inférieure au diamètre du Soleil).

Seules capables de remplir ces conditions : les étoiles à neutrons. Celles-ci constituent l'étape intermédiaire entre les naines blanches et les trous noirs. Avec un diamètre de quelques dizaines de kilomètres pour une masse comprise entre 1 et 1,5 fois celle du Soleil, ces corps sont si denses qu'ils ne contiennent plus d'atomes : les protons et les électrons se sont annihilés pour laisser place à un bouillon unique de neutrons. L'étoile toute entière peut être représentée sous la forme d'un gigantesque noyau nucléaire.

Pour en revenir à l'expérimentation de la relativité générale, lorsque deux étoiles à neutrons forment un système binaire, les deux principales conditions pour observer des effets relevant de la partie non linéaire des équations d'Einstein (elle contient toute la complexité des équations de la relativité) sont réunis (voir encadré p. 60) : des masses imposantes très rapprochées et une manière (le faisceau radio enregistré sur Terre) de



mesurer toute perturbation, même infime, du système. Sur le premier point, il faut remarquer que le champ gravitationnel engendré par un objet ne dépend pas de sa densité mais uniquement de sa masse. Ainsi, si notre Soleil était remplacé par un trou noir de même masse, le comportement du système solaire, et notamment le mouvement de la Terre, ne serait en rien affecté.

La compacité des étoiles à neutrons leur permet surtout d'évoluer très près l'une de l'autre. L'ordre de grandeur dans un pareil système est de 1 à 2 millions de kilomètres. Et, comme ces étoiles-là tournent avec une grande régularité, la fréquence des flashes de rayonnement qui arrivent sur Terre sont plus précises que nos horloges atomiques.

En enregistrant systématiquement les émissions de ces phares cosmiques depuis des années, on a trouvé des variations dans les temps d'arrivée ; c'est la preuve d'une perturbation de l'équilibre du système. Or, l'interprétation théorique de ces perturbations ne peut s'expliquer que grâce aux

(1) "Non-Perturbative Strong-Field Effects...", *Physical Review Letter*, 70, 1993, 2 220.

(2) *Nature*, 350, 1991.

L'ÉPREUVE ULTIME

Illustration Michel Marie



Les pulsars binaires (étoiles massives très rapprochées) sont les seuls laboratoires de physique où les termes complexes de la théorie de la relativité générale peuvent être mesurés. Au programme de l'étude du pulsar PSR 1534-12 : vérifier en profondeur l'équation d'Einstein et, pour la première fois, mettre à l'épreuve les théories "post-newtoniennes".

termes non linéaires de l'équation d'Einstein. Bref, le laboratoire rêvé pour tester (enfin) la relativité.

Dans ce contexte, Damour apporte une contribution essentielle en établissant la théorie qui permet de décrire et de faire des prédictions sur les "systèmes binaires d'étoiles à neutrons". Ses calculs montrent que, suivant les caractéristiques des systèmes binaires, ce sont des parties différentes de l'équation d'Einstein qui sont testées. Dès lors, et pour la première fois, on peut dissocier différentes prédictions relevant de l'équation d'Einstein.

La découverte d'un autre pulsar binaire, PSR 1534 + 12, faite par Joseph Taylor et Alex Wolszczan, un de ses collaborateurs (?), va même améliorer cette situation. En effet, pour ce pulsar, les termes non linéaires sont importants. Avec ce genre de système binaire, les différences

de ce siècle : la gravitation et la mécanique quantique (voir encadré p. 58).

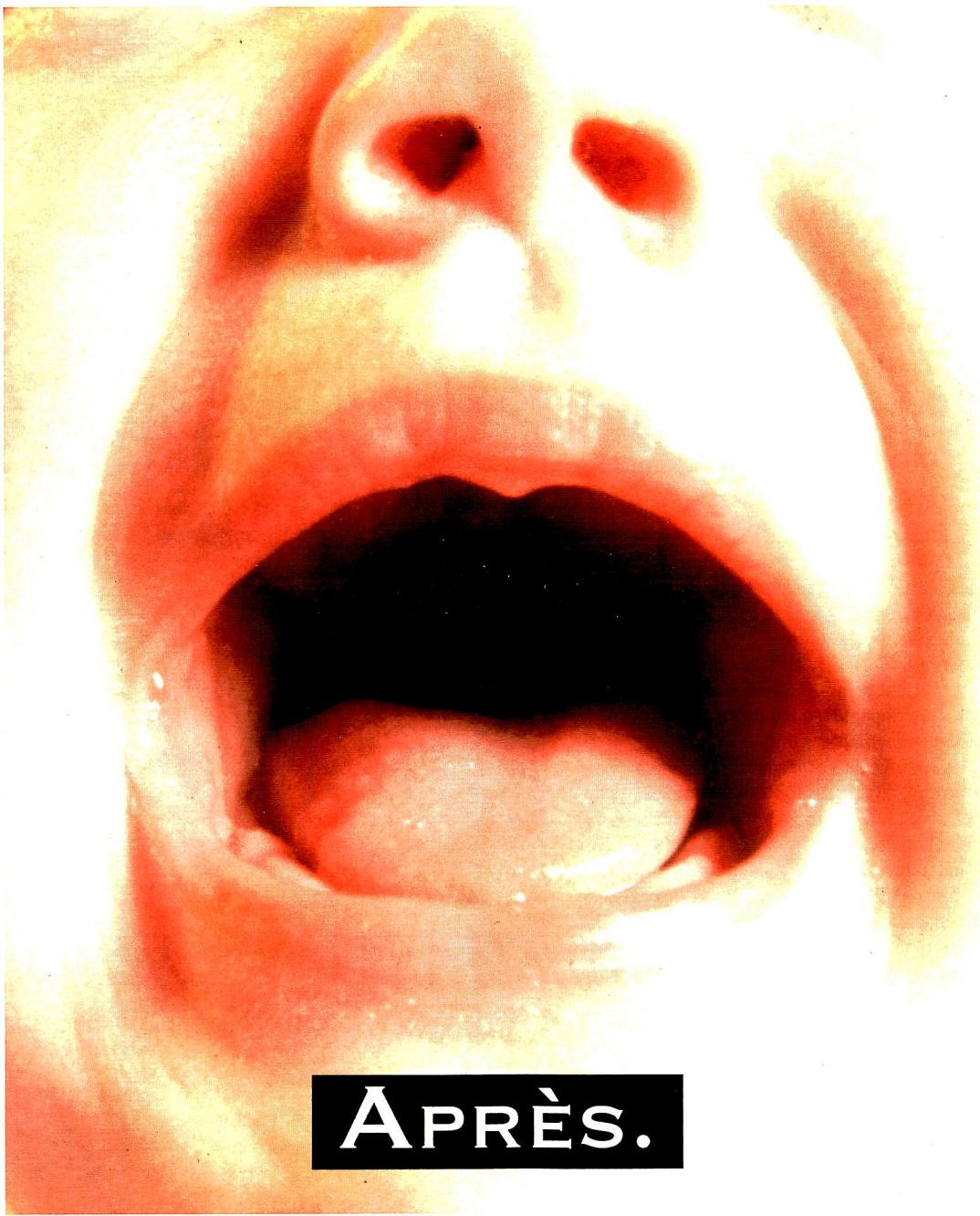
Ces nouvelles théories sont donc d'autant plus intéressantes que leur élaboration n'est pas simplement due à une volonté de dépasser la relativité générale mais aussi à celle de réconcilier toutes les forces de la nature (surtout la gravitation). Une manière d'approcher ce que les chercheurs appellent le Sain-t-Graal de la physique ou encore la théorie du Tout. Le pouls des physiciens théoriciens s'accélère. ■



AVANT.



Les professionnels qui ont fait entrer le son dans votre ordinateur sont de retour avec un nouveau son qui vous en mettra plein les oreilles. Plus généreux, plus riche, plus profond, un son à faire trembler votre PC. Dernier cri de la gamme, la carte Sound Blaster AWE32™ met toutes les innovations des professionnels de la musique à la portée de votre PC. Que vous décidiez de réécrire la 9ème symphonie de Beethoven, de donner une nouvelle dimension à votre jeu favori ou de finaliser votre présentation multimédia, la différence vous sautera aux oreilles. Voici au passage un bref aperçu de ses fonctionnalités : une synthèse sonore Advanced WavEffects™ qui produit des sons d'instruments



APRÈS.

plus vrais que nature. 32 voix polyphoniques et effets QSound. De plus, les circuits programmables intégrés permettent des effets de réverbération, de chorus ou encore une égalisation numérique. La triple interface CD-ROM permet de connecter les lecteurs Creative, Sony et Mitsumi. Sans compter un micro dynamique et une bibliothèque de logiciels et d'utilitaires tous plus précieux les uns que les autres. Pour obtenir plus d'informations sur ce produit ou sur toute la gamme Creative,appelez le (1) 39 20 86 00 ou par Minitel 3615 CREATIVE. Vous verrez, nous avons tellement musclé Sound Blaster que vous n'en croirez pas vos oreilles.

NOUVEAU SOUND BLASTER AWE32.

CREATIVE
CREATIVE LABS



Trente ans d'histoire tabou

PAR LES DRS JEAN-PIERRE DE MONDENARD, PATRICK LAURE ET JEAN-MICHEL BADER

Interrogez des entraîneurs, des médecins, des footballeurs, des dirigeants : unanimes, ils n'ont jamais rien vu, rien entendu, ils n'y a pas de "dope" dans le foot, il n'y en eut jamais. D'ailleurs, les contrôles en compétition sont constamment négatifs, les fédérations nationales se soumettent toujours aux règles antidopages, les drogues dopantes sont inutiles ou dangereuses en sport collectif, et les journalistes sportifs ainsi que les commis de l'Etat sont très vigilants.

Pourtant, dès 1958, G. Ottani, physiologiste du sport, révèle que, parmi les footballeurs italiens évoluant en première division, 27 % utilisent des amphétamines, 62 % des analeptiques cardiorespiratoires et 68 % des hormones et des extraits hormonaux organiques. Le major Franck Buckley, "patron" du club britannique de Wolverhampton, et son entraîneur Jimmy Stewart avaient avoué au journal *News of the World* avoir fait injecter des extraits glandulaires, contenant des hormones humaines, à leurs joueurs pour la préparation de la coupe d'Angleterre contre Portsmouth en 1939.

Ce n'est pas d'hier ! En 1962, trois joueurs milanais, Bicicli, Guarneri et Zaglio, écopent de deux matches de suspension pour dopage. En 1963, ce sont sept joueurs napolitains qui sont positifs aux amphétamines lors d'un Milan-Naples. En 1968, un Français de 18 ans, Jean-Louis Quadri, meurt subitement sur le stade de Saint-Egrève, près de Grenoble : les analyses demandées par le parquet de Grenoble révèlent la présence d'amphétamines. En 1975, c'est l'Espagnol Tonono qui meurt sur le terrain, les reins "bloqués" par des dopants. Le 4 avril 1991, c'est Luc de Rijck, buteur belge de division 2, qui meurt à Turnhout, d'un arrêt cardiaque,

R. Marin/Andros/Ad

FOOTBALL

La science contre le dopage

A quelques jours du coup d'envoi de la Coupe du monde de football 1994, le milieu du ballon rond nie l'existence du dopage chez les footballeurs, et les entraîneurs contestent tout intérêt aux contrôles physiologiques des joueurs. Dans les deux cas, la science contredit les spécialistes du foot.

chez le Dr Michel Van Deun, après que celui-ci – un ancien joueur du club – lui eut réinjecté son sang enrichi en oxygène.

D'année en année, les morts succèdent donc aux sanctions dans le foot international. Amphétamines, cocaïne, éphédrine, antidiouleurs, narcotiques, anabolisants circulent bel et bien dans les stades : dès leur apparition dans la pharmaco-



pée, dépresseurs ou stimulants analeptiques respiratoires et cardiaques, morphine, digitaline ont immédiatement été détournés de leur usage thérapeutique ; dès 1960, amphétamines et androgènes anabolisants servent de dopants. Dernier en date, en 1992, l'érythropoïétine, une hormone du rein qui sert d'"engrais" de croissance des globules rouges, reçoit son autorisation de mise

sur le marché. Des médecins italiens ont avoué avoir "expérimenté" la même année cette hormone sur des sportifs professionnels.

Ce ne sont pas que des "sans-grade" qui sont en cause : Pascal Olmeta (SC Toulon), Franz Beckenbauer (Bayern de Munich), Hans Josef Kappelmann (attaquant vedette du FC Cologne et du Bayern), Willie Johnston (West Bromich Albion), ►

suite de la page 67

Pierre Littbarski (Matra Racing) ou Patrick Schrooten (Anvers) ont révélé s'être dopés, avoir eu des contrôles positifs et parfois avoir été sanctionnés pour dopage. On assure que ce ne sont là que péripéties. Selon le physiologiste François Ruff, «le dopage n'épargne aucun sport en principe. Qu'il soit d'adresse ou non, qu'il soit ou non de durée variable. Car on peut prendre un dopage à la carte, par doses successives et en mélangeant les produits suivant les effets qu'on en attend» (*l'Aurore*, 1^{er} septembre 1980).

Trente-six ans après l'enquête menée par Ottani, certaines questions restent pressantes sur le dopage dans le football. Le public, les parents de jeunes footballeurs, les joueurs, les responsables de club, ainsi que les médecins du sport assurant l'encadrement et le suivi médico-sportif de footballeurs de tout niveau méritent bien d'être informés, afin d'adopter, en toute connaissance de cause, un comportement qui s'impose face à l'utilisation de telles substances.

Deux grands types d'arguments

sont utilisés pour rejeter les accusations de dopage dans le football. Le premier est que l'on n'y recourt pas car cela serait nuisible aux performances. Le second est que les contrôles n'ont rien révélé. Tout d'abord, qu'entend-on par dopants ? Des substances pharmacologiques comme les amphétamines, les stéroïdes anabolisants, les alcalinisants ou la caféine ; il y a aussi des procédés dopants comme l'autotransfusion sanguine ou l'administration d'oxygène et les séances de caisson hypobare ; d'autres substances, supposées augmenter les performances, figurent sur la liste des produits interdits par le Comité international olympique. Dès lors, il est justifié de les classer à la rubrique dopage. Cette liste évolue constamment pour inclure les nouveaux produits (hormone de croissance humaine, érythropoïétine, gonadotrophines chorioniques) qui sortent constamment des labos pour envahir les stades.

L'interdiction du dopage pousse évidemment les sportifs à la dissimulation : témoin Markus Einberger, détenteur du record du saut en hau-

teur d'Autriche en 1986, qui a reconnu s'être dopé lors d'un stage d'entraînement : «Le dopage, c'est comme un secret dans une entreprise. A l'intérieur, tout le monde est au courant. A l'extérieur, personne ne doit l'apprendre.» (*l'Alsace*, 6 août 1993.) Même constat dans le monde du football, selon l'ancien international allemand Harald Schumacher : «Pas plus que d'autres, le monde du football n'échappe aux ravages du dopage. La différence est qu'on n'en parle pas. Secret d'Etat. Tabou !»

Selon certains, le football exigerait une clairvoyance, une sagacité incompatible avec le dopage. «Ainsi, explique l'ancien Girondin Jean Tigana, s'il existe [le dopage], il faudrait qu'on m'explique ce qu'il apporte comme avantage pour nous, footballeurs, pour qui la lucidité est indispensable d'un bout à l'autre du match.» La lucidité ne pourrait donc être améliorée par le dopage ?

Objection ! Le problème semble être différent. Hormis le dopage, nombreux sont les facteurs susceptibles d'altérer la lucidité, les moyens de compréhension, les fonctions supérieures d'un joueur : le stress, l'anxiété, la haine de l'adversaire, la démotivation ou, tout simplement, la douleur physique. Or, plusieurs catégories de dopants permettent justement de réduire, voire de supprimer, ces éléments négatifs : tranquillisants, euphorisants, psychostimulants, antalgiques ou stupéfiants. C'est d'ailleurs ce que reconnaissent sans ambages les utilisateurs de ces produits : «J'avais par ailleurs remarqué qu'un bon joint avant un match de football favorisait ma concentration et me donnait une efficacité supérieure. Grâce au haschisch, je devenais un sportif redoutable...»

On encore Stans Bowles, des Queens Park Rangers, qui a révélé qu'il usait «de stimulants et de tranquillisants, et que nombre d'autres joueurs professionnels en faisaient autant». Mais aussi des arbitres. Robert Wurtz, le plus connu au plan français des hommes en noir, a révélé dans son autobiographie : «Il m'est arrivé, avant certains matches de promotion d'honneur, d'avaler une petite rasade de cognac, d'en imbiber deux sucres que je croquais, tout simplement parce que j'avais peur des joueurs et que je craignais de ne pas être à la hauteur.»

Jouer au football nécessiterait beaucoup d'adresse, une adresse qui serait remise en cause

Pascal Olmeta

a avoué avoir pris du Captagon (amphétamine) lors du match Toulon-PSG, en 1984.

Pat Black/Vandystadt



par le dopage : «Les effets des dopants sont peut-être spectaculaires dans certains sports ; ils le sont moins dans les sports comme le football, où l'adresse joue un rôle important.» (*l'Equipe*, 8 septembre 1973.) Voici un autre argument de ceux qui avancent que les joueurs sérieux n'ont pas recours au dopage : il ne majore pas l'adresse.

Objection ! Le dopage peut jouer un rôle prépondérant pour affiner le geste et décupler la concentration, favorisant l'adresse du joueur. Par exemple, les amphétamines et autres stimulants, ou les stupéfiants, dont la consommation permet d'éviter la monotonie et la fatigue liées à la répétition des gestes jusqu'à la perfection. Citons aussi les stéroïdes anabolisants et l'hormone de croissance qui, en favorisant la genèse musculaire, contribuent à enrichir le geste technique en force ou en vitesse. Ou encore les antalgiques, anesthésiques locaux et autres cortisoniques, qui tuent la douleur, permettent de travailler plus longtemps ou de reprendre l'entraînement plus tôt après une blessure. D'ailleurs, certains sports dits «de précision» ne s'y sont pas trompés, et le dopage y est notable : base-ball, basket, biathlon, golf, saut à ski, tir...

Selon l'ancien international Joël Bats : «Ce n'est pas un sport individuel, et je vois mal les avantages qu'un joueur dopé pourrait obtenir dans un sport aussi collectif que le football. D'ailleurs, pour un cas positif (...), combien de verdicts négatifs !» Le dopage n'apporterait donc rien dans les jeux collectifs.

Objection ! Les basketteurs américains, forcenés du jeu collectif, «piquent» souvent du nez dans la poudre. Nombre d'entre eux ont été déclarés positifs à la cocaïne ! Comme l'explique très bien Pierre Poty, l'ancien médecin de l'AS Saint-Etienne, à propos du joueur de football et des stimulants : «Sur le plan nerveux, s'il prend des excitants, il sera meilleur, il sera plus vigilant, plus intelligent, plus déterminé, plus confiant en ses moyens. Et s'ils sont douze à prendre des excitants, eh bien ! ils bénéficieront tous de la même amélioration.» (*France Foot 2*, n° 45, p. 8, 2 février 1979). Ce

raisonnement est d'ailleurs appliqué par de nombreuses formations : l'équipe de football ouest-allemande, vainqueur de la Coupe du monde de 1954, à Berne, grâce à des injections de glucose ; l'équipe de France, dopée au «café très fort» quelques heures avant sa rencontre avec l'Allemagne en 1973 ; l'équipe italienne, vainqueur de la Coupe du monde de 1982, préparée à grand renfort de carnitine, etc.

Les autres contraintes physiologiques du football ne s'accommoderaient pas du dopage. En cours de jeu, le footballeur parcourt en moyenne de 10 à 12 km, dont 2 ou 3 en sprint, de 4 à 8 à un rythme moyen et 1 ou 2 km en marchant. L'endurance est donc l'une des qualités importantes du joueur (sa consommation d'oxygène maximale moyenne est de l'ordre de 60 ml/min/kg). Toutefois, certaines actions, en fonction du poste, comme les changements de direction, les blocages de balles, les sauts, etc., nécessitent également force et vitesse. Une de ces actions ne serait améliorée par le dopage qu'au détriment d'une autre.

Objection ! Chacune des contraintes évoquées est susceptible d'être repoussée grâce à l'usage judicieux de produits dopants. Pour s'entraîner plus fort et plus longtemps, sans fatigue, sans blessure, récupérer plus vite, augmenter sa force et sa puissance musculaire, rien ne vaut, malgré les conséquences hormonales ou musculaires désas-

treuses (voir *Science & Vie* n° 893, p. 42), les injections de testostérone, ou d'androgènes anabolisants ; pour jouer 90 minutes «à cent à l'heure», il y a les transfusions sanguines, la cocaïne, l'éphédrine ; pour augmenter la confiance en soi, favoriser l'agressivité, ce sont les amphétamines qui sont recherchées.

Pierre Littbarski

attaquant du Matra Racing, dopé au Captagon, avoue : «Je savais que je pouvais en crever.»



T. Duffy/Vadystadt

suite de la page 69

Second argument destiné à faire croire que le football est indemne de dopage : les contrôles. Ainsi, selon la Fédération française de football (FFF), 228 contrôles antidopages ont été faits en 1992, à Paris, sur des footballeurs, et pas un seul n'a été positif. L'année précédente, sur 270 contrôles (FFF et UEFA), deux joueurs ont été positifs et, en 1990, sur 224 contrôles, un seul était positif. Le grand public considère volontiers que le football, l'une des disciplines les plus populaires du monde, n'est pas concerné par le dopage. Par exemple, ce sondage *Entrevue-Louis-Harris*, réalisé en 1993, qui montre les sports les plus touchés selon les Français : en tête, l'athlétisme (85 % des réponses), suivi du cyclisme (72 %) et de la natation (71 %). Le football n'arrive qu'en huitième position (10 %), juste après le tennis (12 %).

Or, le nombre de contrôles antidopages concernant les footballeurs est relativement limité par rapport à d'autres disciplines : en 1986, on a contrôlé en France 1 260 cyclistes et seulement 52 footballeurs ; en 1993, 707 athlètes ont été testés

pour 397 footballeurs (cela ne représente que 4,9 % des contrôles annuels).

André Noret, médecin du sport belge, l'a dit à sa façon en 1990 : «Des résultats positifs, il y en a très peu puisque, à de rarissimes exceptions, les footballeurs ne sont pas sou-

mis au contrôle antidopage.»⁽¹⁾ Il est vrai que, jusqu'en 1987, les contrôles avaient lieu lors des championnats d'Europe et du monde, c'est-à-dire une fois tous les quatre ans !

Cette sous-représentation est d'autant plus incompréhensible que le football est le sport ayant le plus grand nombre de licenciés. Mais, en 1993, il y a eu 397 contrôles pour 1 915 836 licenciés, ce qui représente un taux d'environ 0,02 %. De quoi laisser songeur, quand on sait que, pour être dissuasif, il faudrait qu'au moins 5 % des compétiteurs passent un contrôle inopiné (l'idéal étant 10 %). On est encore très loin du compte. Cependant, certains footballeurs, comme l'ex-Stéphanois Dominique Rocheteau, réclament des contrôles plus nombreux : «Plus il y aura de contrôles à l'occasion des compétitions, aussi bien nationales qu'internationales, et moins il y aura de dopage.» Tandis que d'autres les jugent suffisants ou les refusent purement et simplement, comme les joueurs professionnels anglais en août 1991, sur décision du président de leur association, Gordon Taylor (*le Quotidien du médecin*, 30 août 1991).

Un bon contrôle antidopage, c'est

un contrôle inopiné. Or, trop souvent, les footballeurs sont prévenus : à propos de la rencontre de Coupe de France Toulouse-Bordeaux, en 1986, le Toulousain Alberto Tarentini raconte : «Cinquante minutes avant le coup d'envoi, j'ai croisé dans les couloirs menant aux vestiaires un joueur bordelais (je lui ai promis la discréction). Attention, me dit-il, il va y avoir un contrôle.» (*Miroir du cyclisme*, n° 403, p. 78, février 1988.) Par ailleurs, pour être fiable et crédible, un contrôle antidopage doit respecter une procédure rigoureuse. L'objectif est évident : éviter toute tentative de fraude pendant les opérations et toute contestation après.

En pratique, de nombreux écarts sont constatés. La mascarade du contrôle de l'Olympique de Marseille, en 1988, en est une parfaite illustration. En effet, à cette période, les joueurs tirés au sort pour subir un contrôle avaient été prévenus... à la mi-temps. Ce qui permettait aux coéquipiers non désignés de se doper, l'esprit serein, pour le restant de la rencontre. Rappelons brièvement l'histoire : lors d'un match de championnat, à Nice, les numéros 3 et 6 de l'OM (Eric Di Meco et Bruno Germain) sont tirés au sort, mais, à l'issue de la rencontre, ce sont les numéros 2 et 9 (Pascal Thys et Jean-Pierre Papin) qui se présentent. Explication olympienne : «Michel Hidalgo avait écrit à la volée, de façon peu lisible, les numéros sur une feuille que Jean-Pierre Bernès avait lue à l'envers.» Cette affaire, pour le moins courtellesque, est close le 13 juin 1989 par la Commission fédérale d'appel.



Harald Schumacher

Il a révélé que, lors de la coupe de l'UEFA, cinq joueurs avaient pris de l'éphédrine et du Captagon.

Dans les attendus du jugement, elle accorde aux joueurs le bénéfice du doute, mais sanctionne quand même le club, pour négligence, d'une amende de 100 000 F (*le Figaro*, 14 janvier 1989).

Autre signe du manque de rigueur : les flacons d'urine qui circulent sans surveillance, ou le médecin-préleur qui n'assiste pas à la miction des joueurs. Dès lors, il est facile de frauder, d'échanger les flacons, etc., comme l'explique le Brésilien Arthur Coâmbra, dit Zico, le "Pelé Blanc" : «Si quelqu'un ne peut pas ou ne veut pas uriner, un autre joueur le fait à sa place. Il arrive même qu'on vienne au secours de footballeurs de l'équipe adverse.» (*Sport 80 magazine*, 11 février 1987.)

Quand on affirme qu'aucun joueur n'est positif après un contrôle, il faut encore préciser quels ont été les produits recherchés. En effet, de nos jours et dans les laboratoires de dépistage agréés par le CIO, l'analyse porte en général sur la totalité des substances prohibées. Mais pas toujours : lors de la Coupe du monde de 1978, par exemple, aucun Français contrôlé n'avait été positif, ce qui est très bien. Ce qui est moins bien, c'est que la recherche antidopage ne visait pas tous les dopants (*France Foot 2*, n° 45, p. 9, 2 février 1979). De plus, rien n'empêche un organisateur de réaliser des contrôles dans un laboratoire privé, dans le but de "démontrer" la blancheur de ses joueurs, tout en demandant que la recherche ne porte que sur des substances déterminées, mais sans l'avouer par la suite : «Dans les meetings, les enjeux financiers sont tels que les organisateurs ne peuvent pas se payer le luxe d'un vrai contrôle (...). Les tests antidopages sont arrangés.»⁽²⁾

Enfin, pour peu que le footballeur utilise des dopants indétectables dans les urines par les méthodes actuelles d'analyse, ou s'il recourt à des produits masquants non interdits ou eux-mêmes indétectables, il est assuré de passer au travers des mailles du filet. Par exemple, la coramine n'est détectée que depuis 1974, les stéroïdes anabolisants (et encore pas tous) depuis 1976, les bêtabloquants depuis 1986, les diurétiques de-

puis 1987, etc. Quant aux produits non encore détectables dans les urines, citons l'érythropoïétine, les corticoïdes naturels ou l'hormone de croissance (bien que, selon le quotidien *l'Equipe* du 17 août 1993, le lanceur de disque Erik De Bruin, lors du meeting de Cologne, aurait été positif à l'hormone de croissance, ou hGH, alors que, tout récemment, à l'occasion des Jeux olympiques de Lillehammer, le président de la commission médicale du CIO, le prince Alexandre de Mérode, affirmait que l'hormone de croissance était toujours indétectable).

Enfin, *Science & Vie* s'en est fait l'écho (n° 917, p. 58), contrairement à l'optimiste rumeur, le recours au prélevement sanguin ne résoudra pas l'ensemble des problèmes.

Pour Sir Arthur Gold, le président de la British Olympic Association : «Tant que le dépistage sera ce qu'il est, nous n'attraprons que les imprudents et les mal-conseillés.»

Rappelons que, de 1986 à 1988, Ben Johnson, le vainqueur du 100 m aux Jeux olympiques de Séoul, contrôlé positif au stanozolol, un stéroïde anabolisant, avait subi dix-neuf tests, tous négatifs, alors qu'il suivait de fréquentes "cures hormonales" pendant cette même période. De même, pendant une vingtaine d'années, jusqu'à l'affaire du trio des "Wundermädchen", Krabbe-Breuer-Derr (*Science & Vie* n° 893, p. 43), en 1990, une seule athlète de l'Allemagne de l'Est, la lanceuse de poids Ilona Slupianek, s'est fait prendre dans les filets du contrôle antidopage, alors que "200 %" des athlètes de ce pays étaient survoltés artificiellement (*le Figaro*, 24 janvier 1994).

Mais qu'on ne s'y méprenne pas.

Notre propos n'est pas d'attaquer le football, mais, au contraire, de le défendre. Il n'est pas de laisser entendre que, sur le million et demi de licenciés pratiquants, il y aurait un nombre égal de dopés. Mais des craintes préventives valent mieux que de fausses certitudes rassurantes. Souhaitons donc que les responsables techniques et médicaux du sport le plus populaire de France n'attendent pas de recevoir sur la tête un fruit déjà pourri pour découvrir la pesanteur du système. Souhaitons qu'ils sachent mesurer la force d'enthousiasme des jeunes footballeurs et leur tendance naturelle à se jeter à corps perdu vers un objectif sans tenir compte des moyens. ■

Franz Beckenbauer
Joueur star du Bayern de Munich des années 1970, il a eu un contrôle positif lors de la Coupe du monde de 1974.

Vandystadt



(1) *Le Dopage*, 2^e éd., A. Noret, Vigot, Paris, 1990.

(2) *Le Sport en otage*, J.-F. Bourg, La Table ronde, Paris, 1988.



2 La science au secours du football

PAR JEAN-MICHEL BADER

Tous les footballeurs ne sont pas égaux devant l'effort : leurs "moteurs" musculaires n'ont pas tous le même rendement énergétique. Certains génies du ballon parviennent, grâce à un toucher de balle parfait, une cinesthésie aboutie du geste, à minimiser les efforts musculaires. A geste égal, ils consomment moins d'énergie et sont remarquablement "frais" en fin de partie. D'autres attaquants, brillants en début de jeu, ne parviennent plus à dribbler les défenseurs adverses après quatre-vingts minutes de jeu. On dit qu'ils «rentrent dans le mur».

Le football est un de ces sports hybrides associant deux manches d'une course de fond de quarante minutes à des accélérations très brutales et

brèves (parfois en marche arrière !), grosses consommatrices d'énergie. Au contraire, les épreuves de fond (triathlon, marathon, course à pied de 100 km) sont de véritables épreuves d'économie : les marathoniens ou les triathlètes ne dépassent jamais 60 % de leur capacité maximale d'extraction de l'oxygène du sang par le muscle.

Tous les sportifs sont menacés par la panne quand le carburant vient à leur manquer, autrement dit, lorsqu'ils ont entièrement consommé leur substrat (¹) énergétique principal, le glycogène (²), contenu dans les cellules musculaires. Or, les muscles les moins sollicités au cours d'un effort sportif – par exemple, ceux du thorax et les biceps d'un marathonien – peuvent encore avoir une importante réserve locale de glycogène, alors que les quadriceps des cuisses n'ont plus une goutte de ce "supercarburant".

En réalité, le glycogène, molécule stockant l'énergie, n'est que le point de départ de la chaîne énergétique : il libère d'abord du glucose dans la cellule ; puis la molécule de glucose, en présence d'oxygène, est transformée en acide pyruvique, qui, à son tour, entre dans une succession d'hydrolyses

Oxygène extrait du sang : moins de 240 ml/min.

Le cœur bat à plus de 160 battements/min.

Consommation de glycogène : 5 g/min.

Acide lactique : de 4,5 à 5,5 mmol (*) par ml de sang.

LE GOAL
Un médiocre sprinter

enzymatiques (cycle de Krebs) à partir desquelles il est possible de régénérer le seul carburant de la cellule, l'adénosine triphosphate, ou ATP. Quoi qu'il en soit, il n'y a pas de dépannage possible : le glycogène ne passe pas d'un muscle à l'autre. Comme l'explique le Dr Jean-Pierre de Montdenard, médecin du sport (³), «à moins de marcher sur les mains pendant la moitié du trajet d'une course pédestre, les réserves des membres supérieurs sont absolument inutilisables par les muscles des membres inférieurs».

Si l'effort dure, les muscles privés de "super" doivent alors se contenter de "l'ordinaire", autrement dit, des lipides ou du glucose du sang, puis en dernier lieu de leurs propres protéines, dont

L'AILIER FINISSEUR

Un marathonien économe et puissant

les éléments de base, les acides aminés, sont aussi des molécules énergétiques.

Comme tous les êtres vivants supérieurs, les footballeurs consomment cette énergie en très grande quantité pour leur travail musculaire. Lors d'une activité intense, la consommation de glucose produit à partir du glycogène peut atteindre 5 g/min ! Si encore toute cette énergie était transformée en travail... Mais ce n'est pas le cas, le muscle a un rendement énergétique déplorable : près de 80 % de l'énergie rayonne sous forme de chaleur, et seulement 20 % sert effectivement à la contraction et au travail. Pour un effort d'une durée de 60 min, à une allure soutenue, un coureur à pied consomme ainsi quelques 900 kilocalories, et la température du corps s'élève de 0,1 à 0,2 °C toutes les deux ou trois minutes.

Tant que l'effort intense d'un athlète est maintenu en dessous d'une certaine fraction de la puissance maximale aérobie (ou "VO₂ Max", la capacité maximale d'extraction de l'oxygène du sang par les cellules du corps), l'organisme consomme moitié de lipides ou d'acides aminés et moitié de glycogène et de glucose. De plus, le corps peut recycler suffisamment de substances énergétiques pour ne pas entamer le capital "supercarburant" glycogène. Un marathonien expérimenté sait doser son effort pour maintenir sa fréquence cardiaque, donc sa consommation d'oxygène maximale en dessous d'une certaine valeur ; c'est le signe indirect qu'il est en métabolisme aérobie. Grâce à cet auto-contrôle lui permettant de dépasser sa douleur, il peut ainsi tenir 42 kilomètres.

Mais lorsque le sportif réclame une puissance explosive instantanée à certains de ses muscles, comme c'est le cas d'un footballeur essayant d'échapper, balle au pied, à deux adversaires, il contracte un pourcentage plus important de fibres musculaires rapides, qui sont très gourmandes en ATP. A 90 % de puissance maximale aérobie, il n'utilise plus que le glucose (et son précurseur, le glycogène). Et, surtout, il passe progressivement en anaérobiose, là où les rendements énergétiques du métabolisme sont bien plus pauvres. L'ATP n'est plus resynthétisé en quantité suffisante, et le métabolisme des fibres musculaires rapides pro-



Illustrations Ludwick Thomas

duit plus d'acide lactique que les fibres lentes. Celui-ci, en s'accumulant dans les muscles, empêche le retour à un métabolisme aérobie. Le cercle vicieux de la consommation de glycogène est lancé.

Mais alors, pourquoi certains footballeurs s'écroulent-ils et d'autres pas ? Ce n'est pas à cause de l'entraînement physique : le Pr Paolo Cerretelli, physiologiste à l'université de Genève, a dosé, dans les muscles des athlètes du Milan AC, la concentration d'ATP et de créatinine phosphate (un autre substrat énergétique du muscle) : elle est la même chez les joueurs bien entraînés et chez des sujets témoins non entraînés.

Ce qui conditionne la tenue d'un joueur sur le terrain, c'est à la fois sa capacité maximale d'accumulation de l'acide lactique et la vitesse de production de cet acide lactique pour un effort donné. Et, là, tous les joueurs ne sont pas égaux.

Premier facteur, l'âge : entre 18 et 28 ans, la VO₂ Max peut être améliorée, ce qui recule le seuil d'anaérobiose, donc le moment où l'acide lactique commence à s'accumuler. Chez l'enfant et l'adulte après 40 ans, ce mécanisme physiologique ne peut être amélioré.

Et puis, l'accumulation d'acide lactique n'est pas la même chez un avant-centre, un goal ou bien un ailier. Pourtant, ils couvrent presque tous la même distance au cours d'un match, en moyenne, 8 km, qu'il s'agisse des joueurs de milieu de terrain, des attaquants, des arrières (seul le goal ne

(*) La millimole (mmol) représente un millième de la mole, unité de base du système international d'unités. La mole (mol) est la masse moléculaire d'un corps exprimée en grammes.

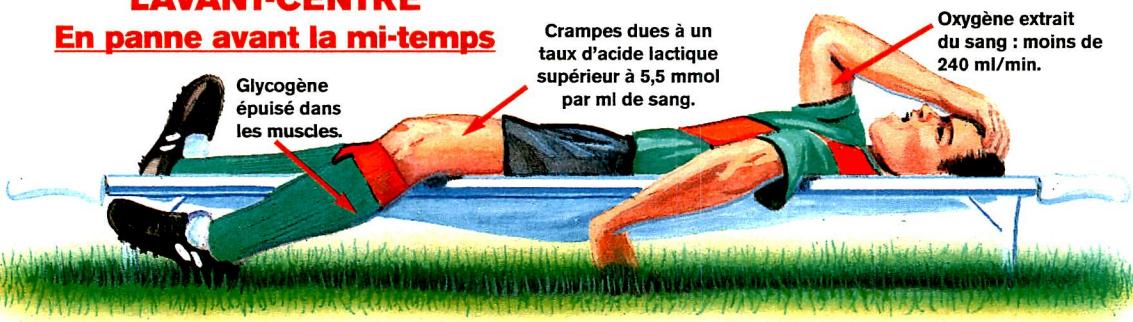
(1) Substrat : matériau de base, infrastructure.

(2) Glycogène : polymère de molécules de glucose enchaînées bout à bout.

(3) Les Commandements nutritionnels du sportif, Ardix médical.

L'AVANT-CENTRE

En panne avant la mi-temps



suite de la page 73

fait que 4 km), et consomment à peu près tous le même nombre de calories.

C'est bien la concentration d'acide lactique en fin de match qui fait la différence entre les joueurs. Selon le Pr Cerretelli, on pourrait savoir, rien qu'au vu du profil métabolique, si l'on a affaire à un joueur "créatif", non pénalisé par son métabolisme, ou à un milieu de terrain accumulant plus d'acide lactique, et donc plus en danger de panne de glycogène en fin de match. Le Dr Jean-Luc Ferret, responsable du centre médico-sportif de Lyon, a déjà mis en pratique, pour l'équipe de l'Olympique lyonnais, une méthode d'évaluation indirecte de la VO₂ Max des athlètes et de l'accumulation d'acide lactique, en faisant simplement des mesures de fréquence cardiaque. Après un test de course standardisée, les joueurs qui accumulent beaucoup d'acide lactique ont des fréquences cardiaques supérieures à 160 battements par minute. Les "économies", qui ont de faibles concentrations d'acide lactique, ont aussi des fréquences cardiaques comprises entre 150 et 160. Cette méthode pourrait avoir de grandes conséquences pour l'organisation du football professionnel, l'entraînement et la sélection des joueurs ou le déroulement des matches.

Il faudrait personnaliser l'entraînement de chaque athlète.

Comparés aux coureurs qui parcourent des distances considérables à l'entraînement (le champion olympique de Séoul, Gelindo Bordin, fait 400 km par semaine, soit environ 55 km par jour !), les footballeurs sont sujets à la fatigue musculaire chronique ; ils multiplient à l'entraînement les accélérations instantanées, mettent leurs muscles en métabolisme anaérobie, consomment trop vite leur glycogène, produisent de l'acide lactique qui s'accumule sur place, ce qui augmente le pH local et paralyse progressivement le muscle. Chez ces joueurs, il faudrait pouvoir fractionner l'entraînement en séances plus courtes ou moins intenses. Des prises de sang pour doser la lactacidémie (taux d'acide

lactique dans le sang) ou une mesure en temps réel de la fréquence cardiaque permettraient de "piloter" cet entraînement.

Il faudrait aussi éviter les surentraînements d'avant match. Dans les meilleures équipes européennes, l'échauffement à l'entraînement est souvent inadéquat, estime le Pr Cerretelli. Cueillis à froid, les muscles travaillent d'entrée en anaérobiose ; du fait de l'acidité accumulée localement, le recrutement des fibres rapides pour les efforts instantanés ne peut se faire aussi efficacement, et les crampes, les contractures, voire des fractures de fatigue, surviennent. Pis, l'entraîneur du Milan AC oblige ses joueurs à pratiquer, le matin du match, un entraînement de la durée exacte du jeu officiel. Or, c'est une hérésie : les joueurs pompent dans leurs cellules des réserves d'énergie non renouvelables, qui leur manqueront cruellement au cours du match. Des biopsies musculaires faites sur des athlètes suédois, après une simple marche de quarante-cinq minutes, ont montré une diminution de moitié du glycogène musculaire ! Il faut un minimum de trente-six heures pour recharger son glycogène. Les quelques heures séparant l'entraînement du match ne sont pas suffisantes pour refaire le plein. Les entraîneurs et les joueurs doivent comprendre cette notion de physiologie de base s'ils veulent éviter les pannes de fin de match. Là encore, les tests de terrain peuvent alerter efficacement les équipes médicales et sportives qui entourent les joueurs.

Les tests de performance et des mesures de seuils anaérobiques auraient également un intérêt économique : les clubs acheteurs de joueurs pourraient les pratiquer, ou réclamer avant la transaction, aux anciens propriétaires, le dossier physiologique du postulant. «Mais les propriétaires ne veulent pas faire savoir quelle est la puissance réelle des joueurs, explique le Pr Cerretelli. Vous vendez 4 millions de dollars un joueur qui n'en vaut que deux. Les joueurs et les entraîneurs ne veulent pas non plus en entendre parler, l'espionnage est partout dans ce milieu...»

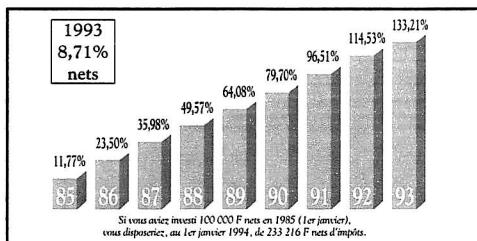
IL Y A DES CONTRATS D'ÉPARGNE "TAPE A L'ŒIL" D'AUTRES VOUS LA FONT VOIR SOUS UN AUTRE ANGLE !



ANGLE DE LA PERFORMANCE DANS LA DURÉE : 9,87 % SUR 9 ANS

Depuis sa création en 1985, PRÉVI-RETRAITE a connu une croissance annuelle moyenne de 9,87 % nets ; l'un des meilleurs rendements du marché sur le long terme : c'est une solution unique pour mener à bien vos projets et réussir vos placements. De plus, vous profitez des avantages de "l'effet cliquet" : les intérêts grossissent votre capital et produisent à leur tour d'autres intérêts. Ainsi, si vous aviez investi 100 000 F nets au 1^{er} janvier 1985, vous disposeriez, au 1^{er} janvier 1994, d'un capital de 233 216 F net d'impôts.

Taux de croissance cumulé de PRÉVI-RETRAITE depuis 9 ans.



SURAVENIR : DE SOLIDES GARANTIES

PRÉVI-RETRAITE repose sur un fonds de plus de 15 milliards de francs géré et garanti par SURAVENIR, société d'assurance-vie, filiale du 5^e groupe bancaire français.

C'est une preuve de savoir-faire et de fiabilité.

NUMERO VERT 05 05 96 96
APPEL GRATUIT

PRÉVI - RETRAITE

L'ÉPARGNE VUE SOUS TOUS LES ANGLES

ANGLE DE LA SOUPLESSE

En fonction de votre situation, vous déterminez la durée de votre contrat, le montant et la fréquence de vos versements. Vous pouvez aussi retirer tout ou partie de votre épargne, à tout moment.

ANGLE DE LA CONFiance

Ce n'est pas un hasard si, en 1993, 62 000 nouveaux souscripteurs ont choisi PRÉVI-RETRAITE pour construire leur avenir, portant aujourd'hui le nombre d'adhérents à 282 000. Preuve de ses excellentes performances, ce contrat a été sélectionné par ESPACE PATRIMOINE, l'une des premières sociétés françaises de conseil et de gestion de patrimoines privés.

ANGLE DE LA DÉFISCALISATION

PRÉVI-RETRAITE cumule tous les avantages fiscaux de l'assurance-vie : réduction d'impôts chaque année, exonération totale des plus-values dès 8 ans, exonération des droits de succession dans la plupart des cas.



LE PARTENAIRE PRIVILÉGIÉ DE VOTRE ÉPARGNE

Pour recevoir très rapidement une documentation complète et sans engagement, composez gratuitement ce numéro ou retournez-nous le coupon ci-joint. Présent dans 15 grandes villes françaises, ESPACE PATRIMOINE sélectionne en toute objectivité les meilleurs placements pour en faire bénéficier ses clients.

DEMANDE DE DOCUMENTATION

à retourner d'urgence à ESPACE PATRIMOINE sous enveloppe affranchie :
12, rue du Bouquet de Longchamp - 75116 Paris



- Veuillez me faire parvenir, sans engagement et dans les plus brefs délais, un dossier complet d'information sur le contrat PRÉVI-RETRAITE.
- Je désire obtenir un rendez-vous avec un conseiller ESPACE PATRIMOINE de ma région.

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Profession : _____

Tél. dom. : _____ Tél. bur. : _____

Peut-on breveter l'homme ?

Les Etats-Unis en ont l'intention, l'Europe est tentée, quant à la France, elle est encore réservée. A l'horizon, un marché de plusieurs milliards de dollars et un risque de dérive vers l'eugénisme. De quoi réfléchir !

PAR PIERRE ROSSION

Le différend sur l'exploitation par une société américaine du génome humain, opposant le Pr Daniel Cohen, directeur du Centre d'étude du polymorphisme humain (CEPH), et l'un de ses chercheurs, le Dr Philippe Froguel, a mis en évidence un vide juridique en ce qui concerne les recherches sur le génome humain. Un vide que la loi sur la bioéthique qui a été adoptée en deuxième lecture à l'assemblée nationale, le 20 avril dernier, n'a pas prévu et qui ne pourra être comblé que par un décret d'application ultérieur. Cependant, il est à prévoir que cette loi, une fois votée, restera imparfaite, du fait que la biologie moléculaire va aujourd'hui plus vite que l'éthique.

C'est il y a une dizaine d'années que les premiers problèmes ont commencé à se poser, quand le génome humain, c'est-à-dire l'ensemble des gènes de la molécule d'ADN (1) qui portent les caractéristiques de l'espèce humaine, est devenu accessible aux chercheurs. On devait alors s'attendre à ce qu'il soit l'objet d'applications, pour des tests de diagnostic ou pour la fabrication de nouveaux médicaments, ce qui n'a pas tardé.

En février 1991, une équipe américaine du National Institute of Health (NIH) a annoncé son intention de breveter de petits fragments d'ADN humain de 20 à 30 nucléotides – sans application connue – séquencés par le Dr Craig Venter, un généticien spécialiste du cerveau. Alors la question s'est posée de savoir où se situait la frontière entre ce qui devait être considéré comme relevant de la découverte ou de l'invention, sachant que, par définition, une découverte n'est pas brevetable alors qu'une invention l'est, du fait qu'elle nécessite une intervention de l'intelligence humaine.

Pour mieux fixer les idées, la découverte d'un gisement de fer ne peut être brevetée, alors que l'invention du fil à couper le beurre peut l'être. L'invention, pour être brevetable, doit aussi répondre à trois autres critères, ceux

(1) L'ADN est une molécule en forme de serpentin, constituée d'une longue suite d'unités fondamentales, les nucléotides, eux-mêmes formés d'un phosphate, d'un sucre et d'une base. Un gène est un fragment d'ADN codant pour une protéine spécifique.



ALAIN FROGUEL

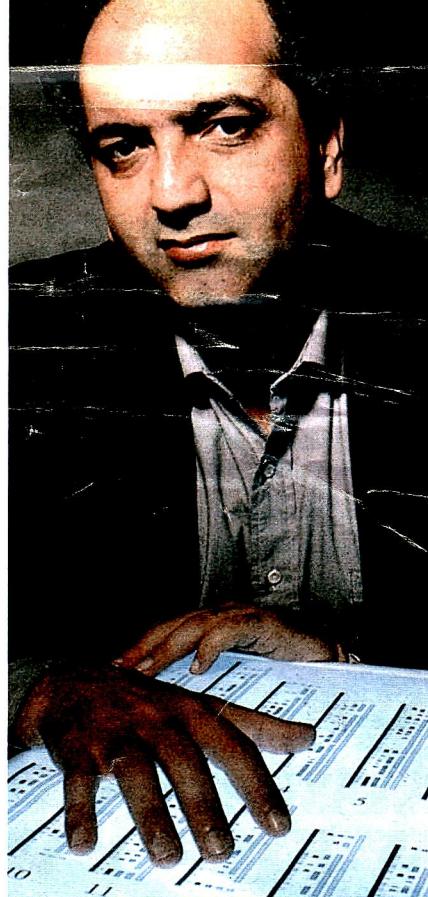
«Les banques d'ADN sont à la disposition des chercheurs.»

Cet ADN qu'on se dispute

Ironie de la nature, l'ADN humain ressemble étrangement à un code barres de produit de supermarché. Encore un effort et il se trouvera, lui aussi, sur les rayons.



Allard/REA



S. Murez/Rapho

DANIEL COHEN

«Les banques d'ADN peuvent être commercialisées.»

de la nouveauté, de l'utilité (application industrielle) et de la conformité aux bonnes mœurs.

Les Européens ont fait remarquer que découper l'ADN humain en petits fragments, puis les déchiffrer comme l'avait fait Craig Venter, ne relevait d'aucune activité inventive, puisque cela peut être réalisé en routine par des machines, mises en œuvre par des techniciens bac + 2. La demande fut rejetée par l'office américain des brevets. Cependant, ne s'estimant pas vaincu, le NIH fit appel, indiquant que les séquences pouvaient servir de sondes pour localiser des gènes dans le génome humain ou encore servir de balises pour l'établissement de cartes du génome humain.

Cet incident – finalement réglé en février dernier, quand Venter finit par admettre que ses fragments d'ADN n'entraînaient pas dans la catégorie des inventions, mettant ainsi fin à un conflit qui agitait le monde de la biologie depuis trois ans – mit en évidence la difficulté qu'il y a à établir une ►

suite de la page 77

ligne de démarcation nette entre découverte et invention, dans un domaine qui relève davantage de la conscience individuelle que de l'appréciation objective. Aussi, sans plus attendre, les Etats-Unis, l'Europe, et particulièrement la France, sentirent la nécessité d'établir un cadre juridique précis pour les recherches sur le génome humain.

En France, des commissions furent mises en place, et il en sortit un projet de loi sur la bioéthique en trois volets, le premier relatif «au respect du corps humain», le second «au don et à l'utilisation des éléments et produits du corps humain, à l'assistance médicale à la procréation et au diagnostic prénatal» et le troisième «au traitement de données nominatives ayant pour fin la recherche dans le domaine de la santé».

Lorsqu'on passe au peigne fin le projet français, on relève «l'interdiction des brevets sur les gènes humains en tant que tels, tout en autorisant les brevets sur les techniques isolant ces gènes et les produits les utilisant. Ainsi seule l'invention est brevetable, la découverte ne pouvant par elle-même faire l'objet d'aucune appropriation». Dans un article additionnel, une disposition précise même que «la structure totale ou partielle d'un gène humain, en tant que tel, ne peut pas faire l'objet de brevet».

«Au niveau européen, cela s'est traduit par un projet de directive sur lequel se sont mis d'accord les douze pays membres de la Communauté. Cette directive, lorsqu'elle sera votée au parlement de Strasbourg, dans les mois qui viennent, fera autorité sur ces pays et devra faire l'objet d'une transcription en droit national, c'est-à-dire que la législation française devra s'aligner sur elle.

Cette directive est beaucoup plus ambiguë que le projet de loi français et relève du casse-tête. Certes, elle dit aussi que «le corps ou des éléments du corps humain ne sont pas brevetables en tant que tels» et même qu'«un gène doit être exclu de la brevetabilité». Cependant, un peu plus loin, les choses se contredisent totalement. Ainsi, l'article 2 dit que : «L'objet d'une invention ne sera pas exclu de la brevetabilité au seul motif qu'il se compose de matière biologique, utilise cette der-

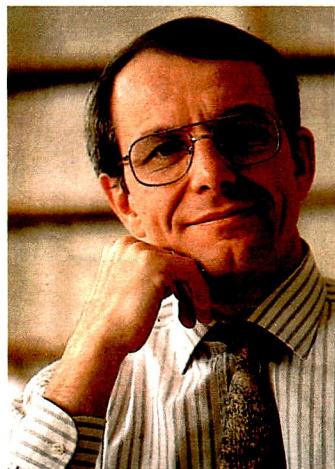
nière ou lui est appliquée.» Par «matière biologique» la directive entend «toute matière contenant une information génétique qui est autoreproductible dans un système biologique». Autrement dit, la matière biologique en question, c'est ce qu'on appelle les gènes.

Bref, malgré son style volontairement alambiqué, parce que, nous dit-on, il fallait mettre les douze pays de la communauté d'accord, la directive européenne dit bien que les gènes humains sont brevetables. Ce que le projet français de loi sur la bioéthique ne dit pas.

Afin de lever toute incertitude sur le sens de cette directive, le Pr Axel Kahn, généticien à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), qui a eu à l'étudier, précise : «Les gènes humains en tant que tels ne sont pas brevetables, et la connaissance que je peux en avoir ne l'est pas non plus. En revanche, je peux breveter le produit (fabrication d'une substance, mise au point d'un test de diagnostic) que j'ai créé en me servant du gène. Cependant, pour être accepté, le brevet doit inclure la description du gène.» Sophie Béranger, attachée au service «recherche, innovation et réglementation» au ministère de l'Agriculture nous dit la même chose, sauf qu'elle met en évidence le piège dissimulé sous les mots : «Le brevet ne porte pas sur le

gène mais sur le produit ; mais, chaque fois qu'on utilise le gène à l'origine du produit, on tombe sous le coup du brevet.» Claude Jupin, ingénieur à l'Institut national de la propriété industrielle (INPI), est encore plus net : «Un gène humain en lui-même n'est pas brevetable, mais, s'il fait l'objet d'une invention, il peut l'être.» Nous voilà prévenus. Difficile maintenant de nous faire prendre des vessies pour des lanternes.

Si la directive européenne est votée (et il y a des chances pour qu'elle le soit, ne serait-ce que pour que l'Union européenne ne reste pas à la traîne des Etats-Unis, qui ont fortement l'intention de défendre bec et ongles leurs intérêts dans le domaine des biotechnologies), il faudra s'attendre au pire comme au meilleur. Certes, les inventions



P. Le Segretain/Syagma

AXEL KHAN

«On peut breveter le produit qu'on a créé à partir d'un gène.»

devront être conformes aux bonnes mœurs, mais on fera remarquer que cette précaution n'a jamais empêché la fabrication d'armes biologiques terrifiantes dûment brevetées. Et puis, en cette fin de siècle, que signifie encore, malgré les grands mots, les bonnes mœurs ? Tout ce qui est légal n'est pas forcément moral, et tout ce qui est moral n'est pas inscrit dans la loi. Il est donc à craindre que, par dérives successives, l'argent prime sur tout le reste, car, pour les industriels, les gènes s'évaluent en termes de marché, un marché qui, selon les estimations, représenterait environ 8 milliards de dollars en l'an 2000.

En 1986, dix-neuf gènes de maladies étaient déjà identifiés et, entre 1991 et 1999, près d'une quarantaine. Connaissant un gène, il est dès lors facile de mettre au point le test de dépistage de la maladie correspondante. Déjà, on sait diagnostiquer la myopathie, la mucoviscidose, la maladie d'Alzheimer. Le travail est loin d'être achevé, car on estime à quelque trois mille le nombre de maladies génétiques incurables. Bientôt, on pourra savoir si l'on est porteur d'un gène prédisposant au cancer du sein ou à une maladie cardio-vasculaire, ce qui risque de déboucher sur une hiérarchisation insupportable des individus, notamment pour les contrats d'embauche. On pourrait même en arriver, comme déjà la demande s'en fait sentir, au diagnostic prénatal

de maladies sans gravité et, pourquoi pas, de la couleur des yeux ou des cheveux. La tentation va alors être grande de procéder à l'élimination des embryons jugés défectueux ou non conformes, car, malgré les espoirs qu'on met en elle, la thérapie génique n'en est encore qu'à ses débuts. Les recherches sur le traitement des maladies héréditaires pourraient même être abandonnées.

La tentation sera grande aussi de créer des êtres humains transgéniques, c'est-à-dire ayant intégré un gène étranger, à l'instar d'Herman, ce taureau conçu dans une éprouvette à Leyde (Pays-Bas) et ayant intégré un gène d'origine humaine qui lui permet de produire une protéine rare, la lactoferrine, qui possède des proprié-

tés anti-infectieuses et favorise l'absorption du fer chez les enfants.

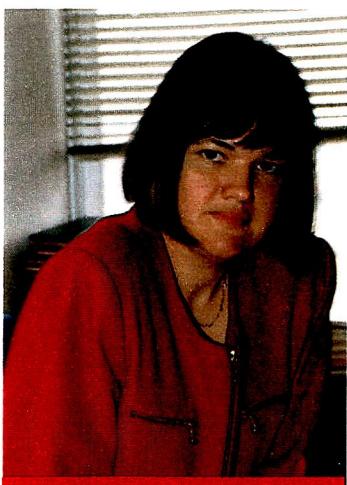
Le 20 avril dernier, le projet de loi sur la bioéthique était donc adopté en deuxième lecture, à une large majorité, par les députés. Dans les jours ou les mois qui viennent, il doit être soumis en deuxième lecture aux sénateurs. Et, s'il subsiste encore des points litigieux, une commission mixte, comprenant des députés et des sénateurs, se réunira afin de se mettre d'accord sur un texte de loi définitif.

Du vote, il ressort que les députés ont admis le principe du tri génétique des embryons humains

à titre exceptionnel, ouvrant ainsi la voie à toutes les dérives possibles du fait qu'il pourra être éventuellement proposé par le corps médical et réclamé par les futurs parents. C'est là le point de cette loi le plus lourd de conséquences sur l'avenir de la société. Conséquences qui risquent d'être encore aggravées par le vote éventuel de la directive européenne. Le fait de breveté les gènes va, en effet, déboucher sur la mise au point de tout un tas de tests de diagnostic prénatal, qu'il faudra bien rentabiliser. Les députés se sont mis aussi d'accord sur le fait que la durée de conservation des embryons congelés n'excède pas cinq ans, et sur le principe des recherches sur l'embryon à des fins médicales, à condition de ne pas porter atteinte

à l'intégrité de l'embryon.

Mme Veil, ministre des Affaires sociales, a eu beau remercier l'assemblée nationale d'avoir adopté «ce texte d'espérance et d'amour», celui-ci est loin de faire l'unanimité chez les médecins. Le Pr Jérôme Lejeune, qui vient de disparaître, le Pr Lucien Israël et le Dr Emmanuel Sapin ont été les premiers à réagir contre ce qu'ils qualifient de «la montée des dérives en matière de bioéthique». Ils l'ont fait savoir par une déclaration, en sept points, intitulée «Attestation des défenseurs de la vie», publiée en une page dans *le Monde* (21 avril 1994). «Jamais la science n'a démontré aussi clairement que l'être humain débute à la conception. Et pourtant jamais la société n'a été aussi loin d'en tirer les consé-



A. Dion

SOPHIE BÉRANGER

«Si on utilise un gène à l'origine d'un produit, on tombe sous le coup du brevet.»

suite de la page 79

quences en matière de protection de la personne», souligne le texte, qui ajoute : «Les projets de bioéthique, qui autorisent la congélation d'embryons, acceptent l'eugénisme médical et envisagent à terme la destruction des embryons surnuméraires, "chosifient l'être humain"». A la parution, deux mille cinq cents médecins avaient signé ce texte.

Mais ce n'est pas tout ! Ce projet de loi très contesté est, de surcroît, non exhaustif. Ainsi a-t-il oublié de traiter de la question des banques d'ADN (2), objet du litige qui s'est développé récemment en France entre Daniel Cohen, directeur du CEPH, et l'un de ses chercheurs, Philippe Froguel. En résumé, Cohen avait l'intention de céder à une société américaine de génie génétique, Millennium Pharmaceuticals, dont il est fondateur et actionnaire, une banque d'ADN constituée à partir de prélèvements de sang effectués chez 800 familles de diabétiques. Les lymphocytes extraits des échantillons sanguins furent immortalisés par infection avec le virus d'Epstein-Barr, de manière à disposer d'une lignée inépuisable de lymphocytes. Froguel, qui a constitué cette banque avec l'argent de l'Etat et les dons du Téléthon, n'était pas du tout d'accord pour que Cohen en ait seul le bénéfice. A juste titre, car c'était le priver de son outil de recherche, hypothéquant ainsi gravement le capital de confiance énorme dont la génétique française dispose dans notre pays.

A ce jour, la banque est toujours au CEPH. Elle devrait y rester à cause d'une clause, prévue dans le projet de loi sur la bioéthique, qui précise que «les parties et produits du corps humain ne peuvent être utilisés à des fins thérapeutiques sans que le donneur ait été soumis à des tests de dépistage de maladies transmissibles dans des conditions fixées par décret». Or, renseignements pris au CEPH, ce dépistage n'a pas été effectué sur les familles qui ont fait l'objet du prélèvement sanguin. Il serait donc illégal que la banque prenne le chemin des Etats-Unis.

En revanche, si cette précaution avait été prise, comme cela aurait pu être le cas, la banque aurait pu nous filer entre les doigts, du fait que le

projet de loi reste silencieux sur le problème de l'appartenance des banques d'ADN. En théorie, les prélèvements sont assimilés à un don et, d'après les textes, ils peuvent être mis dans le domaine public. Millennium Pharmaceuticals pouvait donc les acquérir, en isoler les gènes du diabète et mettre au point des substances et des tests de dépistage à partir de ces gènes. Le travail ainsi maché, les inventions n'avaient plus qu'à être mises en bourse, avec gros lot à la clé, en cas d'achat par l'industrie pharmaceutique.

La question est maintenant de savoir si, à l'avenir, une banque d'ADN peut être mise dans le domaine public sans aucune restriction. Mis au courant de l'affaire, le premier ministre Edouard Balladur, a chargé le Dr Alain Pompidou de créer une commission qui devrait répondre à cette question très prochainement. Axel Kahn, qui en est l'un des membres, propose pour sa part que l'équipe qui a constitué la banque puisse en disposer pendant un délai raisonnable, le temps qu'elle puisse mener à bien ses recherches. A la suite de quoi, la banque serait mise à la disposition des équipes qui en feraient la demande. S'il s'agit d'équipes académiques, elle serait gratuite, et payante si elles sont industrielles.

Comme il est trop tard pour inclure les conclusions de cette commission dans le

projet de loi sur la bioéthique, celles-ci devront faire l'objet d'un décret d'application ultérieur.

Mais on peut toutefois se demander pourquoi le CEPH est passé par l'intermédiaire de Millennium, alors qu'il pouvait aussi bien traiter directement avec des firmes pharmaceutiques, de préférence françaises ? Pourquoi aussi deux sociétés américaines, Clontech et Research Genetics, proposent, par l'intermédiaire de publicités pleine page, la vente au prix fort de fragments d'ADN produits et fournis par le CEPH, sans contrepartie pour les équipes de ce laboratoire de recherche. Une société française aurait pu aussi bien faire l'affaire. Décidément, il y a des gènes qui ne tournent pas rond dans le monde de la biologie moléculaire.



P. Pato/Sygma

JEAN-FRANÇOIS MATTEI

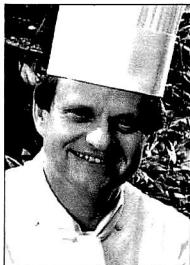
«Christophe Colomb aurait pu breveter ses caravelles, mais pas l'Amérique.»

* Professeur de pédiatrie et de génétique (hôpital de la Timone, à Marseille), rapporteur de la Commission spéciale sur la bioéthique, auteur de *l'Enfant oublié ou les Folies génétiques*, éd. Albin Michel.

(2) Une banque d'ADN peut être constituée soit d'ADN entiers soit d'ADN pré découpés.

Le Savour Club fête ses 30 ans.

Offre exceptionnelle sélectionnée spécialement par Joël ROBUCHON



Comment marquer l'événement quand on fête ses 30 ans ? Comment faire de ce bel anniversaire un grand moment ? Lorsque nous nous sommes posé la question, la réponse s'est vite imposée : trouver un vin exceptionnel, et vous le proposer au meilleur prix. Après moult recherches et dégustations en compagnie des œnologues du Savour Club, j'ai sélectionné pour vous ce Château David-

Sertreau 1992, A.C. Bordeaux. Issu de cépages merlot et cabernet sauvignon, ce vin superbe est à déguster dès maintenant et jusqu'en 1996 environ. Servi légèrement chambré, à 15-16°, sur des charcuteries, des terrines, une longe de veau, de l'agneau grillé ou poêlé ou des volailles rôties, il vous ravira. Son prix aussi est un événement : 23 francs la bouteille. Dégustez-le avec modération et n'hésitez pas à me donner votre avis. En cadeau, Le Savour Club vous offre un abonnement d'un an (8 numéros) à sa revue "SAVOUR".

Offre spéciale :
23 F la bouteille



Le Savour Club

42 à 50, avenue des Champs-Pierreux - BP 407 - 92004 Nanterre Cedex
Tél. : 46 14 20 00 - Fax : 46 14 20 05

BON DE COMMANDE

Offre valable jusqu'au 31/06/94 dans la limite des stocks disponibles

Oui, je désire recevoir _____ carton(s) de 12 bouteilles de **Château David-Sertreau 1992, A.C.**, avec une étiquette portant la mention "recommandé par Joël ROBUCHON".
à 276 F. TTC le carton = _____ F.
Participation aux frais de port (pour toute livraison inférieure à 36 bouteilles) _____ (40 F.)

Montant total : _____ F.

Et 1 abonnement gratuit à la revue "SAVOUR" sans obligation d'achat.

Ci-joint mon chèque bancaire ou postal.
 Contre remboursement à la livraison (suppl : 46 F.).
 Par carte Bancaire (Carte Bleue, Visa, Diners Club ou American Express).



Expire fin

Signature indispensable _____

Nom : _____

Adresse : _____

Ville : _____

Code postal : _____ Tél. : _____

A adresser à : Le Savour Club - BP 407 - 92004 Nanterre cedex.

Je désire seulement recevoir, sans obligation d'achat, un abonnement gratuit d'un an (8 numéros) à la revue "SAVOUR".

Leabus d'alcool est dangereux pour la santé. Consommez avec modération.

Les pesticides nous

PAR THIERRY PILORGE

C'est l'équipe danoise du Pr Niels E. Skakkebæk qui a tiré le signal d'alarme en 1991, lors d'un colloque de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Dans leur rapport (1), ces chercheurs démontraient qu'entre 1938 et 1990, chez l'homme, le nombre moyen de spermatozoïdes par unité de volume avait diminué de près de la moitié, passant de 113 millions à 66 millions par millilitre. Dans le même temps, le volume moyen de sperme émis par éjaculat est passé de 3,40 ml à 2,75 ml. Parallèlement, les taux d'anomalies génitales observées à la naissance chez les garçons ont augmenté considérablement : une enquête britannique indique que le taux de cryptorchidie (défaut de descente des testicules dans le scrotum, un des facteurs responsables de la stérilité masculine) (2) est passé de 1,6 % dans les années cinquante à 2,9 % à la fin des années soixante-dix. D'autres données britanniques ont montré que la fréquence d'une malformation de l'urète, appelée hypospadias, était passée de 0,15 % chez les garçons nouveau-nés en 1964 à 0,36 % en 1983. Enfin, plus grave encore, la proportion de cancers du testicule s'est multipliée par trois ou quatre en une cinquantaine d'années.

Que s'est-il donc passé pendant ce demi-siècle ? Des modifications de toutes sortes sont intervenues dans notre environnement : augmentation des sources de radiation ionisante (centrales nucléaires, par exemple) et des métaux lourds (plomb), augmentation de la consommation de cigarettes, chaleur due à des pantalons trop serrés... Toutes ces perturbations, on le sait désormais, sont capables d'enrayer la bonne marche de notre système reproducteur. Mais, actuellement, on soupçonne tout particulièrement des substances capables d'interférer directement avec le processus physiologique de masculinisation et de production des spermatozoïdes. Certains insecticides, herbicides et autres pesticides sont en cause et, bien entendu, des hormones femelles, les œstrogènes.

Comment ces substances agissent-elles ? A partir d'un certain nombre de résultats obtenus sur des animaux, notamment des rats, Skak-

En cinquante ans, la fertilité masculine a diminué de moitié, les malformations de l'appareil génital se sont multipliées. Les responsables ? De nombreuses substances rejetées dans notre environnement.

kebæk et son collègue Richard M. Sharpe, du Medical Research Council, à Edimbourg, ont récemment proposé un scénario (3).

Pendant le développement embryonnaire, les œstrogènes contrôlent la sécrétion d'hormone folliculo-stimulante (FSH) par les cellules de Sertoli du testicule, ainsi que la multiplication de ces dernières. Or, la FSH contrôle vraisemblablement la sécrétion d'une autre hormone, la MIS, qui jouerait un rôle important dans la descente des testicules. Cette hormone interviendrait également dans la multiplication des cellules germinales ; des perturbations de sa sécrétion pourraient donc être responsables, au moins en partie, de certains cancers du testicule. D'autre part, du nombre de cellules de Sertoli dépend la production de spermatozoïdes : chacune d'entre elles apporte en effet son soutien logistique à un nombre limité de cellules germinales destinées à se transformer en spermatozoïdes. Des études chez les animaux ont confirmé leur rôle : moins les cellules de Sertoli sont nombreuses chez l'embryon et le jeune, plus les testicules sont petits et plus la production de spermatozoïdes chez l'adulte baisse.

Enfin, on a montré, chez le rat, que les œstrogènes avaient une action inhibitrice sur le développement des cellules de Leydig. Celles-ci fabriquent la testostérone, responsable de la masculinisation de l'appareil génital chez le mâle et de la deuxième étape de la descente des testicules. Comme l'ont montré des recherches chez les animaux, une trop forte quantité d'œstrogènes ou de certaines substances chimiques peut

(1) *BMJ*, vol. 305, 12 septembre 1992.

(2) La descente des testicules s'effectue entre le troisième et le huitième mois de la gestation.

(3) *The Lancet*, vol. 341, 29 mai 1993, p. 1 392.



rendent stériles

limiter le nombre de cellules de Leydig et compromettre ainsi la production de testostérone. Il en résulte une masculinisation imparfaite (hypospadias, par exemple) et l'inachèvement de la descente des testicules.

Ce scénario permet de comprendre pourquoi les dégâts commis lors du développement (du fœtus à la puberté) sont irréversibles : la multiplication des cellules de Sertoli et des cellules de Leydig se fait pendant cette phase, après quoi elle n'est plus possible chez l'adulte ; en revanche, chez celui-ci, les œstrogènes n'agissent que sur les phases de maturation des spermatozoïdes à partir de cellules primordiales, déjà toutes en place avant la puberté. Chez l'homme adulte, il suffirait donc que cesse l'action des œstrogènes pour que la production de spermatozoïdes reprenne.

Si les voies exactes par lesquelles se produisent ces phénomènes restent à confirmer, ou même à élucider, il existe hélas ! déjà des preuves de l'action de bon nombre de substances sur la reproduction masculine. Ainsi, en ce qui concerne les pesticides, le dibromochloropropane, un nématocide plus connu sous le nom de DBCP, longtemps utilisé massivement dans l'industrie agro-alimentaire américaine, a beaucoup fait parler de lui.

Dans une série d'études publiées entre 1977 et 1984, D. Whorton et ses collaborateurs montrèrent que, parmi 142 ouvriers mâles exposés au DBCP, 13,1 % étaient azoospermiques (ils ne produisaient pas le moindre spermatozoïde), contre 2,9 % dans un groupe témoin non soumis au DBCP ; 16,8 % de ce même échantillon étaient oligospermiques (en dessous du seuil minimum de ►

La fertilité en péril

Ses attributs virils ont été escamotés sur ordre du pape Paul IV, au xvi^e siècle. Aujourd'hui, plus inquiétantes, des substances présentes dans notre environnement portent réellement atteinte à la fertilité masculine.

suite de la page 83

normalité, soit 20 millions de spermatozoïdes par millilitre), contre 5,9 % dans le groupe témoin. En outre, il y avait une relation entre la durée de l'exposition au DBCP et l'importance de ces altérations. Toutefois, tous ces effets semblaient disparaître dès que l'on arrêtait l'exposition au DBCP.

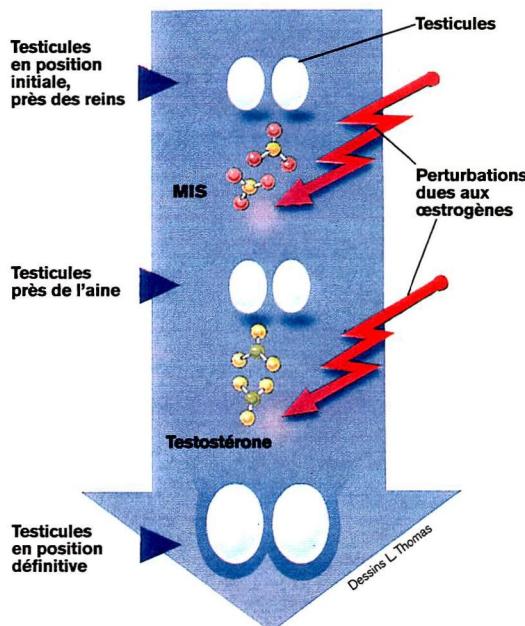
Le DBCP est proscrit depuis 1977. En dépit de cette interdiction, en 1984 il était encore utilisé par un certain nombre de compagnies américaines ; c'est ainsi que 4 000 ouvriers travaillant dans les bananeraies du Costa Rica sont devenus stériles après avoir été en contact avec ce pesticide. Menacées par leurs victimes de poursuites devant les tribunaux, les compagnies incriminées ont préféré acheter leur silence. Prix moyen, en fonction de l'ampleur des dégâts : 37 500 F..

Si le DBCP constitue un exemple très spectaculaire, il est d'autres substances qui agissent de manière plus insidieuse. Ainsi, d'après des chercheurs anglais, les londoniens qui boivent l'eau de la Tamise souffrent d'une baisse de la densité des spermatozoïdes et de leur mobilité, paramètre essentiel de leur aptitude fertilisatrice. Responsables : vraisemblablement des agents imitant les œstrogènes femelles, déversés dans la Tamise. La liste de telles substances est longue. On pense, bien sûr, aux pesticides et herbicides comme les biphenyls polychlorés (PCB) et autres organochlorés comme le DDT. Mais il existe aussi de nombreuses sources naturelles d'œstrogènes. L'innocente vache laitière, par exemple, pourrait nous alimenter en œstrogènes : en effet, chez ce ruminant, la lactation continue pendant la gestation, état dans lequel la vache fabrique de grandes quantités d'œstrogènes (notamment du sulfate d'œstrone). Son lait se trouve donc alors "enrichi" en ces hormones. Heureusement pour nos bébés, il semble que le sulfate d'œstrone soit éliminé au cours des phases de conditionnement du lait. Le lait de la femme, lui, n'en contient que des quantités négligeables.

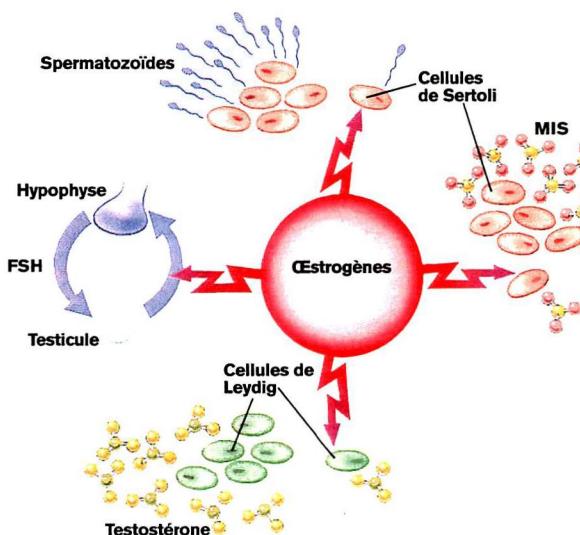
De simples changements physiologiques ou comportementaux de notre part peuvent aussi provoquer l'augmentation des œstrogènes endogènes, produits par notre propre organisme. Ainsi, l'obésité peut-elle conduire à l'augmentation des œstrogènes circulants. Enfin, les œstrogènes de synthèse, utilisés dans les pilules contraceptives et partiellement excrétés, peuvent, au cours du recyclage de l'eau, se retrouver finalement dans l'eau de boisson. La nocivité d'œstrogènes synthétiques a été démontrée de manière spectaculaire par le diethylstilbœstrol (DES), médicament utilisé entre 1945 et 1971 pour traiter de nombreuses femmes enceintes, notamment pour leur éviter des risques de fausse-couche. Une proportion anormalement

Œstrogènes contre virilité

Des œstrogènes présents dans l'environnement peuvent perturber le développement des organes reproducteurs du fœtus. Ils peuvent notamment agir sur la MIS, l'hormone qui contrôle la première étape de la descente des testicules, des reins vers l'aine, et sur la testostérone, qui intervient dans la deuxième phase, de l'aine dans le scrotum. Un excès de MIS pourrait aussi déclencher des cancers testiculaires.



Les œstrogènes agissent sur le fonctionnement des testicules en dérégulant la sécrétion par l'hypophyse de FSH. Cette hormone contrôle notamment le nombre de cellules de Sertoli, lesquelles limitent la production de spermatozoïdes. Elles produisent aussi la MIS. Les œstrogènes limiteraient par ailleurs la multiplication des cellules de Leydig, qui sécrètent la testostérone.



LES FEMELLES AUSSI

Les mâles ne sont pas les seuls atteints dans leur fonction reproductrice. Le DES, un œstrogène prescrit à des femmes enceintes, responsable de problèmes de fertilité masculine, a aussi eu des conséquences sur les filles de celles-ci. Environ 30 % d'entre elles se sont révélées stériles, notamment du fait d'anomalies utérines.

Des travaux chez les animaux ont montré que d'autres substances pouvaient induire des problèmes reproducteurs chez les femelles. Ainsi, chez le bigorneau *Nucella lapillus*, le TBT, utilisé dans certaines peintures de marine, entraîne une apparition plus ou moins prononcée d'organes génitaux mâles, qui peut conduire, à fortes doses, à une inversion totale du sexe et à la stérilité complète. Selon Martial Huet, du laboratoire de biologie marine de l'université de Brest, en certains sites de la rade de Brest, ces animaux

ont déjà disparu, faute de femelles pour perpétuer l'espèce. Chez les animaux domestiques, les nitrates, dérivés toxiques des nitrates, peuvent provoquer, lors d'intoxications aiguës, des avortements. D'après Gérard Keck, professeur à l'école nationale vétérinaire de Lyon, de nombreux médicaments ou facteurs de croissance sont capables d'affecter la reproduction d'animaux domestiques, engendrant une réduction de la fécondité, voire la stérilité.

Chez les oiseaux, les insecticides organochlorés, autrefois très utilisés, peuvent non seulement induire des baisses de fécondité mais aussi un amincissement de la coquille qui conduit à un écrasement de l'œuf lorsque l'oiseau s'installe dessus pour le couver. C'est ce qui est arrivé au pygargue à queue blanche, aigle symbole des Etats-Unis. Décidément, de tout côté la vigilance s'impose.

Élevée des garçons mis au monde par ces femmes était atteinte de cryptorchidie, d'hypospadias et autres malformations génitales ; en outre, à l'âge adulte, leur production de sperme est réduite.

Face à cette situation, pour le moins préoccupante, les recherches se multiplient. En Europe, un programme mettant en jeu quatorze équipes, dont celle de Patrick Thonneau, de l'unité 292 de l'INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale) au Kremlin-Bicêtre, et s'étalant sur près de cinq ans est sur le point d'être lancé. Toutefois, on n'a pas attendu les résultats de telles recherches pour prendre des mesures légales. Ainsi, la réglementation européenne évolue. Alors que, de 1979 à 1992, la classification des substances dangereuses pour la reproduction se limitait aux produits tératogènes, susceptibles d'induire des monstruosités, elle inclut désormais tous les composés «toxiques pour la reproduction». Cependant, cela suppose que l'on dispose d'études épidémiologiques et de cas cliniques chez l'homme, ainsi que d'études expérimentales sur la re-



S. Guillerez/Explorer

Haro sur les pesticides

Au Costa Rica, un pesticide utilisé dans les bananeraies a rendu des milliers d'ouvriers stériles. Ce sont également des pesticides qui menacent d'extinction la panthère de Floride.



Leeson/Sunset

production animale, sur une ou plusieurs générations. Pour la plupart des substances, cela demandera encore plusieurs années. Sans compter que les tests ne prennent en compte que les effets d'un seul composé à la fois, alors que certains produits n'agissent qu'en combinaison.

Toutefois, le plus difficile reste les obstacles à surmonter pour appliquer la législation. Sa mise en pratique risque, en effet, de varier selon les endroits. Ainsi, contrairement aux grandes entreprises, bien surveillées, dans les petits ateliers comme les garages, les pressings ou les salons de coiffure, il est à craindre que les normes soient peu prises en compte. D'autre part, toute une série de polluants peuvent très bien s'infiltrer dans la chaîne alimentaire ou l'eau de boisson, comme on l'a vu dans le cas de l'eau de la Tamise. Une exposition accidentelle peut aussi résulter du non-respect des conditions normales d'utilisation du produit telles qu'elles sont définies sur la notice d'emploi.

La première des choses à faire, en fin de compte, semble donc être d'informer l'ensemble des populations, notamment dans les milieux professionnels en contact avec des substances potentiellement dangereuses, des risques qu'elles encourrent. A défaut d'une prise de conscience rapide et massive, les politiciens qui s'inquiètent de la baisse des naissances dans les pays occidentaux pourraient bien avoir de bonnes raisons de s'alarmer.

1994 sera l'anné

Jean-Charles G. a

dispos

d'un bu

69 Fra

celui

n'est p

à Scie



A votre avis,
qui fait
la meilleure

e des économies :
découvert qu'il
ait chaque année
udget jusqu'à
nches supérieur à
de Patrick S. qui
as encore abonné
nce et Vie.



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

1 an simple
12 N°s :
220 F seulement au lieu de 264 F*

Cochez SVP

*Prix normal de vente des magazines
chez votre marchand de journaux

RC PARIS B 572 134 773

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 à fin _____ mois _____ année _____

Date et signature obligatoires

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

OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1994 ET RÉSERVÉES
À LA FRANCE METROPOLITAINE.

ETRANGER NOUS CONSULTER, TÉL. (33-1) 46 48 48 48

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

La découverte du légendaire cheval de Nangchen

**Il aura fallu pas moins de trois
ans, et beaucoup
d'endurance, à Michel Peissel
pour retrouver le cheval
de Nangchen, monture
légendaire des conquérants
tibétains d'antan.
Il raconte ici la recherche d'un
animal qu'on crut
mythique.**



Une poitrine surdéveloppée...

... permet au cheval de Nangchen, ici, vêtu de son épaisse robe d'hiver, de vivre en très haute altitude. Une caractéristique unique chez les équidés.

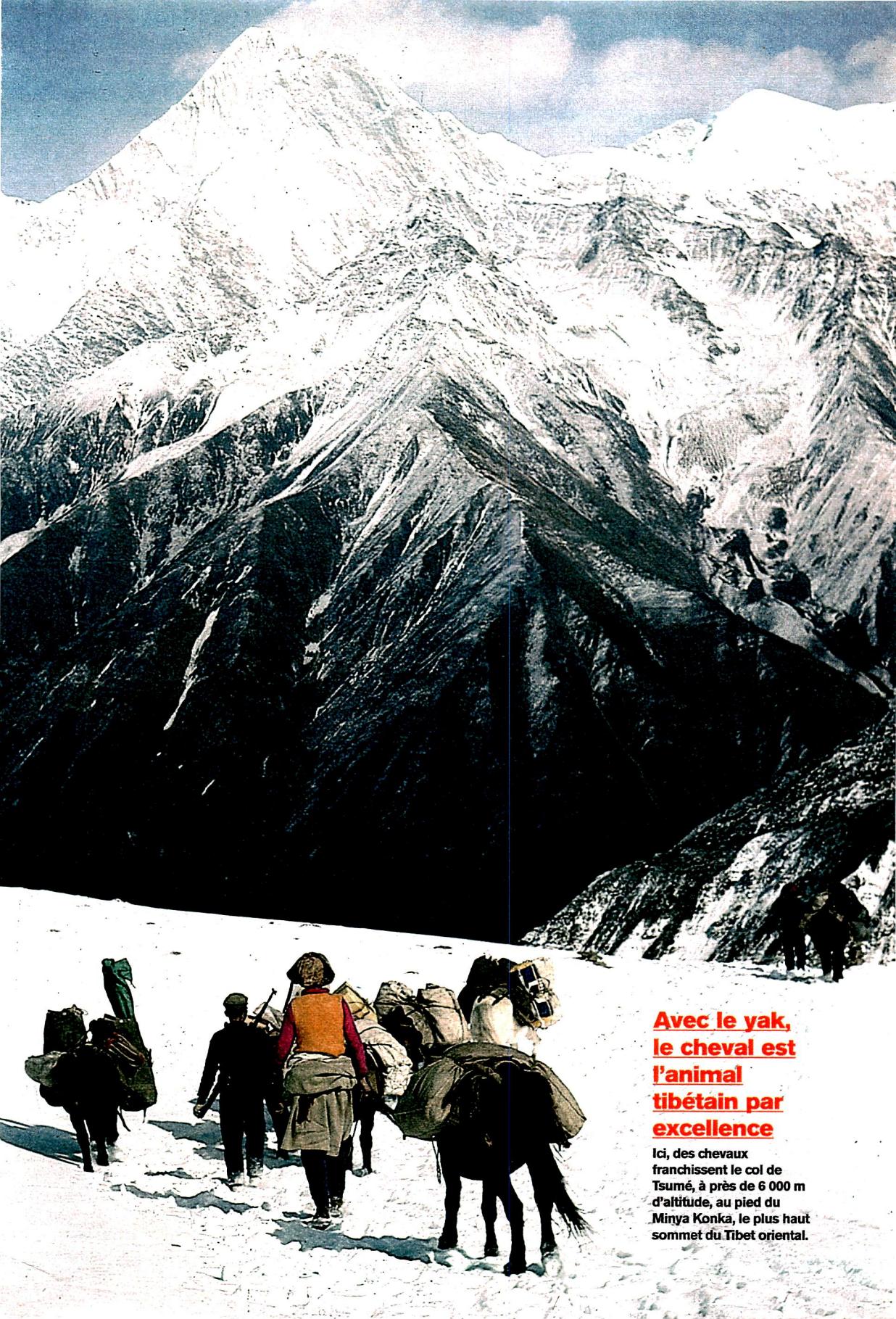
PAR MICHEL PEISSEL

On n'en savait presque plus rien depuis près d'un millénaire, sinon qu'il était racé et tibétain. On n'était même pas certain qu'il ne fût pas un mythe parmi d'autres.

Le Tibet n'est pas seulement le pays des lamas, mais aussi celui de cavaliers et de guerriers.

Six siècles avant les Mongols, ses hordes déferlaient sur l'Asie. En 620 de notre ère, son premier grand roi, Songsten Gampo, parcourt à cheval le vaste haut plateau tibétain, distribuant bannières et drapeaux aux nomades qui lui juraient obéissance. A la tête d'une cavalerie formidable, il attaqua le Népal, puis la Chine, arriva à Samarkand, retraversa le Tibet dans l'autre sens pour envahir le Bengale. Ce fut alors qu'il donna à l'actuel golfe du Bengale le nom d'océan Tibétain.

Bref aperçu d'une longue et glorieuse histoire au cours de laquelle il est évident que tant de victoires sur de si vastes territoires supposaient des chevaux exceptionnels autant que des cavaliers adroits. D'ailleurs, on fait toujours, par exemple, au Pakistan, l'éloge des chevaux tibétains. Les annales chinoises T'ang parlent déjà au VI^e siècle des «excellents chevaux tibétains». Des manuscrits tibétains du IX^e siècle (¹) témoignent aussi de l'attention que ce peuple prêtait à ses élevages. Mais quels chevaux ? Certainement pas ces poneys rustiques, familiers aux



**Avec le yak,
le cheval est
l'animal
tibétain par
excellence**

Ici, des chevaux
franchissent le col de
Tsumé, à près de 6 000 m
d'altitude, au pied du
Minya Konka, le plus haut
sommet du Tibet oriental.

suite de la page 88

voyageurs de l'Himalaya.

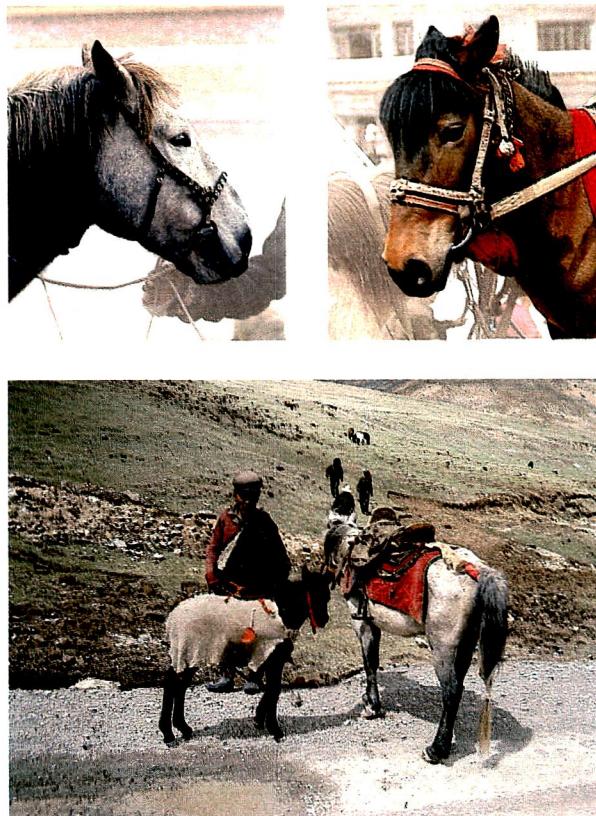
Lors d'un séjour au Mustang, en 1964, nous vîmes bien des chevaux remarquables, dits de Sining. Le plus beau appartenait à Gyaltsen, chef Khampa de l'armée secrète tibétaine. Mais était-ce le pur-sang que laissaient supposer des textes tibétains ? Ce devait être un coursier, capable de supporter des températures voisines l'hiver de -40 °C, et l'été, d'autant au-dessus du zéro. Et quel coursier : il devait galoper à 5 000 m d'altitude sans s'épuiser...

Le Tibet devait posséder, vu sa taille, quatre fois la France, plusieurs races de chevaux rustiques et sans doute une, ou même plusieurs, race de chevaux de sang. Mais les ouvrages récents ne citent que des poneys robustes, comme si c'étaient les seules montures disponibles dans un territoire qui va des frontières du Turkestan à celles de l'Inde et de la Chine.

Grâce à l'appui de la Fondation Loël Guinness pour la recherche, nous pouvons organiser, en 1992 et 1993, deux expéditions au Tibet pour essayer de retrouver ce cheval de légende. Il nous faudra parcourir 8 000 km à pied, en voiture et à cheval pour examiner la plupart des races. Nous sommes au début assisté par Jane Blunden, cavalière irlandaise, spécialiste des chevaux sauvages de Mongolie, les fameux chevaux de Przewalski. Et c'est en hiver que nous parcourons le pourtour du grand Tibet (1).

En décembre, nous obtenons la permission de visiter des haras militaires chinois qui se trouvent à la frontière tibétaine. Nous pouvons donc nous rendre dans les régions interdites du Gansu, une province de ce corridor qu'est la légendaire Route de la soie. Dans la première boucle du fleuve Jaune (et par un froid glacial), on nous montre des centaines de chevaux hechu, «les plus grands chevaux de Chine», 150 cm au garrot, nous précise-ton. Encolure large et menton lourd, cette race évoque les statues équestres déterrées dans le tombeau du premier empereur, à Sian. Déception, c'est un cheval de guerre rustique, mais pas la monture fine décrite par les textes anciens.

En retraversant le Gansu nous nous rendons



Crinière soyeuse, nez court...

Les traits du cheval de Nangchen (en haut, à droite) contrastent avec ceux, beaucoup plus rustiques, du hechu (à gauche), le plus grand cheval tibétain (et de Chine). Toutefois, sans l'aide de l'homme, le nangchen (ci-contre) ne pourrait résister à l'attaque des loups et des léopards des neiges, ni au manque de pâtures et au froid – pour survivre, les poulains doivent même être protégés par des couvertures.

à Tiazu, «préfecture tibétaine», toujours sur la Route de la soie ; nous trouvons un autre élevage, celui du chakori, cheval étonnant qui va l'amble (c'est-à-dire qui court en levant en même temps les deux jambes du même côté) dès sa naissance. Plus petit que le hechu avec ses 128 cm au garrot, il appartient à la race dite de Haomen, élevée aux abords du lac Kokonor, non loin de Sining.

Or, il est douteux que ce soit là le légendaire cheval tibétain. La Route de la soie s'appelle aussi la Route des chevaux, et c'est par là que, depuis deux mille ans, les Chinois importent des chevaux du Turkestan en échange de soie. Bien qu'élevé par des Tibétains, le chakori n'est pas un cheval d'origine purement tibétaine, mais un produit de croisements.

(1) Ils ont été découverts en 1924 dans une grotte de Touenhuang. Nous avons à leur sujet consulté le remarquable ouvrage d'A.-M. Blondeau, *Matériau pour l'étude de l'hippologie et de l'hippiatrie tibétaines*, Droz, Genève.

(2) Le grand Tibet comprend l'ensemble du plateau tibétain, un territoire bien plus vaste que la région autonome du Tibet.



M. Marie



Le nangchen et ses congénères tibétains

Sept races (représentées sur la carte par des étoiles) ont été répertoriées à ce jour, mais le cheval de Nangchen, purement tibétain, est le plus raffiné de tous.

Et, si le fameux "cheval du Tibet" que nous avions vu, le Sining, vient d'ici, c'est donc aussi le produit d'un croisement de chevaux arabes avec des chevaux du Turkestan. Il n'existerait donc pas de véritable cheval tibétain, et les textes anciens auraient été imprécis. Nouvelle déception.

Or, un moine nous apprend alors que le terme Sining, nom de la capitale de la province de

suite de la page 91

l'Amdo, est souvent utilisé pour désigner toute cette province du Qinghai, grande comme la France. En France, nous avons déjà vingt races de chevaux ; on peut donc espérer en trouver d'autres.

Nous repartons vers Lhassa, à 2 000 km de là, et l'on nous parle du «petit cheval des marais du Tsaidam», que nous apercevrons à coup sûr en route. Le voyage commence en train, s'interrompt, après un millier de kilomètres, à Golmud, où il faut continuer dans un vieux bus pendant une trentaine d'heures, à l'altitude moyenne de 4 400 m. Moins 35 °C la nuit. Au passage, nous apercevons des kiangs ou amiones, ânes sauvages qui n'ont jamais été étudiés. Et pour cause : l'hiver, il fait trop froid, et l'été, ils fuient vers des pâtures à 5 000 m d'altitude. Les conversations

fleuve Jaune prennent leur source. Terre interdite encore partiellement inexplorée, où habitent plus de 200 000 nomades, des cavaliers khampas. Un montagnard nous sert de guide.

Enfin, nous apercevons Yushu. Il pleut, il grêle et il fait froid. Dans les pâturages qui montent vers les cimes enneigées, nous voyons des chevaux qui appartiennent à une race distincte : indéniablement des chevaux de sang. Ils sont petits, avec des oreilles également petites, un chanfrein court, un poil fin, des sabots petits et durs, un dos plat, des tendons serrés, il possèdent une résistance hors pair et sont rapides : toutes les qualités chères aux écuyers arabes et européens. Seraient-ce enfin les pur-sang tibétains que nous cherchons ?

Ceux que nous examinons sont beaux, nobles, élevés pour la vitesse et présentent une capacité pulmonaire exceptionnelle. Après avoir interrogé les nomades, il nous paraît évident que ce sont là des chevaux de race sélectionnés par leurs propriétaires. Ces montures légendaires ne pourraient vivre à l'état sauvage. Pour survivre et se reproduire, elles ont constamment besoin de l'intervention de l'homme. Pour résister aux grands froids, les poulains doivent être vêtus de couvertures de laine. Pour compenser le manque de fourrage en hiver, ces chevaux sont nourris de fromage et parfois



J. Baudet

avec les voyageurs ne nous apprennent rien.

A Lhassa, l'un des directeurs de l'hôpital tibétain évoque les chevaux du Yushu, lointaine région à la frontière de l'Amdo, du Tibet central et du Kham, au sud du Qinghai. Il mentionne aussi les chevaux du Nangchen. Mais il est impossible de s'y rendre, car il faudrait pour cela traverser un millier de kilomètres de pistes enneigées et une dizaine de cols ! De plus, les autorités nous avisen que la zone est interdite !

Retour en Europe, et découragement. Mais de brève durée. En mai 1993, nous retournons au Tibet, au Yushu. Nous sommes accompagné par Caroline Monange, auteur d'une étude sur les chevaux chinois et qui parle couramment le mandarin. Une seule piste de terre battue relie Sining à Yushu, à 1 000 km de là. Nous montons sur le véritable faîte du Toit du monde, le haut plateau où le Mékong, le Yang-Tseu-Kiang et le

même de viande de yak séchée. Et il faut les protéger aussi de leurs prédateurs, les redoutables loups jaunes et les léopards des neiges...

Poursuivant notre enquête dans d'autres provinces de la région, c'est au Zaduo, aux sources du Mékong, et plus bas, au Nangchen, que nous en avons trouvé les spécimens les plus réussis : un peu plus grands (133 cm au garrot), plus robustes et plus rapides que les autres. Au galop ou à l'amble, en plaine ou sur des pentes qui montent à 5 400 m, nous l'avons mis à l'épreuve : le fond et le caractère correspondent bien au cheval exceptionnel que décrit la tradition. Brave autant que beau, spécifiquement tibétain, le cheval de Nangchen se distingue d'emblée des chevaux rustiques des vallées du Tibet central. Il a fallu bien de la peine pour le retrouver, mais elle a été récompensée.

D'où vient donc le cheval de Nangchen ? A



Une escorte d'exception pour ces moines tibétains...

... quittant Nangchen Gar, l'ancienne capitale du royaume, qui regroupait les tribus nomades des sources du Mékong (ci-dessus). Ces pur-sang nangchen sont réputés, entre autres, pour la rapidité de leur trot à l'amble, tout comme les chakori (ci-contre) que l'on trouve sur la Route de la soie.



l'heure où l'on lira ces lignes, nous serons retourné au Tibet pour effectuer des prises de sang sur lui. Car c'est par l'analyse de son ADN qu'on pourra sans doute établir sa parenté avec les autres races de chevaux, peut-être même avec l'illustre cheval de Przewalski, le plus ancien de tous.

Le NO rend-il

Le monoxyde d'azote est décidément un gaz bien intéressant. Voici deux ans, un neurologue américain, Solomon Snyder, émettait l'hypothèse que c'était un neuromédiateur, substance essentielle au fonctionnement cérébral. Emotion dans le monde scientifique, car on ne découvre pas des neuromédiateurs tous les ans, ni même toutes les décennies. La découverte eût été intéressante, n'était qu'il se serait agi d'un neuromédiateur unique au monde, puisque n'ayant pas de récepteur ; c'est-à-dire qu'il eût été aussi utile qu'une clé sans serrure ! (1)

Néanmoins, le monde scientifique s'est emparé du NO comme d'une marotte. Il y a trois mois, un demi-millier de chercheurs, pas moins, de toutes disciplines, s'est rassemblé pour une "Journée du NO", organisée par... le club NO ! Attendons les pins et les décalcomanies. Car le NO alimente de trente à cinquante articles scientifiques par semaine dans le monde ! Paradoxalement, personne ne fut plus avancé à la fin de cette journée sur le NO. Voici donc un article de plus.

Il faut remonter la généalogie du monoxyde d'azote jusqu'au XIX^e siècle. Au moment où le Brésilien Ascagno Sobrero découvrit la trinitroglycérine et où, ayant réussi à la stabiliser, Alfred Nobel l'utilisa comme explosif. Sobrero y avait goûté, du bout de la langue ; c'était un vasodilatateur puissant, et, d'ailleurs, on l'utilise toujours dans le traitement de la crise d'angine de poitrine, quand les coronaires se resserrent (la trinitrine possède, en effet, des groupements NO₂, parents des groupements NO).

La suite est un peu plus complexe. On n'avait toujours pas trouvé en milieu biologique de NO ou de dérivé le contenant quand, en 1980, l'Américain Furchtgott prit un segment de capillaire sanguin, vaisseau très fin, en épulcha la paroi intérieure, l'épithélium, et n'en laissa donc que les fibres musculaires lisses, qui servent à la contraction et à la dilatation. Puis, il prit un autre segment de capillaire, intact celui-là, et fit passer un liquide nutritif de l'un à l'autre. S'il stimulait le premier (le dénudé) par de l'acétylcholine, un neuromédiateur, le second ne subissait pas de vasodilatation. Mais s'il remplaçait le vaisseau lésé par un vaisseau normal, celui-ci produisait bien une substance qui entraînait la vasodilatation du second segment. Cette

Gaz apparemment doté du don d'ubiquité, le NO ou monoxyde d'azote atteint une popularité supérieure à celle d'un chanteur de rock : c'est par centaines que l'on compte les articles publiés sur lui. On lui prête tous les rôles, de médiateur de l'érection sexuelle à celui de stimulant de la mémoire. L'ennui est que personne n'a pu l'observer dans les tissus. Récit d'une aventure intellectuelle extraordinaire.

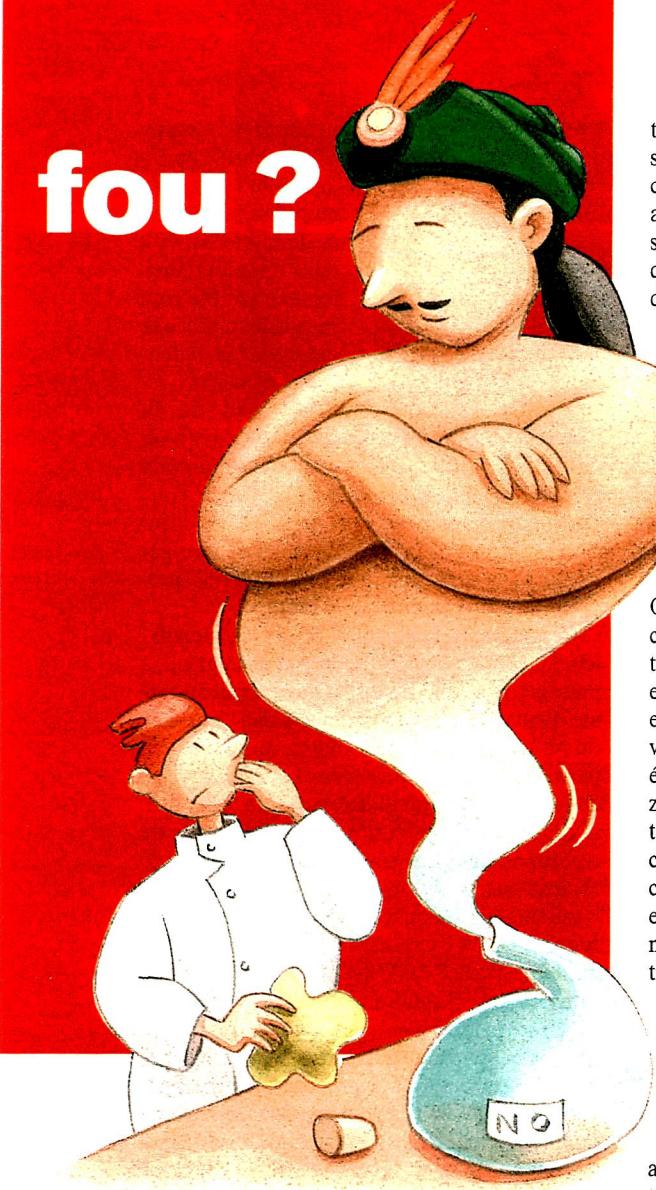
PAR ALAIN MEUNIER

substance était instable et se dégradait en deux à quatre secondes. Furchtgott ne parvint pas à l'identifier. En revanche, il trouva des nitrites, ainsi qu'un produit de dégradation de l'arginine (acide aminé fondamental), la citrulline. Pour faire bonne mesure, il supposa que les nitrites venaient de l'oxydation du monoxyde d'azote.

Un autre chercheur, Garthwait, eut une autre idée lumineuse. Refaisant à sa façon l'expérience de Furchtgott, il remplaça le segment de capillaire dénudé par des neurones en culture. Merveille ! Ils dilataient le second segment quand on ajoutait de l'arginine à la culture. Conclusion : nous avions la séquence arginine-NO-nitrites. Donc, le NO était aussi un neuromédiateur.

(1) Nous avons consacré un article, "L'affaire du gaz dans le cerveau" (n° 897, p. 64), à toutes les carences, contradictions et aberrations d'une théorie que certains chercheurs s'empressèrent pourtant de tenir pour un fait établi.

fou ?



Par la suite, on donna de l'arginine à des macrophages (gros globules blancs) de rat. Les macrophages devinrent immunomodulateurs, c'est-à-dire qu'ils modifièrent l'immunité cellulaire. On trouva encore des nitrites à la sortie, et on s'obstina à déduire qu'ils venaient toujours du NO. La saga du NO avait commencé. Ce fut alors que Snyder, déjà cité, isola une enzyme qui, à partir de l'arginine, fabriquait de la citrulline, produit de dégradation déjà connu, ainsi que des nitrites. Il nomma cette enzyme NO-synthase, c'est-à-dire enzyme qui fabrique du NO. Nouveau schéma : le NO se dédouble en N_2O_4 et se transforme spontanément en nitrites et en nitrates.

Phénomène classique, par la suite, on trouva

trop bien partout ce qu'on cherchait : des articles scientifiques rapportèrent par brassées des découvertes de nitrates et de nitrites, ici, là et ailleurs. Tout à coup, hélas ! un grain de sable s'infiltre dans le raisonnement, quand on s'visa que la NO-synthase purifiée donnait directement des nitrites et rien que des nitrites. Les nitrates devinrent des gêneurs. On les oublia, tout comme on reléguait le N_2O_4 aux oubliettes. Un autre grain de sable s'infiltre dans les raisonnements : l'acétylcholine, contrairement à ce que suggérait l'expérience de Furchtgott, ne libère sans doute pas seulement du NO.

L'affaire n'était pas si simple.

Elle le devint encore moins quand on observa de plus près la fameuse NO-synthase. On la séquençait, on en décrivait la structure, la composition en acides aminés et tout le reste. Petit choc : elle ressemblait comme une sœur à des enzymes déjà connues, les P 450, responsables, entre autres, du métabolisme hépatique. Ce travail de reconnaissance de la NO-synthase ayant été approfondi par la suite, on trouva une quinzaine de ces synthases. Actuellement, on distingue deux types d'enzymes : les enzymes constitutives qui existent normalement dans les cellules endothéliales, à l'intérieur des vaisseaux et des neurones, et les enzymes inducibles, qui n'apparaîtraient que si l'on stimule leur production, comme dans les macrophages.

Contrariainte lacune : si la NO-synthase fabrique bien de la citrulline à partir de l'arginine, personne n'a encore établi comment elle fabriquerait du NO. Certainement pas par génération spontanée. On a bien proposé une étape intermédiaire, faite sur mesure, la N-hydroxyarginine ; hélas ! elle ne colle pas aux observations : on n'en trouve pas en milieu biologique.

Pis : la fameuse NO-synthase contient, comme l'hémoglobine, un pigment (hème) avec du fer. Or, le NO est un poison de ce pigment, donc de l'hémoglobine ! Trois fois pis : le NO inhibe la synthase elle-même ! Nous voilà donc avec une enzyme qui synthétise son propre poison et qui paralyse son producteur ! Il faut avoir une âme d'airain pour affronter des paradoxes tels que celui d'une enzyme à la fois parricide et suicidaire.

Deux points cruciaux de l'affaire sont la durée de vie du NO et sa diffusion dans les tissus. Pour qu'il soit bien ce facteur de dilatation des muscles lisses qu'on veut croire, le NO doit avoir une vie de quatre à six secondes, voire moins. Or, plusieurs groupes de chimistes l'ont établi : sa demi-vie en solution aqueuse est de plusieurs minutes, et, comme le précise le Dumont, bible des ►

suite de la page 95

chimistes, c'est une molécule stable, qui réagit très lentement. On en disputait encore quand, sur les chaudes recommandations du "NOïste" en chef, Snyder, l'Américain Malinski publia un papier dans *Nature* où il prétendit déterminer la présence de NO dans une cellule d'endothélium, à l'aide d'une électrode de 0,1 micromètre (μm) de diamètre et longue de 1,2 μm . Miracle ! Il avait pu établir que la demi-vie du NO, en milieu biologique, cette fois, serait de quelques secondes.

C'était un assez joli "show" : hélas ! on n'a vu que la photo de l'électrode et, de toute façon, on se demande comment elle pourrait entrer dans une cellule d'endothélium, qui est plate, comme le confirmeront tous les électrophysiologistes. De plus, comme l'a déclaré Devynck, électrochimiste renommé et conscientieux qui utilise le même type d'électrode que Malinski, les lois de l'électrochimie ne peuvent pas s'appliquer à la détection du NO. En effet, cette électrode est constituée d'un fil de carbone recouvert de porphyrines. La porphyrine est l'équivalent de l'hème de l'hémoglobine ; elle est donc "empoisonnée" par le NO ou les nitrites. C'est-à-dire qu'elle ne peut effectuer une mesure que



pendant un temps très court, après quoi elle est inopérante. La mesure de la demi-vie du NO dans un milieu biologique semble correspondre plutôt à la demi-vie de l'électrode même !

Le fond de la question est qu'on essaie à tout prix de se débarrasser de la stabilité du NO. Pourquoi ? Parce que, dans ce cas, son coefficient de diffusion est presque le même que celui de l'oxygène, qu'on en trouverait alors partout et qu'il perdrait les spécificités qu'on lui prête.

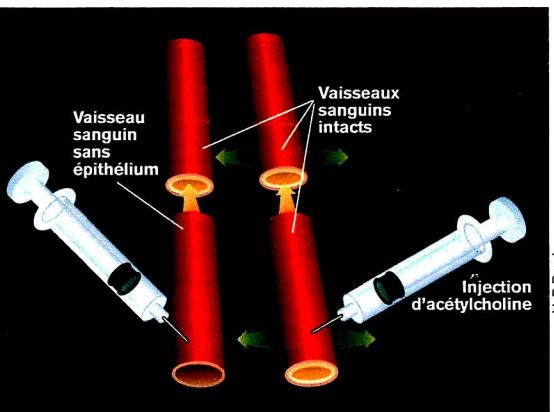
Cesuglio, de l'équipe du Pr Jouvet, mondialement connu pour ses études sur le sommeil, a présenté à la Journée du NO un travail au terme duquel il assure avoir détecté dans le cortex du rat un taux de 2 micromoles, soit 60 parties par million (ppm). Il se trouve cependant que des chercheurs ayant utilisé une autre technique, la chimiluminescence, qui est une technique de référence dans les travaux sur la pollution, avaient, eux, trouvé mille fois moins !

Autant dire qu'on a eu des moments gais à la Journée du NO. Que sait-on aujourd'hui de ce gaz fantastique ? Qu'il est très toxique, comme tous les métallo-enzymes, qu'il nous défend contre les micro-organismes, mais qu'il "nitrose" l'ADN, ce qui en fait aussi un mutagène. Il serait donc d'une part mauvais et de l'autre bon, concept à clarifier s'il en fut jamais. Certains proposent une théorie selon laquelle il y a du "bon NO", le NO +, et du "mauvais", le NO-. Pour en savoir plus, il faudrait savoir le doser ; pour cela, il faudrait le piéger, et, pour le moment, c'est impossible. Il existe dans les tissus vivants, mais en quantités de l'ordre de la micromole, ce qui pose des problèmes inversement proportionnels.

Il y en a bien chez l'homme, on en a détecté quelques ppb (parties par milliard) dans le gaz expiré. On a soutenu qu'il serait nécessaire à l'érection du pénis. Reste à savoir, vu ce que l'on connaît de sa toxicité, s'il ne détruirait pas le même pénis. En effet, à l'état de gaz, le NO se transforme rapidement en NO_2 , et le NO_2 , en acide nitrique, ce qui est inquiétant... Tout aussi inquiétant, et même scandaleux, est le fait que, sur la foi de ces théories, on commence à utiliser du NO en milieu hospitalier, en cas d'insuffisance respiratoire en réanimation. C'est mettre le corbillard avant le mort. ■

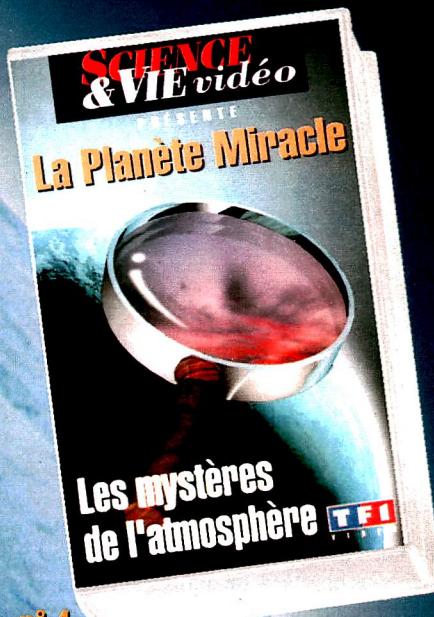
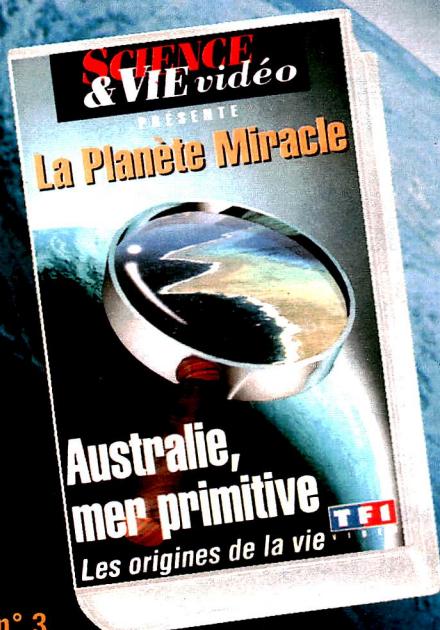
L'expérience mystérieuse

Si on enlève la paroi intérieure, l'épithélium, d'un fragment de vaisseau sanguin, qu'on abouche ce fragment à un morceau intact (à gauche), puis qu'on injecte dans le vaisseau dénudé de l'acétylcholine, rien ne se produit. En revanche, si on recommence l'expérience avec deux fragments vierges (à droite), le second vaisseau se dilate. Conclusion : l'épithélium produit une substance vasodilatatrice. Ce serait du NO. Mais en est-ce bien ?



Par quels miracles êtes-vous là ?

Science & Vie Vidéo présente



n° 3

n° 4

Comment l'oxygène a fait de la Terre la seule planète vivante du système solaire ?
L'un des plus grands mystères de la vie révélé dans *Australie, mer primitive*.

Quels liens existe-t-il entre l'Australie, la Chine et le processus de formation de l'atmosphère terrestre ? Révélations dans *Les mystères de l'atmosphère*.

La Planète Miracle

pour comprendre les origines et les grandes étapes de la formation de la Terre

Coupez ou photocopiez ce bon de commande et renvoyez-le à **TF1 VIDEO - B.P. 250 - 76410 SAINT-AUBIN**

SV03

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)

1° 3 **Australie, mer primitive** (420053)

n° 4 **Les mystères de l'atmosphère** (420054)

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

Chèque bancaire ou postal

Carte bancaire n°

Expirée le : mois année

Signature du titulaire :

M Mme Mlle

Nom :

Prénom :

Adresse :

.....

Code Postal : Ville

Etes-vous abonné à **Science & Vie** ? oui non

Offre valable en France métropolitaine jusqu'au 30 juillet 1994 — Cassette VHS SECAM durée 50'

LAVOISIER

De l'alchimie à la chimie

PAR MAURICE ARVONNY

Il y a deux cents ans mourait Antoine Laurent de Lavoisier, le père de la chimie moderne. Neuf ans plus tard, un autre grand chimiste, John Dalton, proposa le concept fondamental d'atome – dont on pourra toujours se demander si Lavoisier, au cas où la Révolution française n'aurait pas eu lieu et où il aurait pu sereinement continuer ses recherches, n'en aurait pas, lui aussi, compris la nécessité... Dalton avait en effet saisi que ce concept pouvait expliquer les résultats quantitatifs obtenus depuis que Lavoisier, en utilisant systématiquement la balance et en prouvant la conservation de la matière, avait dégagé la science chimique de la vieille alchimie.

Il est clair, en tout cas, que le bref intervalle de temps qui va des premières expériences de Lavoisier (étude de la prise du plâtre en 1764) à la réunion de la Litterary and Philosophical Society de Manchester, où, le 21 octobre 1803, Dalton exposa pour la première fois son hypothèse atomique – devant sept auditeurs ! –, ce bref intervalle, donc, a vu naître une science nouvelle. Auparavant, il n'y avait qu'un ensemble de recettes, mal dégagées des préoccupations alchimiques. La seule amorce de théorie, celle du phlogistique (1), proposée une vingtaine d'années plus tôt par l'Allemand Stahl, va s'effondrer devant les mesures précises de Lavoisier. Au contraire, au début du XIX^e siècle, la chimie, munie de ses lois de base (conservation de la matière, proportions définies...), sous-ten-

Le 8 mai dernier, nous avons fêté l'anniversaire d'une victoire, celle de 1945. Mais cette date est aussi celle d'un triste bicentenaire : le 8 mai 1794, Antoine Laurent de Lavoisier montait à l'échafaud, parce qu'il avait été fermier général et que «la République n'a pas besoin de savants».

due par l'hypothèse atomique, repose sur des bases solides qui vont permettre un prodigieux développement. Les principaux acteurs de cette période cruciale furent, outre Lavoisier et Dalton, les Anglais Cavendish, Priestley, Davy et les Français Rouelle, Berthollet, Proust, Gay-Lussac. On constate que la chimie est à cette époque une science franco-anglaise. Les Allemands, qui allaient bientôt en devenir les maîtres, sont alors en retrait.

On voit donc en quarante ans émerger une science. Pourtant, l'homme utilisait depuis longtemps les réactions chimiques : dès la découverte et la maîtrise du feu, il y a environ 500 000 ans, il avait pris l'habitude de faire cuire ses aliments.

Beaucoup plus tard, mais encore loin dans la préhistoire, il apprit à transfor-

(1) Le phlogistique est un fluide imaginé par les anciens chimistes. Inhérant à tout corps, il était censé provoquer la combustion de celui-ci en l'abandonnant.



suite de la page 98

mer l'ocre jaune en ocre rouge par chauffage – sans doute la première "chimie" non alimentaire. Puis vinrent la cuisson de l'argile pour faire des poteries et la première métallurgie : la réduction au charbon de bois de la malachite permit d'obtenir du cuivre métallique. Vers -3 000 apparaît le bronze, alliage de cuivre et d'étain, obtenu par réaction de la cassiterite (oxyde d'étain) sur un minerai de cuivre. C'est une étape importante : pour la première fois, l'homme synthétise un alliage qui n'existe pas dans la nature.

Ensuite viendront le fer et le laiton,

les métaux précieux. On découvrira le plâtre, le verre, l'encens, le savon. On apprendra à tanner les peaux, à protéger les coques de navire avec du minium (oxyde de plomb), à extraire du murex la teinture pourpre. A l'époque romaine, les femmes se rougissent les lèvres au cinabre (sulfate de mercure) et se fardent au blanc de cérule (carbonate de plomb). Et l'on extraira des plantes divers médicaments, dont certains sont toujours en usage.

Aucune théorie ne sous-tend ces progrès, même si certains Grecs anciens essaient de tout classer dans quatre éléments : l'air, l'eau, la terre et le feu. Mais les Grecs s'engagent dans l'impasse de l'alchimie, avec la vaine tentative de changer certains métaux en or. C'est à Alexandrie, vers -200, que débutent les essais de transmutation. Ils se poursuivront pendant tout le Moyen Age. Ils ne seront pas totalement stériles. Des instruments comme l'alambic et le bain-marie ont été inventés par les alchimistes, et de nombreux composés chimiques nouveaux sont des retombées de leurs recherches. Le XIII^e siècle verra ainsi la découverte des acides minéraux : l'huile de vitriol (acide sulfurique), l'eau forte (acide nitrique) et l'esprit de

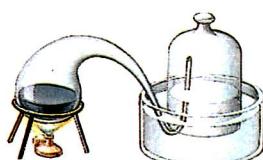
sel (acide chlorhydrique). De même, les alchimistes apprendront à purifier les métaux en les amalgamant avec du mercure. C'est, semble-t-il, avec Paracelse (1493-1541), encore alchimiste mais aussi pharmacien, qu'apparaît cette préoccupation de purifier les produits qu'on utilise, sans laquelle aucun progrès sérieux n'était possible.

A la même époque, les besoins de l'industrie métallurgique et de celle des armements (fabrication de la poudre) entraînent la découverte de plusieurs réactions chimiques importantes. Et, un peu plus tard, Robert Boyle (1627-1691), sent le besoin de compléter l'observation des phénomènes par des mesures précises. Il découvre ainsi la loi de compression des gaz, mais se trompe complètement sur la combustion. On avait alors remarqué qu'un métal chauffé dans une coupelle se transforme en une "chaux" plus lourde. Boyle en déduit que le feu s'infiltre à travers les parois du récipient, hypothèse bientôt jugée intenable. Au tout début du XVIII^e siècle, Georg Stahl renverse la théorie de Boyle. C'est la "chaux" qui est le composant simple ; le métal est composé de cette chaux et d'un principe actif, le phlogistique, qui s'échappe en flammes lors de la combustion.

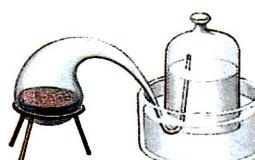
Cette théorie, qui s'accorde bien avec les idées aristotéliciennes, est universellement acceptée. Que le phlogistique, principe immatériel, pèse "moins que rien" ne gêne personne – on en verrait plutôt une confirmation dans le fait que les flammes partent vers le haut. Il faudra à Lavoisier une accumulation de mesures précises – et la découverte de l'oxygène par Priestley – pour que le phlogistique soit abandonné.

En 1760, à 18 ans, Lavoisier est encore loin d'avoir ouvert la voie de la chimie moderne. Ses travaux sont ceux d'un jeune homme brillant qui

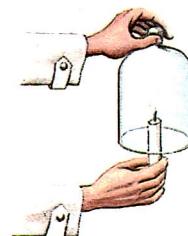
En 1780, l'air cesse d'être



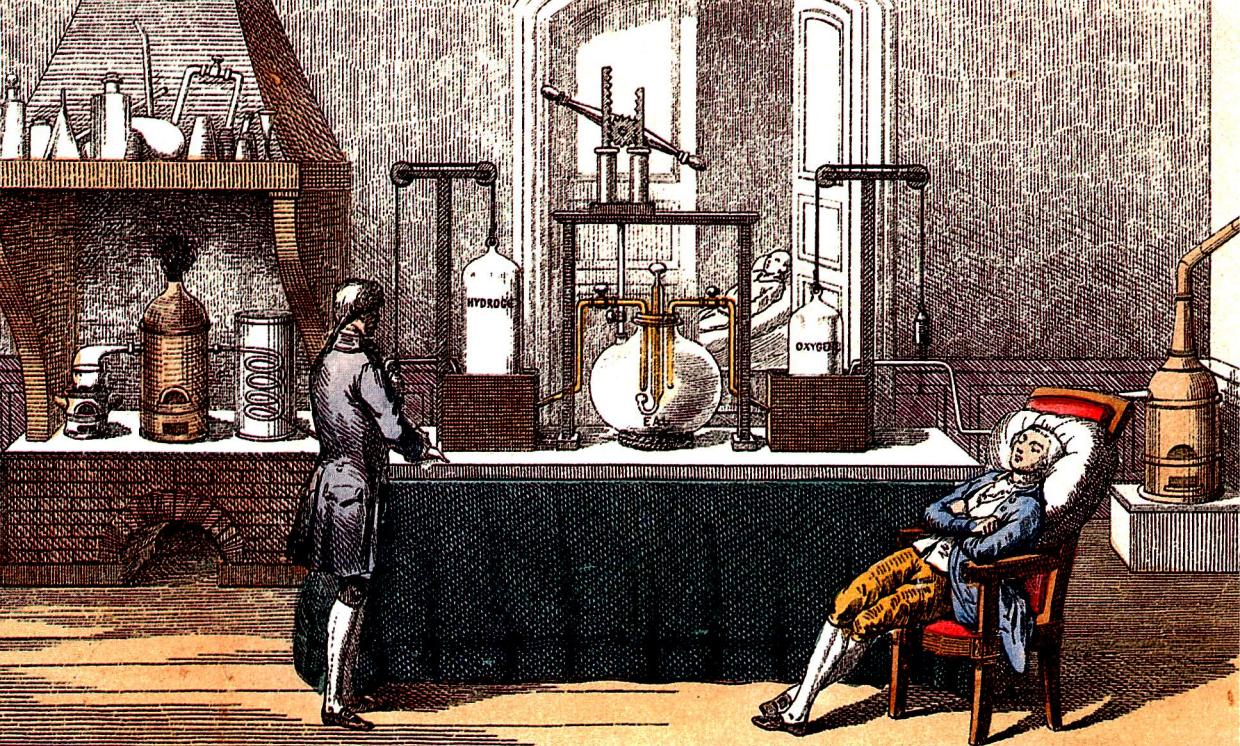
Pour connaître la composition de l'air, Lavoisier fait bouillir du mercure dans une cornue qui communique avec une cloche. Dans cette dernière : 80 cl d'air.



Douze jours plus tard, le mercure est recouvert d'une couche rouge (de l'oxyde de mercure). Le volume d'air dans la cloche a diminué de 14 cl.



Ce qui reste de gaz dans la cloche – 66 cl – éteint la flamme d'une bougie : c'est de l'air nitreux" (azote).



Biblio. des Arts Décoratifs/J.-L. Charmet

La machine à faire de l'eau

Depuis Aristote, l'eau était un élément irréductible. Lavoisier invente un procédé pour la décomposer en hydrogène et en oxygène (à l'arrière-plan) et la reconstituer dans un ballon, grâce à un arc électrique (à l'avant).

tion" de l'eau en terre : beaucoup pensaient en effet à l'époque que le dépôt qui se formait lorsqu'on faisait longuement bouillir de l'eau préalablement distillée dans un récipient en verre résultait de cette transmutation. Lavoisier fit

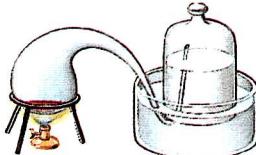
se former et acquiert une solide méthodologie. Ils ne remettent pas en cause les "acquis" de ses devanciers – même si des notes manuscrites montrent qu'il se pose déjà bien des questions. En 1770, il s'attaque à la "transmutation"

de l'eau dans un récipient de forme telle que la vapeur se condensait dans le haut et que le liquide ainsi formé était ramené dans le bas. Il avait soigneusement pesé le récipient vide et l'eau avant l'expérience. La même pesée après l'expérience montra que le récipient était plus léger et l'eau plus lourde, le poids total restant inchangé. Lavoisier fit alors évaporer l'eau, qui laissa un résidu "terreux" dont le poids se révéla égal à la perte de poids du récipient. Il conclut que, par ébullition prolongée, l'eau avait attaqué le verre et dissous un peu de ce dernier, sans qu'aucune transmutation ne se soit produite.

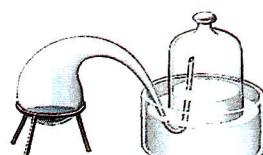
Il est intéressant de noter qu'à la même époque ▶

un élément simple

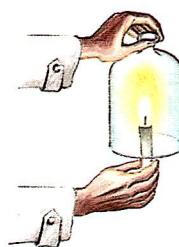
Dessins C. Lacroix



Lavoisier émet une hypothèse : le gaz qui manque dans la cloche s'est combiné au mercure pour donner de l'oxyde. Il place donc ce dernier dans la cornue, le chauffe et fait communiquer le tout avec le ballon qui contient l'azote.



Le volume de gaz s'accroît de 14 cl – on en revient au volume de gaz initial –, et il ne reste dans la cornue que du mercure (c'est une réduction).



Ce gaz avive la flamme d'une bougie. Et ce grâce aux 14 cl qui manquaient en fin de première expérience, et qui sont donc de "l'air vital" (oxygène).

suite de la page 101

l'Allemand Scheele entreprit une expérience analogue. Mais il n'employa pas de balance. Il se contenta d'analyser le résidu final et de montrer que ses composants étaient ceux du verre. Lavoisier étudia ensuite la prétendue sublimation du diamant. Celui-ci disparaît quand il est fortement chauffé et on en discutait les raisons. Lavoisier comprit qu'il s'agissait d'une banale combustion. En collaboration avec ses collègues de l'Académie, Macquer et Cadet, il le prouva en faisant chauffer un diamant entouré de charbon et enfermé dans plusieurs récipients concentriques pour le mettre à l'abri de l'air. Le diamant resta inaltéré.

La balance et la combustion : ainsi pourraient-on résumer les expériences qui engagent définitivement Lavoisier dans la voie royale. A partir de 1772, ses travaux portent sur les gaz – à l'époque, on dit encore les "airs". L'Anglais Hales avait montré dans les années 1720 que de nombreux corps fournissent par distillation un gaz dont il avait mis au point la collecte et qu'il appelait "air fixé" – c'est notre actuel gaz carbonique, ou dioxyde de carbone. Hales le croyait identique à l'air atmosphérique, mais son compatriote Black montra bientôt qu'il s'agissait d'une substance distincte, et que le calcaire donne de l'air fixé quand on le transforme en chaux vive par calcination. Il en déduisit que le calcaire est un composé de ces deux constituants – un carbonate de calcium, en termes modernes. Mais l'opinion de Black était minoritaire. La plupart des chimistes, Lavoisier compris, admettaient que la chaux était un calcaire auquel le feu avait apporté un principe caustique, appelé *acidum pingue*.

L'étude des gaz avait été poursuivie par Cavendish, qui isola en 1765 un "air inflammable" (hydrogène), et surtout par Priestley. Ce dernier avait décris plusieurs gaz, dont un "air nitreux" (dioxyde d'azote) et un "air marin gazeux" (acide chlorhydrique). Les résultats de Priestley étaient impressionnantes. Mais, outre que certains contredisaient des "connaissances" antérieures, ce qui pouvait jeter un doute sur eux, il ne s'en dégageait aucune vision d'ensemble. Lavoisier entreprit de refaire systématiquement, balance en main, les expériences de ses devanciers.

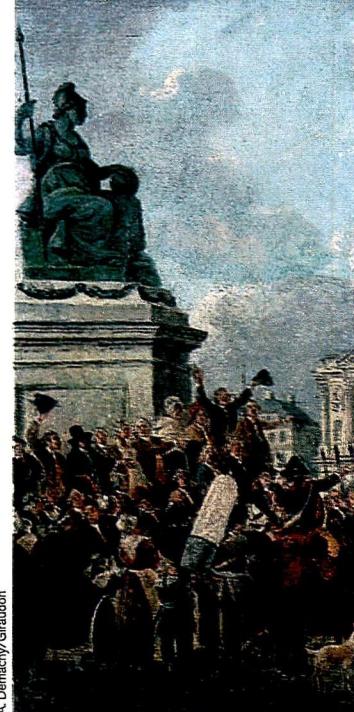
Il vérifia que la chaux vive est moins lourde que le calcaire dont elle est issue. En sens inverse, il découvrit, ou redécouvrit, que le plomb, l'étain, le soufre et le phosphore gagnent du poids par combustion. Il constata aussi que cette combustion consomme un cinquième de l'air présent dans l'enceinte et que l'air résiduel est impropre à la respiration. Tous ces résultats sont exposés dans les *Opuscules physiques et chimiques*, que La-

voisier publie en 1773.

C'est alors que deux Anglais, Bayen et Priestley, franchissent au début de 1774 une étape cruciale. Ils montrent, indépendamment l'un de l'autre, que l'oxyde de mercure chauffé dégage un gaz qui active les combustions. Priestley le nomme "air déphlogistique". Informé par celui-ci, Lavoisier étudie ce nouveau gaz dès la fin de 1774. Suit toute une série d'expériences, desquelles il ressort nettement que ce gaz constitue ce cinquième de l'air qui disparaît dans les combustions. Lavoisier montre aussi que, sous cet aspect, rien ne distingue la respiration d'une combustion.

A l'époque, il y a déjà longtemps que Lavoisier ne croit plus à la théorie du phlogistique. Mais, conscient d'être seul, il prend encore des gants avec elle. Ce n'est qu'en 1783 qu'il l'attaque de front. Il publie ses *Réflexions sur le phlogistique pour servir de développement à la théorie de la combustion et de la respiration*. Il y déclare tout net : «Si tout s'explique en chimie de manière satisfaisante sans le secours du phlogistique, il est, par cela seul, infiniment probable que ce principe

A. Demachy/Giraudon



Un génie éclectique

Né à Villers-Cotteret le 26 août 1743, Antoine Laurent de Lavoisier étudie au collège Mazarin à Paris. D'abord attiré par la littérature, il se tourne ensuite vers les sciences sous l'influence du minéralogiste et géologue Guettard. Tout en suivant les cours de mathématiques de l'abbé Rouelle (en compagnie de Diderot) et de botanique de Bernard de Jussieu, Lavoisier obtient sa licence de droit en 1764 et s'inscrit au barreau. Il devient cependant le collaborateur de Guettard, et l'étude du gypse,

la "pierre à plâtre", le conduit vers la chimie.

Son mémoire, présenté à l'Académie en février 1765, recueille de vifs éloges. Il se distingue également en présentant un brillant projet d'éclairage public. En même temps qu'il est élu chimiste à l'Académie, en 1768, il devient l'adjoint du fermier général Baudon. Secondé par sa femme Marie-Anne-Pierrette Paulze, Lavoisier publie son *Traité élémentaire de chimie* en 1789. Il est guillotiné quatre ans plus tard, avec 23 autres fermiers généraux.



La République et les savants

Lavoisier, Dietrich, Brochart de Saron, Lamoignon de Malesherbes... Tous savants, et tous guillotinés en place de la Révolution, en 1793 et 1794.

sent de le suivre, alors qu'ils connaissent ses expériences et y ont parfois participé. Lavoisier continue. Des quatre éléments d'Aristote, il avait supprimé le feu (le phlogistique) et montré que ni l'air ni la terre (les calcaires et les "chaux") ne sont simples. Il s'en prend à l'eau. En 1785, il lit à l'Académie un mémoire où il montre que l'eau est le produit de la combustion de l'air inflammable, et qu'elle peut être décomposée puis resynthétisée. Pour ses collègues, c'est le déclic. Berthollet annonce qu'il abandonne le phlogistique, bientôt suivi par Fourcroy et Guyton de Morveau. Les trois hommes et Lavoisier élaborent et publient en 1787 une *Nomenclature chimique*, où apparaissent des mots comme oxygène et hydrogène, toujours en usage.

Le message passe moins bien outre-Manche. En 1788, l'Anglais Kirwan, très respecté pour sa rigueur de pensée, publie un *Essai sur le phlogistique*, où il défend la doctrine de Stahl avec des arguments impressionnantes. Mme Lavoisier traduit l'ouvrage en français. Les quatre auteurs de la *Nomenclature chimique*, rejoints par Monge et Laplace, décident de publier la traduction avec, à la fin de chaque chapitre, des commentaires où ils discutent les arguments de Kirwan. Ce dernier

n'existe pas, que c'est un être hypothétique, une supposition gratuite.»

Comme il pouvait s'y attendre, l'incompréhension est totale. Même ses collègues de l'Académie refu-

maintient sa position, mais, en 1792, il écrira à Berthollet : «J'abandonne le phlogistique.»

Mais, en 1792, Lavoisier n'est plus chimiste. Sa dernière œuvre importante est le *Traité élémentaire de chimie*, en 1789. Dans cet ouvrage d'enseignement, qui va immédiatement supplanter tous les autres, Lavoisier résume trente ans de recherches et présente quelques résultats nouveaux sur la fermentation alcoolique. Lavoisier veut alors se consacrer à la chimie «animale et végétale». Mais la Révolution est là, et ce programme restera programme. Lavoisier est député suppléant à l'Assemblée nationale, commissaire de la Trésorerie nationale, trésorier de l'Académie, membre de la Commission des poids et mesures – avec Haüy, il est chargé de mesurer le poids d'un volume connu d'eau distillée pour définir ce qui deviendra le kilogramme.

Les choses se gâtent en 1793. Alors que, le 1^{er} août, la Convention avait félicité l'Académie des sciences pour ses travaux sur les poids et mesures, elle vote le 8 la suppression de «toutes les académies et sociétés littéraires patentées et dotées par la Nation». Il est simplement convenu qu'une Commission temporaire des poids et mesures continuera les travaux en cours.

Mais, déjà, le conventionnel Antoine Dupin, ancien contrôleur général surnuméraire de la Ferme (c'est-à-dire chargé par le Roi de la collecte des impôts), s'en prit aux fermiers généraux. Il obtint le 24 novembre leur arrestation préventive pour une affaire obscure. Lavoisier échappa par hasard à la rafle. Il écrivit à la Convention pour se défendre et rappeler qu'à l'époque des faits il s'occupait de la Régie des poudres et n'avait plus de responsabilités à la Ferme. Sa lettre fut ignorée. Guyton de Morveau et Fourcroy, qui étaient en position de le défendre, ne dirent rien en sa faveur. L'amitié de Lavoisier avec des Girondins, alors traqués, emprisonnés ou exécutés, joua contre lui.

Le 28 novembre, Lavoisier se constitua prisonnier et fut enfermé à la prison de Port-Libre (ex-couvent de Port-Royal). A partir de ce jour, Dupin tisse sa toile. Les fermiers généraux croiront longtemps que justice leur sera rendue. Mais, le 5 mai 1794, Dupin lit un long réquisitoire devant la Convention. Le décret de renvoi au Tribunal révolutionnaire est immédiatement adopté. Vingt-trois fermiers généraux sont conduits à la Conciergerie. Leur procès débute le 8 mai à 10 heures du matin. A 13 heures, les accusés sont déclarés coupables à l'unanimité. A 17 heures, l'huissier de service rédige le procès-verbal : «Ledit Lavoisier, en notre présence, a subi la peine de mort.»

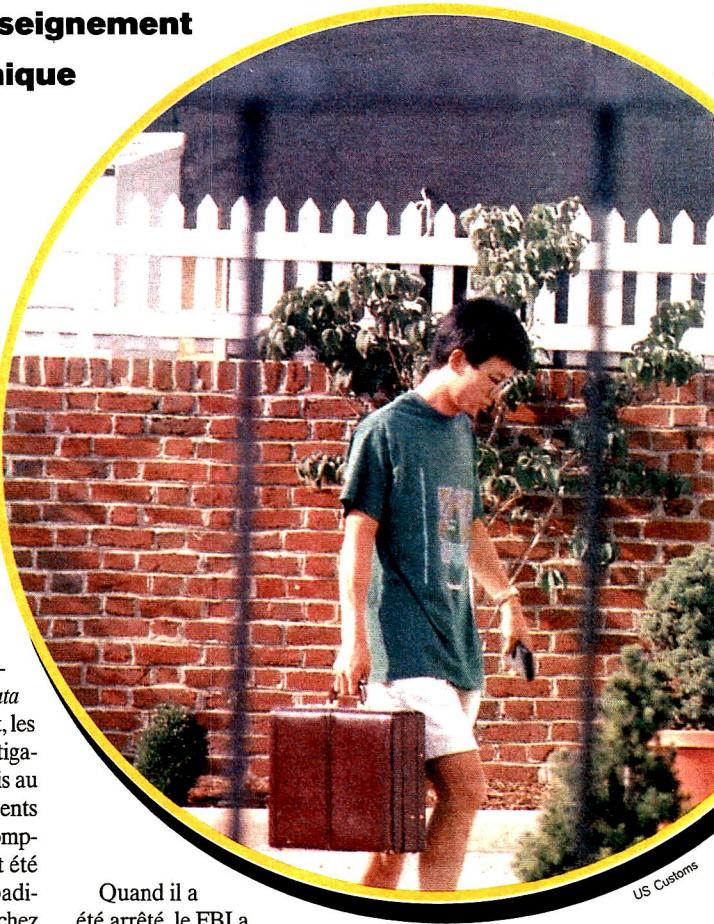
Après la guerre froide,

La recherche du renseignement scientifique et technique a remplacé celle du renseignement militaire.

PAR GERMAIN CHAMBOST

Arrêté voilà quelques semaines aux Etats-Unis, Aldrich Hazen Ames est accusé d'avoir espionné pour le compte de l'URSS, puis de la Russie, depuis 1985. A l'époque, il était responsable du service de contre-espionnage de la CIA, l'agence américaine de renseignements. C'est dire qu'il occupait un poste particulièrement intéressant pour ses "officiers traitants" du KGB soviétique chargés de lui transmettre leurs *desiderata* et de recueillir le fruit de ses opérations. De fait, les enquêteurs du FBI (Federal Bureau of Investigation) qui l'ont démasqué pensent qu'il a permis au KGB de débusquer une bonne vingtaine d'agents doubles soviétiques qui travaillaient pour le compte des Américains. La plupart d'entre eux ont été exécutés, car dans l'ancienne URSS on ne bâdait pas avec ce que l'on appelle pudiquement chez nous «intelligence avec une puissance étrangère».

Il faut croire que les services d'Ames étaient particulièrement prisés par ses employeurs, puisqu'il possédait 2,7 millions de dollars (soit quinze millions de francs), sans compter des bijoux, un tableau de Chagall et une datcha pour sa retraite... Aucune motivation idéologique chez lui. Rien à voir, en effet, avec ces espions qui ont travaillé pour l'URSS parce qu'ils estimaient devoir servir la patrie du socialisme. Car, dans ce cas, l'effondrement du communisme aurait provoqué la rupture entre Ames et ses "officiers traitants". Et la fin de la guerre froide n'a pas affecté ses activités illégales. De serviteur et pourvoyeur de la section "étranger" du KGB, Aldrich Hazen Ames est devenu serviteur et pourvoyeur du SVR, le service de renseignements extérieurs de la Russie de Boris Eltsine.



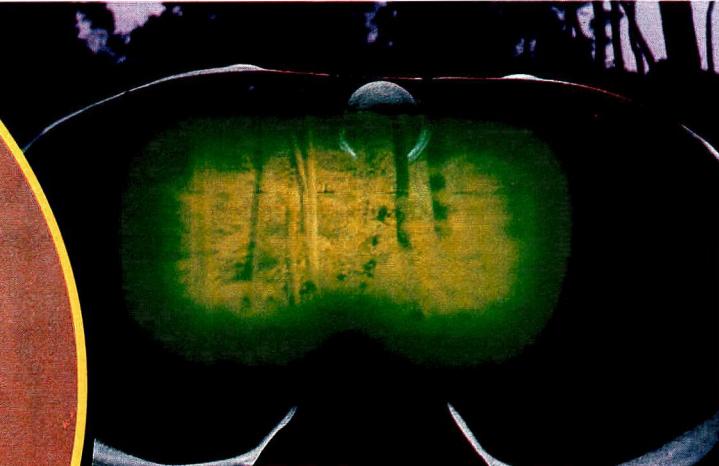
Quand il a été arrêté, le FBI a trouvé à son domicile une

liste d'une centaine de sujets sur lesquels le SVR voulait qu'il fournisse des précisions. Ce qui laisse à penser qu'Ames devait faire appel à toute une escouade d'agents pour collecter les renseignements demandés. Beaucoup de ces derniers n'avaient plus trait au domaine militaire ou même à la Défense au sens le plus large, mais concernaient les secteurs économique et technique. La guerre froide est finie, pas le besoin, pour un gouvernement comme celui de Moscou, de se renseigner sur l'Occident, à l'heure où la Russie cherche par tous les moyens à se sortir de la crise dans laquelle elle est empêtrée. D'où les cris d'indignation poussés par des hommes politiques américains : «Nous fournissons une aide à la Russie et aux pays de l'ancienne URSS, et ils utilisent cet argent pour

(1) et (3)
Défense nationale,
"L'intelligence économique,
arme de l'après-guerre
froide",
décembre 1993.

(2) C'est dans le sens de "recueil du renseignement" que le mot *intelligence* est employé aux Etats-Unis, notamment pour désigner la CIA, Central Intelligence Agency.

la guerre économique...



Sopelam-Sofretac



A. Reininger/Contact

L'homme à la valise

Envoyé aux Etats-Unis, en 1990, en vue d'espionner pour le compte de son pays, Bin Wu, un professeur chinois, proposa un an plus tard ses services au FBI... qui mordit à l'hameçon. Malgré les informations qu'il apportait aux renseignements américains, un jour le doute s'installa. Et c'est alors qu'on découvrit qu'il envoyait à Hong Kong, sous l'appellation "matériel médical", des équipements militaires pour la vision nocturne (ci-dessus). L'homme fut arrêté en octobre 1992.

rétribuer des agents qui nous espionnent...»

Ce qui est vrai des Etats-Unis l'est sans aucun doute de la plupart des autres pays occidentaux. En France, la DST, la Direction de la surveillance du territoire, chargée, entre autres, de démasquer les agents étrangers qui se livrent chez nous à la collecte du renseignement, estime qu'à l'heure actuelle 60 % du travail de ces agents concernent le domaine scientifique et technique.

Dans la compétition économique qui fait rage, il n'y a plus d'amis ni d'alliés. La guerre froide avait l'immense avantage de désigner l'adversaire dont il fallait se méfier. Plus rien de tel aujourd'hui. «L'intelligence économique», rappelle Jean Pi-chot-Duclos, directeur de l'Institut d'étude et de stratégie de l'intelligence économique (¹), «recouvre les opérations de recherche, d'actions connexes et d'influence contenues dans le vocabulaire britannique d'«intelligence», ici appliquées au ter-

rain de l'économie...» (²) Il faut d'ailleurs préciser tout de suite que quelque 90 % des informations en question sont disponibles sous forme d'informations ouvertes. C'est-à-dire dans des articles de revues spécialisées, des disquettes vendues dans le commerce pour vanter, par exemple, les produits ou le savoir-faire d'une entreprise... ou dans les paroles d'un ingénieur, tout fier de faire partager ses connaissances à un interlocuteur empressé et qui lui témoigne intérêt et admiration. Les informations sur les biotechnologies, les matériaux, l'électronique, l'énergie, l'intelligence artificielle sont ainsi offertes en quasi-totalité à celui qui a la curiosité de les rechercher, de les collationner et de les trier. Il s'agit donc de savoir se procurer les 10 % restants. Et les moyens pour le faire sont très divers. La DST est bien placée pour le savoir.

Quelques exemples : un ingénieur de Mitsubishi, en stage chez Alsthom, qui photographie la partie inférieure de la motrice et des wagons du TGV (son intérêt semblait se porter sur la nouvelle suspension alors à l'étude) ; un jeune Pakistanais, en stage au service électronique du Centre nucléaire de Saclay, surpris à dérober une disquette informatique de calcul sur la sûreté des réacteurs à eau. Ou encore cet autre stagiaire étranger, mais, cette fois, dans une entreprise, qui avait pris l'habitude de pénétrer dans les différents bureaux et de consulter les documents qui s'y trouvaient à découvert ►

suite de la page 105

lorsque leurs propriétaires les y laissaient sans surveillance, jusqu'au jour où le responsable du secteur "laser" le surprit en train de recopier le détail des structures de certaines tables optiques – la DST avait d'ailleurs constaté qu'il entretenait des relations extrêmement suivies avec son ambassade.

Aucun domaine n'est à l'abri de la curiosité intéressée de visiteurs, d'enquêteurs, d'étudiants. La France accueille chaque année entre 60 000 et 100 000 stagiaires étrangers dans ses entreprises, ses laboratoires, ses centres de recherche. Un spécialiste du contre-espionnage utilise en riant l'expression de "péril jeune" pour parler de ces stagiaires, entendant par là que certains d'entre eux sont d'un genre un peu particulier. Même si, sur le nombre, seule une infime minorité se livre à l'espionnage, puisqu'il faut bien appeler les choses par leur nom.

Parfois, lorsqu'il s'agit de pratiquer "l'intelligence économique" non contre un concurrent étranger, mais contre un concurrent de même nationalité que soi, il n'est même pas nécessaire à ces espions d'un nouveau genre de pénétrer physiquement dans l'entreprise, et de courir ainsi le risque de se faire surprendre, pour agir avec efficacité.

Les interrogatoires au téléphone sous couvert d'enquête d'opinion constituent de redoutables moyens d'investigation. Surtout pour des interrogateurs entraînés, qui sauront exploiter les possibilités, les points faibles... et les connaissances de leurs interlocuteurs. Et l'on peut en dire autant des entretiens d'embauche : en une période où la recherche d'un emploi relève du parcours d'obstacles, le candidat, pour se faire valoir, est prêt à en dire beaucoup sur son expérience passée et sur les connaissances qu'il a acquises au sein de sa précédente entreprise.

Peut-être les Français à l'esprit frondeur auront-ils tendance à rire de telles pratiques. Ce serait oublier que la puissance des grandes nations industrielles présentes s'est fondée d'abord et avant tout sur la connaissance que leurs entreprises avaient de leurs concurrentes.

On cite volontiers, en s'en moquant parfois, la manie japonaise de tout photographier, tout enregistrer, tout repérer. Au Japon, rappelle Jean Pichot-Duclos (¹), c'est la volonté de reconstruction de la nation après la guerre qui a inspiré le dispositif "d'intelligence économique" mis en place. Avec pour le sous-tendre une véritable culture collective de l'information et un patriotisme élevé. Les connaissances en tout genre recueillies sur les pays cibles irriguent l'ensemble du tissu économique, avec une concertation permanente entre les acteurs, banques, industries, institutions, entreprises, facilitant ainsi l'élaboration d'une stratégie

LE CRÉDIT LYONNAIS ESPIONNÉ...

Le secteur bancaire, souligne Jean Pichot-Duclos dans son étude publiée dans la revue *Défense nationale* (voir note 1), constitue le pilier de l'économie et un carrefour de l'information. Mais, en France, où règne le chacun pour soi, on constate l'absence de dispositifs globaux de collecte et de traitement de cette information. Sans doute parce que les banques françaises préfèrent gérer un patrimoine que prendre des risques, à l'inverse de ce qui se passe en Allemagne ou dans les pays anglo-saxons. «Elles sont plus portées à la défensive qu'à l'attaque», écrit l'auteur. Cependant, cela n'a pas toujours été le cas : au début du siècle, le Crédit lyonnais possédait un système d'information tout à fait exemplaire. Tellement exemplaire que certaines banques suédoises envoyèrent à Paris des missions d'espionnage pour tenter d'en percer les secrets...

globale à long terme. Mais le dispositif allemand n'a rien à envier à son homologue japonais. Ainsi, écrit encore Jean Pichot-Duclos, la liste des vingt questions sur la concurrence que doit se poser le chef d'entreprise allemand est dérivée directement du questionnaire utilisé par le général Gehlen durant la Seconde Guerre mondiale à propos du complexe militaro-industriel soviétique.

Beaucoup de professionnels du renseignement se sont donc aujourd'hui reconvertis et sont passés du militaire à l'économique, depuis que l'affrontement idéologique et militaire entre l'Est et l'Ouest s'est transformé en un affrontement général au plan commercial. Mais, en plus, on trouve désormais sur le marché nombre de "gadgets" qui avaient été mis au point par les services de renseignements et de sécurité des Etats.

Hong Kong est devenu une sorte de modèle réduit de ce qui se passe de manière plus diffuse ailleurs. La concentration des entreprises internationales favorise l'espionnage. Et les magasins de la ville proposent toute la panoplie du parfait James Bond de cette fin de siècle. Systèmes d'écoute à distance, matériel pour se brancher sur une ligne téléphonique, micro-caméras sont ainsi en vente libre. Y compris dans les boutiques hors taxes de l'aéroport Kai Tak, et pour des prix tout à fait modiques. Autant de matériels qui peuvent être utilisés par le jeune stagiaire, le visiteur d'une entreprise ou le participant à un colloque international. Aux employés, aux ingénieurs, aux techniciens d'en être conscients et d'agir en conséquence. C'est-à-dire de se montrer avares des renseignements confidentiels qu'ils détiennent et qui constituent la véritable richesse des organismes et sociétés qui les emploient.

Quelle France dans l'Europe verte?

PAR DIDIER DUBRANA ET JÉRÔME STRAZZULLA

Dans une interview accordée à *Science & Vie* (p. 114), le ministre de l'Environnement, Michel Barnier, s'engage à relancer les énergies renouvelables, propose un partenariat avec les pays de l'Est pour diminuer le risque nucléaire et souligne la concurrence déloyale des camions face aux trains. L'environnement est un enjeu



ÉNERGIE

La France, centrale nucléaire de l'Europe
p. 108

important des prochaines

élections européennes. Les décisions prises à Bruxelles et Strasbourg relatives à l'énergie, aux transports ou à la forêt engagent la politique environnementale des Douze pour le siècle à venir.
Mais qui décide, et avec quels moyens ? ▶

Dessins JSI



TRANSPORTS

La bataille du rail

p. 110

FORÊT
Le patrimoine en friche
p. 112



La France, centrale nucléaire de l'Europe



La menace d'accident nucléaire en Europe de l'Est se confirme tandis que la France s'achemine vers l'obtention du monopole de l'énergie nucléaire dans l'Europe des Douze.

Cinq ans après l'effondrement de l'ex-empire soviétique, rien – ou très peu – n'a été fait pour désamorcer les bombes nucléaires que représentent les centrales nucléaires de l'Est. En revanche, en matière de politique énergétique intérieure (comment sera produite l'électricité de demain, pour les Douze ou les Quinze), une perspective se dessine lentement. La France a toutes les chances d'y jouer un rôle clé. Elle devient le seul pays d'Europe de l'Ouest où l'opinion publique autorise la poursuite, voire le développement, d'un programme nucléaire. Le rêve de certains est en passe de se concrétiser : l'Hexagone, îlot atomique au cœur d'une Europe anti-nucléaire, producteur et exportateur d'électricité.

L'étranger, d'abord. Pour la seule année 1993, les règles de sécurité nucléaire ont été violées vingt mille fois dans les seules centrales russes⁽¹⁾. Le fait qu'il n'y ait eu aucun incident grave (connu) tient du miracle... La situation n'est pas plus sympathique en Ukraine, où le Parlement a décidé en octobre 1993 la poursuite de l'activité de la centrale de Tchernobyl. «Huit ans après la catastrophe de Tchernobyl, les problèmes sur ce site continuent de s'aggraver», ont déclaré Philippe Vesseron, directeur de l'IPSN (Institut de protection et de sûreté nucléaire) et son homologue allemand (du Gesellschaft für Anlagen und Reaktor-Sicherheit)⁽²⁾. Il y a longtemps que tous les spécialistes européens répètent qu'aucune amélioration de la sûreté n'est possible pour Tchernobyl... sauf sa fermeture.

En Allemagne de l'Est, la vétuste centrale de Greifswald a été fermée lors de la réunification, et la centrale bulgare de Kozloduy a été suffisamment bricolée pour que sa remise à niveau satisfasse

l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique). Mais, sur les 56 réacteurs en service dans les 15 centrales des ex-pays soviétiques, une vingtaine sont dans un état catastrophique⁽³⁾.

Même si l'Europe s'était avérée fonctionnelle, les réticences des pays concernés auraient suffi à compliquer la tâche. En Ukraine et en Russie, le nucléaire civil est étroitement imbriqué dans la filière militaire, ce qui complique l'accès des experts occidentaux. De plus, «une culture de sûreté nucléaire, outre son prix, ne peut s'installer que dans le cadre d'un pouvoir politique stable», explique André-Claude Lacoste, responsable de la Direction de la sûreté des installations nucléaires (DSIN). Ce qui n'est guère le cas au-delà des frontières polonaises. Mais les caractéristiques des pays de l'Est n'expliquent pas tout. L'Europe s'est, de plus, révélée inefficace. Soucieuse d'éviter une compétition économique entre industriels de l'atome, les Européens ont décidé que la Commission bruxelloise régirait l'attribution de chaque chantier de l'Est, en fonction d'une procédure d'appel d'offres. L'argent a afflué, mais il s'est révélé si complexe de le débloquer que les dirigeants d'Europe de l'Est ont compris que la bureaucratie du COMECON n'était rien auprès du cauchemar bruxellois.

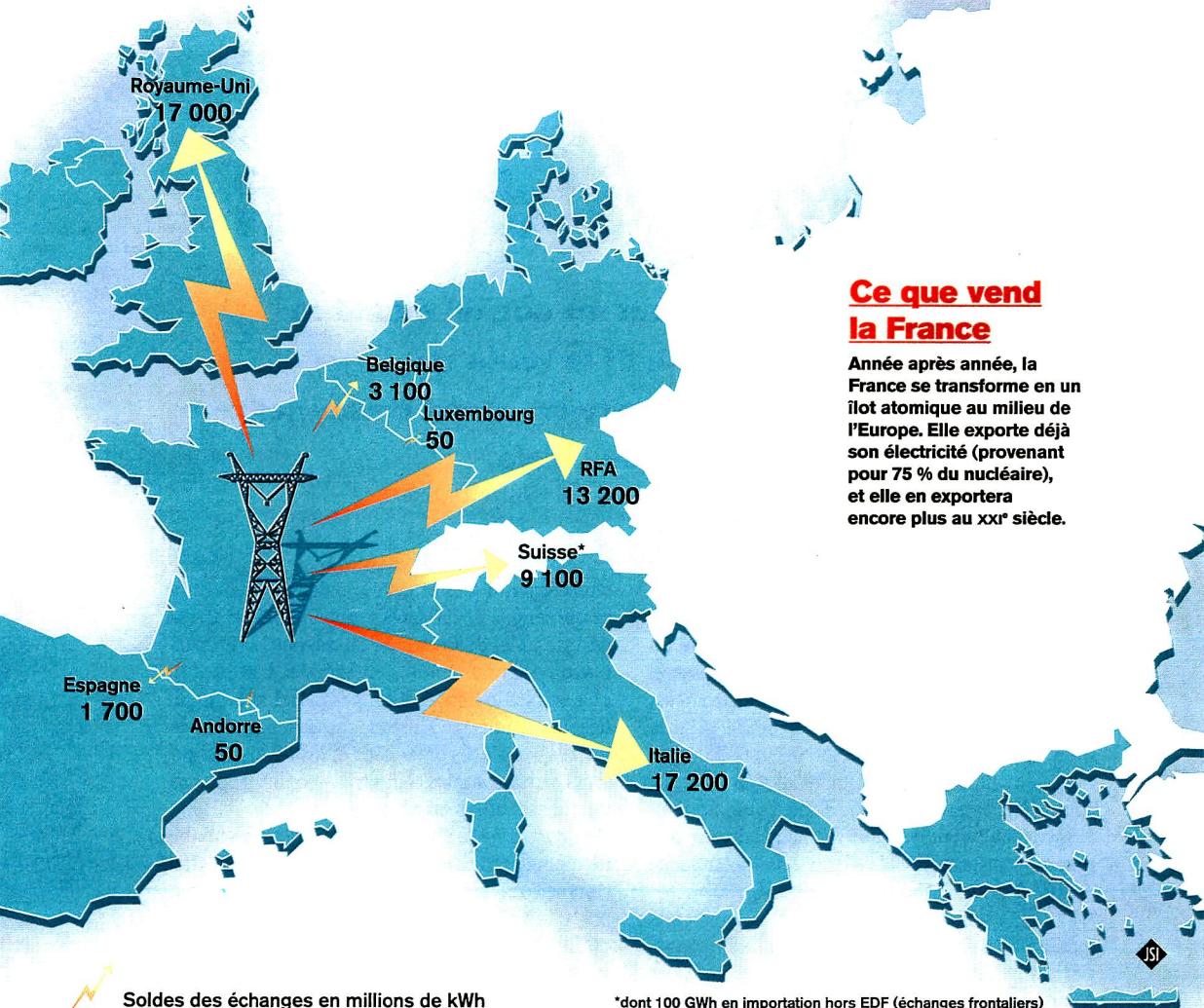
La sévérité de ce bilan (qui expose le continent au risque d'un second Tchernobyl) contraint aujourd'hui à abandonner l'échelle bruxelloise pour passer à celle des pays occidentaux riches. Le prochain sommet du G7 (en juillet 1994) devrait, pour la première fois, publier un volet sur la sûreté nucléaire à l'Est. Les investissements minimaux sont évalués à 160 milliards de francs.

La politique énergétique intérieure, en revanche,

(1) Rapport du président du comité d'Etat d'inspection nucléaire Iouri Vichnevski, publié le 15 février 1994.

(2) Communication au Parlement européen de Strasbourg, 21 avril 1994.

(3) Centrales de Sosnovy Bor, Koursk, Ignalina, Tchernobyl, Smolensk et Kola. Sources : AIEA et IPSN, 1992 et 1993.



Soldes des échanges en millions de kWh

*dont 100 GWh en importation hors EDF (échanges frontaliers)

JSI

se construit à bas bruit. Quelques chiffres : les besoins énergétiques devraient passer, pour l'Europe de l'Ouest, de 1,24 milliards de TEP (tonnes équivalent pétrole) à 1,57 milliards de TEP en 2020. Reste à définir quelles sources d'énergie satisferont ce surplus de consommation prévue. La part du pétrole chuterait de 44 à 32 %, celle du gaz grimperait de 17 à 22 %, les énergies renouvelables (solaire, éolienne, etc.) plafonneraient à 6 %. Enfin, le nucléaire grimperait de 15 à 20 %, même si la Grande-Bretagne et l'Allemagne, contraintes par une opinion de plus en plus réticente, ont gelé le développement de leurs programmes.

L'Allemagne fait traiter ses déchets par la France et a décidé de ne plus maîtriser toute la chaîne industrielle de l'atome. Il ne reste plus outre-Rhin que la perspective du réacteur du futur, le REP. S'il voit le jour, il sera franco-allemand. Le moratoire espagnol a figé depuis 1983 les velléités des ingénieurs de l'atome. Le seul souci, outre-Pyrénées, consiste à maintenir en état quatre centrales vieillissantes (de la fin des années soixante-dix). L'Italie a

pour sa part décidé d'abandonner le nucléaire civil. Les deux ou trois centrales scandinaves font, elles aussi, l'objet d'un moratoire sans cesse reconduit.

Reste la France, qui vend déjà de l'électricité à l'Italie, aide à l'entretien des centrales espagnoles et traite les déchets allemands. Son programme nucléaire des années soixante-dix, qui consistait à se doter d'une autonomie énergétique, est accompli : 75 % de la production d'électricité est d'origine atomique. La seconde phase peut donc s'ouvrir : jouer en Europe le rôle d'un émirat nucléaire. Rien ne pouvait se faire si le monopole EDF avait été démantelé par l'ouverture du libre marché des Douze. Mais la Commission européenne vient de mettre un frein à la dérégulation économique, comme l'atteste le rapport du Belge Claude Desama en novembre 1993. Les grands monopoles sont saufs. EDF et toute la chaîne française de l'atome (Framatome, Cogema et CEA) peuvent désormais espérer souffler à l'oreille de l'Europe leur propre stratégie, comme ils le font depuis quarante ans à l'oreille du gouvernement français.

La bataille du rail



C'est en créant un nouvel équilibre entre le rail et la route que l'Europe sortira du grand embouteillage de cette fin de siècle.

L'Europe des transports est en pleine mutation. Les compagnies aériennes fusionnent ou agonisent. Le rail ne cesse de perdre du terrain face à la route : le parc automobile assure, en Europe, 80 % de l'ensemble des déplacements des particuliers contre seulement 6,6 % pour le train. Quant aux transports ferroviaires des marchandises, ils captent seulement 14,4 % du trafic contre 76,5 % pour la route. Enfin, l'absence d'investissements et une gestion archaïque dans le secteur du transport fluvial relègue celui-ci en queue de liste de tous les modes de transport.

Quelle est donc la politique européenne en la matière ? Le livre blanc sur la politique des transports, présenté en 1992 par la Commission des communautés européennes, affirme que son objectif final est «la création d'un nouveau marché plus largement ouvert et débarrassé de tout carcan réglementaire et des restrictions quantitatives inutiles...» Mais ce même document souligne un peu plus loin que ce développement risque de conduire «à une congestion totale des principaux axes routiers». En fait, en voulant ménager le libéralisme «pur et dur», l'Europe des Douze pourrait bien accentuer le déséquilibre chronique entre le rail et la route. Cela aura pour conséquence d'aggraver l'impact sur l'environnement des transports routiers, déjà mis à mal par le «livre vert» de la Commission européenne (avril 1992), qui déclare que «la route rejette vingt fois plus de gaz carbonique dans l'atmosphère que le rail».

Les pots d'échappement libèrent dans l'atmosphère des tonnes d'oxyde d'azote, de plomb et autres poussières en tous genres. Et il faut savoir, rappelle le livre vert que «le réseau routier occupe déjà 1,3 % de la superficie de la communauté contre 0,03 % pour le rail». Pourtant, la route, avec au premier chef les camions, reste la seule bénéficiaire de l'ouverture des frontières. Un récent rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des

choix scientifiques et technologiques (1) confirme ce qui semble d'ailleurs être une fatalité : «Ce sont désormais les processus de fabrication et de distribution qui poussent les entreprises à utiliser de plus en plus le transport routier (...). La technique des flux tendus (...) impose que les matières premières, les pièces détachées et les divers composants arrivent sur les chaînes d'assemblage au moment exact où on en a besoin.»

A contrario, le chemin de fer semble incapable de répondre à ces exigences économiques. En effet, comme l'écrit le député Paul Cholet (2) dans son rapport d'information sur le transport des marchandises en Europe, «les réseaux de chemin de fer sont pénalisés par le cloisonnement existant en Europe, avec parfois des normes incompatibles, qu'il s'agisse de l'écartement des voies, des dimensions des wagons, des vitesses admises, des rayons de courbure, etc.» Bref, il paraît aujourd'hui plus facile de construire de nouvelles autoroutes que d'harmoniser une politique ferroviaire à l'échelle européenne.

Un schéma directeur des routes et des autoroutes prévoit l'établissement et la mise aux normes européennes d'un réseau routier d'environ 55 000 km de liaisons transeuropéennes comprenant 12 000 km d'autoroutes. En France, le Premier Ministre vient ainsi d'annoncer une relance du programme autoroutier. «Il faudra construire de nouvelles voies routières et autoroutières (...), cela parfois en s'opposant à une partie des populations concernées», analyse l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Le choix du ministre de l'Environnement, Michel Barnier, de construire un tunnel routier sous le col du Somport, dans les Pyrénées, qui transformera la vallée d'Aspe en véritable couloir à camions, atteste bien de cette politique du «tout-bitume»...

Quant on sait que, dans six ans, 50 % des camions rouleront sur autoroute (ils sont aujourd'hui 37 %), l'augmentation du nombre d'accidents et de



(1) *Rapport sur les réponses offertes par les nouvelles technologies de transport aux problèmes de saturation des axes nord/sud*, par Jean-Marie Demange (député) et Pierre Vallon (sénateur).

(2) *Le Transport des marchandises en Europe : sortir de l'impasse*, par Paul Chollet.



Le réseau de l'avenir ?

Le transport combiné, qui réconcile la route et le rail (par exemple, en permettant le transport des camions sur des wagons), existe en théorie... Mais, en pratique, il dépend de la volonté politique de freiner l'expansion de la route.

Belgrade

JSI

bouchons risque d'aboutir au rejet du camion par la population, comme c'est, dès à présent, le cas en Suisse et en Autriche. Les Helvètes viennent en effet de se prononcer (référendum populaire de février 1994) contre le transit des camions par la Suisse. Il faudra que les poids lourds embarquent sur le train – c'est le "ferrotage" – pour traverser la Suisse. Quant aux Autrichiens, ils ont instauré un système "d'écopoint" qui est une sorte de laissez-passer écologique. Seuls pénétreront sur leur territoire les véhicules les moins polluants.

Mais sous ces décisions brutales, quel est le message des Suisses ? En fait, ils proposent de développer ce qu'on appelle le "transport combiné", une solution qui consiste à embarquer sur des wagons de chemin de fer classiques le conteneur, la remorque seule ou même la remorque avec son tracteur. Mais "l'affaire suisse" permettra peut-être de concrétiser enfin le schéma directeur du réseau de transport combiné, approuvé par le Conseil des communautés européennes en octobre dernier

(voir carte ci-dessus). Ce projet titanique, qui prévoit d'aménager les gares européennes pour qu'elles puissent accueillir les poids lourds, n'a qu'un seul défaut, il coûte cher. Mais il s'agirait d'une étape vers l'émergence des plates-formes multimodales de transport (route-rail) qui seront les nouveaux noeuds de communication du XXI^e siècle. Les passagers, comme les marchandises, passeront ainsi d'un système de transport à l'autre. Dans un deuxième temps, les plates-formes multimodales réuniront les trois modes de transport puisque les gares seront reliées aux aéroports grâce à l'arrivée directe des trains à grande vitesse.

L'avenir de l'Europe des transports passe donc par le rail. Mais la Communauté est-elle prête à s'opposer au lobby des camionneurs ? Les grèves qui ont paralysé la France durant l'été 1992 en disent long sur leur pouvoir de persuasion ! Autant de considérations qui devront être prises en compte avant que la congestion du trafic routier ne finisse par asphyxier des régions entières.

Le patrimoine en friche



**Revaloriser la forêt tout en préservant
sa biodiversité, tel est
l'enjeu d'un programme forestier
européen encore embryonnaire.**

La forêt européenne existe-t-elle ?

Sur la carte et dans les chiffres, le doute n'est pas permis. Soixante-douze millions d'hectares de surface boisée (dont plus de la moitié en forêt dense) nous permettent d'entretenir le culte du temps des Gaulois, même si la plupart des forêts européennes datent au mieux du XIX^e siècle. Un véritable patrimoine, qu'une économie du bois hésitante, des incendies de forêt, la pollution industrielle et ses pluies acides, ou tout simplement l'urbanisation, ont longtemps menacé.

La forêt européenne, bien entendu, méconnaît les frontières nationales. L'actuelle graphiose de l'orme, par exemple, apparue dans les années soixante-dix, a décliné 99,9 % des ormes chênes d'Europe de l'Ouest, sans discernement. Idéalement, l'espace européen est donc une chance pour les arbres. Les forêts sont dépendantes des barrières naturelles, le relief et le climat : les problèmes des résineux et feuillus de l'Alsace rhénane s'apparentent plus avec ceux de leurs voisins allemands ou autrichiens qu'avec ceux de la forêt du Var. De même, cette dernière vit les mêmes contraintes méditerranéennes (dont le feu) que les forêts italiennes, grecques ou espagnoles.

Après ce siècle de désertification rurale, incendies de forêt, industrialisation et urbanisation, chacun songe désormais à dessiner la forêt européenne du XX^e siècle. Le drapeau étoilé des Douze offre donc, théoriquement, un atout. Il permettrait de donner aux régions européennes une dimension que les nations interdisent. Mais l'enthousiasme retombe face aux réalités : pour un homme politique, le long terme va au plus jusqu'à cinq ans. Or, «pour un arbre, vingt-cinq ans, c'est le court terme», résume Georges Touzet, directeur général de l'Office national des forêts. L'Europe n'a pas failli à ce désintérêt des politocrates pour leurs arbres. Le

traité de Rome ne comportait pas un mot sur la forêt⁽¹⁾. Elle ne fut citée que par défaut, au détour de questions sur la politique agricole, l'environnement ou le développement rural.

Les choses ont commencé à changer au milieu des années quatre-vingts. La chute du Mur, les discussions sur l'entrée de la Scandinavie (royaume de la forêt industrielle), la sensibilisation européenne à l'écologie, et, enfin, les très grands incendies méditerranéens des étés 1988-1989-1990 ont fait entrer les feuillus et résineux dans les dossiers européens. En 1986 se tenait la conférence Silva, puis deux conférences ministérielles européennes se sont réunies en 1990 à Strasbourg et en 1993, à Helsinki, avec pour seul prétexte la forêt ; enfin, le sommet de Rio accorda en 1992 de larges intentions à la forêt. L'Europe a commencé par faire au plus simple : donner de l'argent. Un milliard d'écus est parti pour des opérations forestières diverses dans les dix dernières années. Du programme Deforpa⁽²⁾ au soutien de lamasseries dans le Sud de la France (pour aider au défrichage), une petite pluie budgétaire a précédé les premières intentions politiques. Et l'on en vient au tournant actuel : le premier programme stratégique forestier global vient tout juste d'être publié⁽³⁾. Il milite, en particulier, pour l'élaboration d'une politique forestière communautaire (PFC), qui serait à la forêt ce que la PAC est à l'agriculture. A quelques détails près.

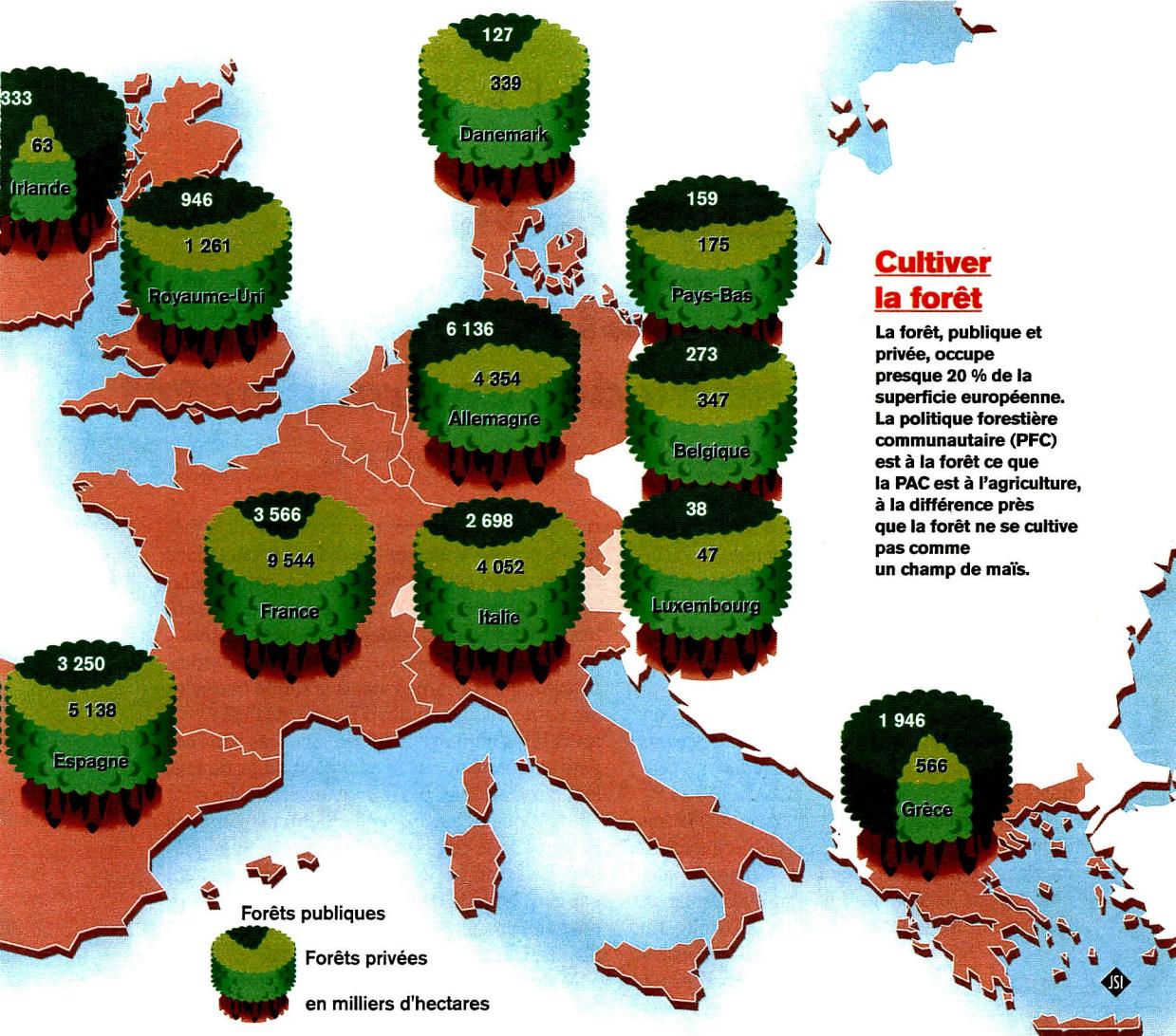
Qu'en ressort-il ? On parle de créer une cellule forestière, qui donnerait les axes d'une politique à long terme. Il s'agit de réaménager tout le territoire européen (comment, par exemple, reboiser les friches consécutives à la PAC ?), d'aider au maintien de la biodiversité, et surtout de stimuler la recherche sur les écosystèmes forestiers.

Mais il faut rappeler qu'aucun scientifique ne sait encore comprendre et décrire la façon dont

(1) Rapport de la Commission des communautés européennes : stratégie et action de la Communauté dans le secteur forestier, COM (88) 255, 1988.

(2) Recherche sur le dépréisement forestier attribué à la pollution atmosphérique, commencé en 1985. Résultats globaux prévus en 2021.





Cultiver la forêt

La forêt, publique et privée, occupe presque 20 % de la superficie européenne. La politique forestière communautaire (PFC) est à la forêt ce que la PAC est à l'agriculture, à la différence près que la forêt ne se cultive pas comme un champ de maïs.

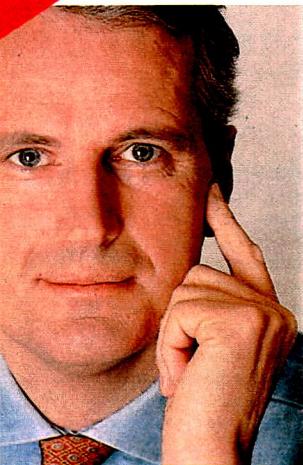
s'agencent les vies à l'intérieur d'une forêt, réputée, à juste titre, comme étant la structure écologique la plus complexe au monde. Et, dans le cadre d'une hypothétique politique forestière commune, les Européens auront donc un mal fou à éviter de considérer exclusivement la forêt sous son angle économique : 24 000 entreprises, deux millions et demi d'emplois, 3 % du PIB et de gros soucis financiers pour les dix ans qui viennent. Tous les reboisements effectués depuis la dernière guerre sont maintenant à maturité, les pays scandinaves font leur entrée dans le club des Douze, et les pays d'Europe de l'Est bradent leurs bois...

Les arbres sont exploitables, soit. Outre le bois d'œuvre, le carton et le papier, on peut faire du bouchon (avec le liège des chênes du même nom ; le Portugal est numéro un européen en la matière), du formol, de l'acide acétique, du méthanol ou des arômes naturels. Indirectement, les forêts entrent aussi dans une multitude d'autres secteurs

économiques (miel, champignons, chasse, etc.). Mais rien n'y fait : en 1993 encore, la forêt européenne était déficitaire de 20 milliards d'écus. Et, surtout, une politique forestière commune, à la différence de l'agricole qui additionne ou soustrait des tonnages et volumes de pommes, vaches ou beurre, ne peut se résumer à des bilans financiers. La forêt est aussi un patrimoine. La naissance des métiers verts ou la revalorisation de celui de garde-forestier ne sont que les témoins d'une modification profonde de la nouvelle valeur sociale de la forêt. Les Européens se sont attachés à leurs arbres. En France seulement, dix millions de visiteurs cheminent désormais chaque année dans la seule forêt de Fontainebleau.

Pour que se produise la naissance annoncée de ce premier texte d'orientation forestière communautaire, il reste aux députés de Strasbourg et à l'administration bruxelloise à traduire en lois la charge symbolique de la forêt européenne. ■

(3) Une stratégie communautaire globale dans le secteur forestier. Série agriculteur, pêche, forêts. Direction générale des études du Parlement européen. Présenté en avril 1994 à Strasbourg.



M. Pelleter/R. Melloul

Questions à Michel Barnier, ministre de l'Environnement

PROPOS RECUEILLIS PAR DIDIER DUBRANA

Science & Vie : Un vent antinucléaire souffle sur tous les pays européens, sauf sur la France. L'avenir de l'Hexagone se résume-t-il à produire de l'électricité d'origine nucléaire pour ses voisins ?

Michel Barnier : Je lisais récemment, dans un journal allemand, que le pourcentage des opposants au nucléaire exigeant un arrêt immédiat des centrales à l'Ouest a régressé en un an de 32 à 24 %. La difficulté de trouver une alternative à la fois économique et écologique à cette énergie expliquerait en partie cette évolution. Je constate simplement que le débat sur l'énergie en Europe est passionné. En Suède, il porte sur le moratoire. En

Allemagne, un consensus n'a pu être trouvé pour des raisons électorales. Pour ce qui est de la France, je ne partage pas votre interprétation. Le débat sur l'énergie nous donnera l'occasion d'en parler.

La France a choisi de développer un programme électronucléaire pour maintenir son indépendance. J'y suis favorable, mais, vingt ans après, il est bien d'en faire un bilan objectif, sans complaisance. Nous devons réfléchir à son impact sur l'environnement. Je pense notamment au traitement des déchets nucléaires. Je souhaite aussi – peut-être à travers une loi sur la sûreté nucléaire – plus de transparence et un meilleur contrôle du Parlement.

Le débat sur l'énergie pourrait d'ailleurs aboutir sur des mesures législatives visant à encourager le développement des énergies renouvelables, qui ont aujourd'hui atteint leur maturité technologique. Les énergies renouvelables représentent de 10 % à 15 % de la production d'énergie, mais elles ne sont pas exploitées au maximum de leur capa-

cité. Et puis, ces énergies renouvelables ont le mérite de pouvoir s'adapter aux différentes situations climatiques et géographiques. Enfin, leur installation ne dénature pas le paysage. Nous avons été trop timides pour les soutenir les années passées.

S&V : Etes-vous satisfait de la politique européenne en ce qui concerne l'aide à la sûreté nucléaire aux ex-pays communistes d'Europe de l'Est ?

MB : Il y a aujourd'hui deux urgences dans ces pays : la sûreté nucléaire et la dépollution de tous les lieux concernés par le cycle nucléaire. La crise énergétique et parfois même l'ébranlement des Etats, et donc du pouvoir de contrôle, m'inquiètent. En revanche, les compétences ne manquent pas dans les pays de l'Est. Un autre problème se pose : les prix de l'énergie importée ont été multipliés en Ukraine par trente en deux ans.

Malgré cela, la première des priorités est de fermer, dans les plus brefs délais, les centrales dont on ne peut maîtriser le risque. Dès le 25 avril, alors que l'on commémore le huitième anniversaire de Tchernobyl, je me prononçais pour la fermeture urgente des réacteurs les plus anciens de type RBMK encore en activité dans cette centrale. Et puis, un deuxième sarcophage de béton doit être construit rapidement sur le réacteur ayant explosé. Je souhaiterais encourager les aides bilatérales directes. Chaque pays occidental pourrait, par exemple, parrainer un Etat de l'Est.

S&V : Le Premier Ministre a annoncé l'accélération du programme autoroutier français. On offre une prime de 5 000 F pour l'achat d'une voiture neuve. La France privilégie-t-elle la route au détriment des autres moyens de transport ?

MB : Le gouvernement a la ferme intention de se montrer plus soucieux de l'Environnement dans l'organisation des transports. C'est pourquoi le thème des transports constituera le premier sujet de

Il faut harmoniser la concurrence au sein du transport routier.

La France a choisi de développer un programme électronucléaire pour maintenir son indépendance.

réflexion de la cellule prospective que je viens de créer au sein du ministère de l'Environnement. La maîtrise de la demande en transport routier, la réduction des émissions, le développement du transport de marchandises par le chemin de fer et du transport collectif, plus respectueux de l'environnement, la maîtrise des transports urbains, les véhicules électriques ou "zéro émission", la recyclabilité des véhicules... Il est également indispensable de réfléchir, avec tous les acteurs concernés, aux différents outils à notre disposition : tarification, réglementation... La prime attribuée par l'Etat pour l'achat d'un véhicule neuf en remplacement d'une voiture de plus de dix ans a le mérite d'accélérer le renouvellement du parc automobile français, en se débarrassant des véhicules polluants et gros consommateurs de carburant. Par ailleurs, le gouvernement ne privilie pas la route au détriment du chemin de fer. Au contraire. Le développement du réseau TGV en témoigne.

S&V : Le Commissariat au Plan prévoit une congestion de l'axe nord-sud. Le "ferroutage" n'est-il pas une solution pour éviter non seulement l'engorgement, mais aussi la pollution émise par les grands axes routiers ?

MB : La combinaison chemin de fer-route, que l'on appelle le ferroutage, me paraît être un bon compromis. Je suis favorable à son développement. Pourtant, le ferroutage représente toujours un pourcentage modeste du trafic des marchandises en France malgré les aides à l'investissement consenties par l'Etat à la SNCF. Des travaux d'adaptation sont nécessaires : mise au gabarit des tunnels, réalisation de chantiers de transbordement. Et puis, ce système est rentable pour un trajet d'au moins 500 km, en dessous, les charges sont trop pénalisantes pour l'entrepreneur. Une harmonisation des conditions de concurrence au sein du transport routier apparaît indispensable. Le non-respect de la législation ou des règles de sécurité routière rendent plus compétitif ce mode de transport. Il faut continuer à réfléchir aux moyens institutionnels de développer le ferroutage communautaire. Une directive européenne a prévu, en 1991, de libéraliser le ferroutage international. Il serait nécessaire de faire le point sur son application. Je crois également en l'autoroute ferroviaire.

S&V : L'augmentation des camions multiplie les risques de mort sur la route et les risques d'accident du fait des matières dangereuses transportées. Les Français ne vont-ils pas rejeter le camion comme ont fait les Suisses et les Autrichiens ?

MB : Les Suisses, les Autrichiens et les Luxembourgeois sont réticents au transport routier de marchandises. Or, il s'agit dans les trois cas de petits pays de passage. Ce rejet n'est pas encore

partagé par les autres Etats de la CEE. Mais je suis persuadé que le laisser-faire pourrait entraîner un rejet massif du transport routier de marchandises dans les zones les plus exposées au trafic de transit. Je pense à l'axe nord-sud. Mais aussi à nos vallées alpines qui ne doivent pas devenir des exutoires à camions. De plus, les populations acceptent de plus en plus mal l'insécurité, le bruit, ainsi que le cortège de pollutions atmosphériques qui accompagnent un développement excessif des transports routiers. Cette asphyxie progressive, si elle s'accentue, est contraire à l'environnement mais aussi à l'intérêt du transport routier lui-même. Rien ne sert de diaboliser le transport routier de marchandises, dont l'une des premières qualités demeure la souplesse. Ce dossier des grandes infrastructures européennes de transport, de leur impact pour l'environnement, de leur sécurité, de leur fluidité, sera l'un des principaux défis pour le prochain président de la République.

S&V : L'Europe forestière est en friche. Les Suédois et les Espagnols, les Britanniques et les Français peuvent-ils s'entendre sur une stratégie concertée au sujet du patrimoine forestier ?

MB : L'activité des Douze et de l'ensemble des pays du continent européen a été relativement importante au cours de ces dernières années. Ainsi, l'Union a adopté, dans le cadre de la politique agricole commune, de la politique communautaire de l'Environnement ou de la politique européenne d'équilibrage des régions, certains règlements ou directives qui ont un impact direct sur les forêts des Etats membres.

Par ailleurs, en juin 1992, conformément à la décision du Conseil des chefs d'Etat et de gouvernement de la CEE prise à Lisbonne, les douze Etats de la Communauté se sont engagés à élaborer et à mettre en œuvre des principes forestiers adoptés à Rio. Il s'agit d'une première mondiale. Sur le plan paneuropéen, la Finlande et la France sont à l'origine, depuis 1989, d'un processus forestier. Les deux pays ont convoqué à Strasbourg, en décembre 1990, la première conférence ministérielle sur la protection des forêts en Europe. La seconde conférence ministérielle s'est tenue à Helsinki en juin 1993, seulement un an après le sommet de la Terre. Elle est la première à avoir mis en œuvre des principes forestiers. Il n'existe pas encore de politique forestière communautaire, le manque d'harmonisation des règlements, des systèmes d'aide publique et des régimes fiscaux au sein des Douze rend difficile une action commune. ■

Il n'existe pas encore de politique forestière communautaire.

La mer à bout de souffle

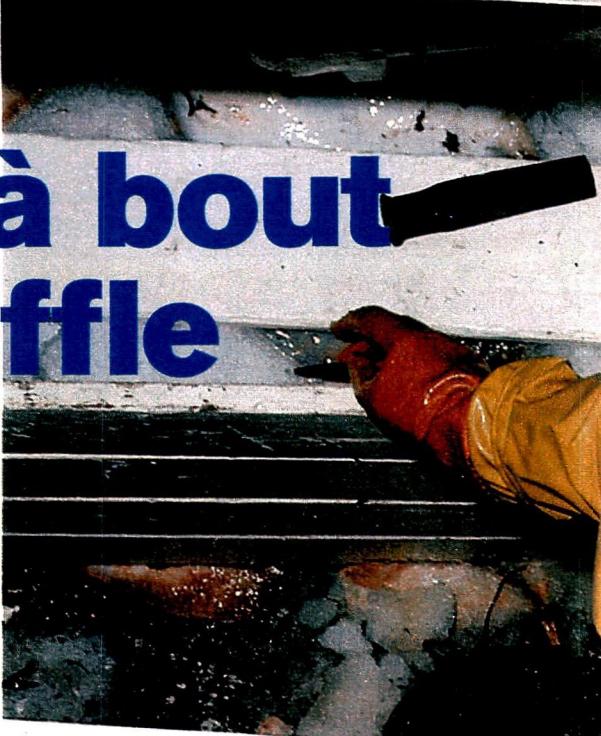
Trop de pêcheurs et trop de perfectionnements techniques sur leurs bateaux : le poisson rend les armes. Ou bien l'on y remédié, ou bien l'heure de la dernière morue sera proche.

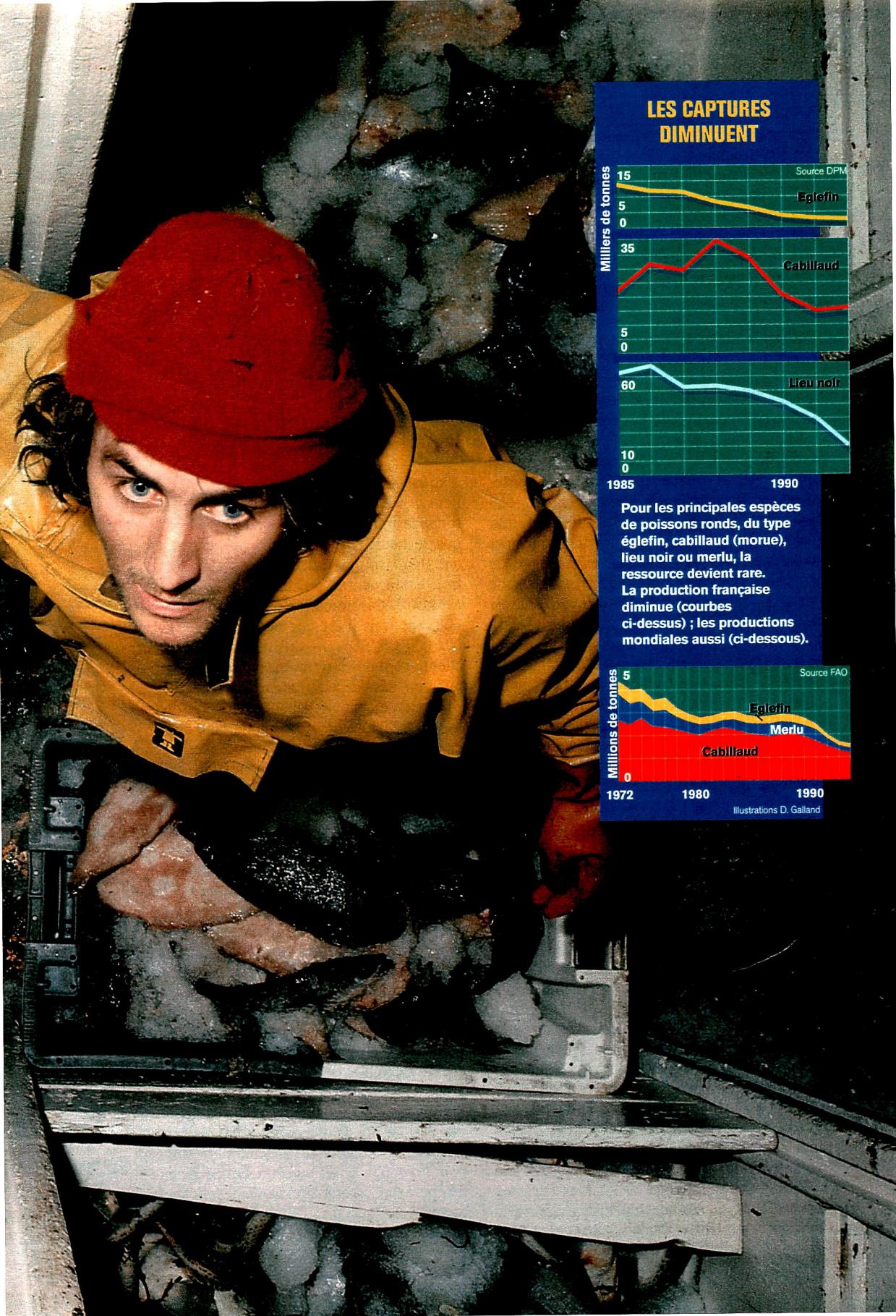
PAR MARIE-LAURE MOINET

Cette année, la France a pêché tout son "quota" d'anchois (3 000 tonnes), dans le golfe de Gascogne, avant le 21 mars. En d'autres termes, depuis ce jour, les Français fraudent lorsqu'ils vont pêcher ce petit poisson pélagique (qui vit entre deux eaux). Et ils "volent" le poisson aux Espagnols, qui, eux, ont droit à 27 000 t d'anchois dans cette zone. Car, pour une vingtaine d'espèces (¹), la pêche est plafonnée depuis Bruxelles. Le quota, c'est la part revenant à chaque pays membre d'un total admissible de captures, ou TAC, attribué à l'Union européenne. La répartition se fait selon une "clé" fixée lors de la création de l'Europe bleue (Europe de la mer), en 1983, en fonction des références antérieures : c'est parce que nous le pêchions peu à l'époque que nous avons eu un quota d'anchois si faible.

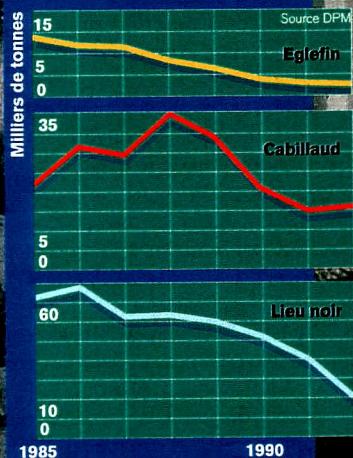
L'Union européenne ne reçoit elle-même qu'une part d'un TAC global réparti entre les différents propriétaires des eaux du Nord-Est atlantique : Union européenne, Norvège, Suède, îles Féroé, Groenland, Russie (²). Les montants de ces

► M.C. Nguyen/Sea and see

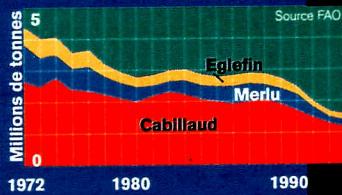




LES CAPTURES DIMINUENT



Pour les principales espèces de poissons ronds, du type églefin, cabillaud (morue), lieu noir ou merlu, la ressource devient rare. La production française diminue (courbes ci-dessus) ; les productions mondiales aussi (ci-dessous).



Illustrations D. Galland

suite de la page 116

TAC, fixés par année, résultent d'après négociations politiques, qui s'éloignent plus ou moins des avis de la Commission internationale pour l'exploration de la mer (CIEM). Ce forum scientifique réunit vingt groupes de biologistes qui analysent l'évolution des stocks par espèce (hareng, merlan, sole, etc.) et par secteur géographique (les eaux sont virtuellement quadrillées par le CIEM). La Commission de Bruxelles s'appuie sur leur diagnostic et sur celui de son propre comité scientifique et technique pour proposer des règlements : TAC, taille minimale du poisson capturé, taille minimale des mailles du filet et du "cul" du chalut (la poche terminale qui retient le poisson piégé dans sa "gueule", à quelques dizaines de mètres devant), limitation d'accès aux lieux de pêche.

La Commission propose, le Conseil des ministres dispose. Les TAC et les quotas sont en effet une monnaie d'échange rêvée. Pour compenser des quotas trop réduits sur une espèce ou trop élevés sur une autre, les pays, ou les différents ports, font du troc. Les Espagnols nous refilent quelques milliers de tonnes d'anchois en échange de quelques centaines de tonnes de merlu, un poisson démersal (qui nage près du fond), ou de baudroie (lotte), un poisson benthique (qui vit sur le fond). Pour cette dernière, en Atlantique, nous ne pêchons (3) que les deux tiers de notre quota – 4 480 t en 1994 –, alors que l'Espagne, avec 810 t, est rapidement en manque (de quota). Mais le fret aérien revient moins cher que la filière française du poisson frais. Ainsi, 50 % des baudroies, dont le consommateur ne voit à l'étal des poissonniers que la queue (leur tête circulaire avec une bouche énorme le ferait fuir), arrivent aujourd'hui congelées, notamment des Etats-Unis.

Les importations sont, selon les pêcheurs, la source principale de la crise qu'ils traversent depuis deux ans. Mais peut-on les éviter ? La Communauté ne parvient pas à pêcher la moitié des produits de la mer qu'elle consomme. Et, en France, on boude le poisson frais et entier, très diversifié, débarqué sur nos côtes, et on adore le filet et le surgelé, à base de poissons en majorité importés (voir page ci-contre).

Roi de la consommation en frais, le saumon est 100 % importé et vendu toute l'année à 40 F le kg en moyenne dans les grandes surfaces : un prix plancher, semble-t-il, vu le nombre de salmonicultures norvégiennes qui ne sont plus rentables ! Nos importations ont doublé entre 1985 et 1992, elles atteignent 88 000 t. Bien sûr, on en transforme et en réexporte une partie, mais quand on ajoute à ce saumon les soles tropicales, les lottes américaines, les cabillauds (ou morues) du Pacifique, le merlu du Chili, le merlan scandinave, le bar et le turbot



Jérigan

Decour/REA

d'aquaculture grecs et italiens... près de la moitié du tonnage frais débarqué par nos pêcheurs (310 000 t par an, thon tropical excepté) trouve difficilement preneur, car notre consommation de poissons frais n'est que de 202 000 t. L'Espagne et l'Italie, nos meilleurs clients, sont devenus moins intéressants depuis qu'ils ont dévalué leurs monnaies !

Heureusement, les débouchés du poisson frais français sont sans doute plus importants que ne le laissent entendre les statistiques. Celles-ci ignorent, en effet, le poids de la restauration commerciale ; et celui de la restauration hors foyer, estimé à 28 %, est biaisé, car il prend en compte l'ensemble des produits de la mer frais et surgelés (4). De plus, à l'amont de la filière, elle-même très complexe, on connaît mal les différents "métiers", caractérisés par le lieu et la saison de pêche, l'engin (filet, chalut ou autre), la durée de la sortie en mer, qui va de quelques heures pour la petite pêche côtière à quatorze jours (poisson réfrigéré en cage) ou deux mois (navires-surgélateurs)... Seuls les deux tiers des débarquements sont aujourd'hui commercialisés par les criées, avec documents statistiques à l'appui et détail des tailles marchandes. Le reste a son propre circuit d'écoulement, marché de proximité pour la petite pêche, contrats avec les industriels pour la grande pêche.

Revers de la médaille, la pêche est trois fois moins aidée par l'Europe proportionnellement à son chiffre d'affaires que l'agriculture, notamment pour le soutien de ses marchés. Les pêcheurs adhérents à une organisation participent financièrement au stockage ou à l'élimination, au "prix de retrait", du poisson dont le cours chute trop ; en

(1) Cabillaud, églefin, lieu noir, lieu jaune, merlan, merlu, pie, sole, cardine, baudroie, langoustine, sprat, tacaud norvégien, merlan bleu, maquereau, chinchar, anchois, hareng, crevette *Penaeus*, crevette nordique.

(2) Chacun a droit à une zone économique exclusive de 200 milles (1 mille = 1,853 km). Souvent, ces ZEE se chevauchent.

(3) Zones sud Bretagne, centre et sud Gascogne.

(4) 733 000 t de crustacés, mollusques et coquillages consommés en 1993. Les chiffres sur le marché sont du FIOM (Fonds d'intervention et d'organisation du marché des produits de la mer).



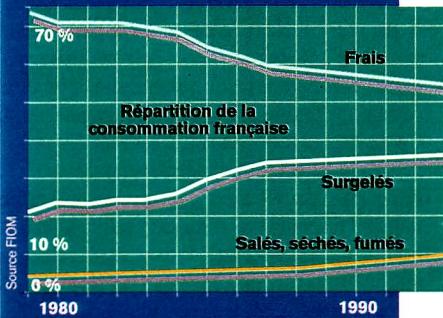
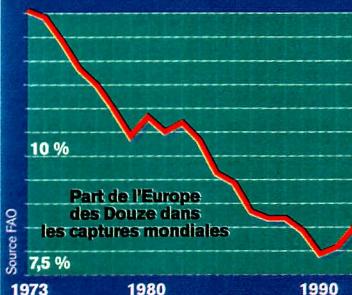
L'internationale de la pêche

Le cours du poisson est désormais mondial ; il ne se fait plus sous nos 42 criées (ci-dessus, celle de Boulogne), où, aujourd'hui, seuls les deux tiers des poissons frais de nos côtes commencent leur circuit commercial. Signe des temps, la criée de Saint-Nazaire a dû fermer ses portes. Le poisson fileté et surgelé en mer (ci-dessus, à gauche) approvisionne directement l'industrie.

février 1994, jusqu'à 25 % du poisson rapporté restait sur le carreau, que les espèces soient "nobles", comme la sole, la baudroie, la plie (ou carrelet), le lieu, ou qu'elles soient bon marché comme les poissons "bleus", les petits pélagiques, maquereau, hareng, sardine...

Le pêcheur boulonnais a ainsi vu le prix moyen de "sa" sole passer de 55 F à 33 F en quatre ans ! Le hareng valait 1,29 F le kilo en avril 1994, comme en 1952 ! Situation d'autant plus difficile à supporter que la profession est largement endettée. La France a le record, dans l'Union européenne, du poids des charges financières du bateau type de 20 mètres, dont le prix moyen a atteint 6 millions de francs : la majorité des navires de 16-25 mètres s'est en effet construite ou modernisée dans les années quatre-vingts, aidée et subventionnée par des aides publiques sur un marché qui était alors porteur. De 1988 à 1992, ce type de flottille, le plus important en effectif, a même augmenté sa puissance totale de 6 %. Alors que Bruxelles exigeait dans le même temps une diminution de la capacité de la pêche !

L'EUROPE PLONGE ET LE SURGELÉ S'IMPOSE



Le Français délaisse le poisson frais pour les surgelés, les fumés, les salés et les séchés (courbes ci-dessus). Or, ces poissons ronds des mers froides échappent à nos zones de pêche (courbe du haut). L'industrie de la conserve (thon, sardine, maquereau) est également importatrice soit de poissons, soit de produits finis.

Comble d'ironie, ces bateaux ne rapportent pas ou peu les espèces au goût du jour, les poissons ronds (merlu, lieu ou colin, cabillaud ou morue, églefin ou haddock). Le merlu "blanc" pêché en Alaska ou au Cap est congelé, alors que son cousin européen domine sur le marché du frais ; 87 % du lieu d'Alaska et du lieu noir sont importés ; 85 % du cabillaud. L'atout de la France, une diversité d'espèces d'autant plus grande que l'on va vers le sud, se retourne alors contre elle.

L'industrie de transformation réclame une offre abondante, homogène, constante de ces poissons démersaux, qui vivent dans les mers froides entre 150 et 300 m de profondeur. La pêche française en haute mer (pêche hauturière) ne suffit pas à l'approvisionner. Elle a d'abord été chassée en 1988 des bancs de Terre-Neuve par le Canada. Dans les eaux non communautaires, elle est confrontée à la concurrence des pays riverains avantageés par leur proximité : Groenland, Islande, îles Féroé, Norvège, Russie (mer de Barentz). De plus, les licences nécessaires pour y pêcher sont délivrées parcimonieusement, notamment

suite de la page 119

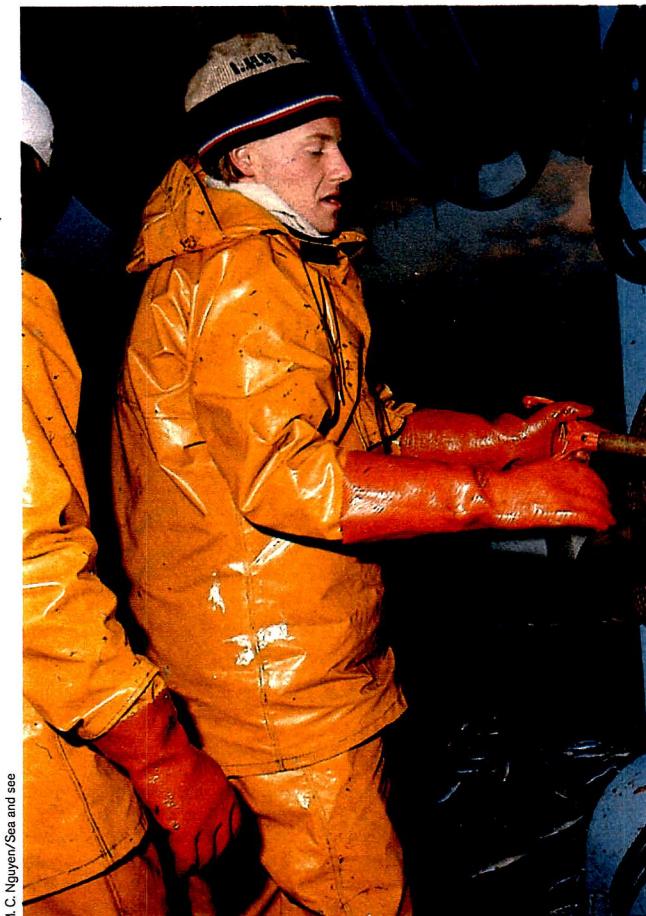
par l'Islande. Elle a donc dû se replier en grande partie sur la mer du Nord qui, grâce à la mise en commun des eaux en 1983, de britannique est devenue communautaire. Malheureusement, les stocks de poissons ronds y sont au plus bas.

Le stock reproducteur d'églefin a décliné depuis 1985, comme celui du lieu noir, passé de 400 000 t à moins de 100 000 t aujourd'hui. Celui du merlan a diminué de plus de moitié depuis 1980... Celui des cabillauds n'est plus qu'au tiers du minimum biologique souhaitable : il était de 266 000 t en 1970 et tourne autour de 60 000 t depuis 1990.

En mer du Nord, à cause de la pêche actuelle, seuls 2 ou 3 % des morues et églefins arrivent à maturité, soit de cinq à huit fois moins que dans les conditions naturelles (voir dessin page ci-contre) ! Ce qui sauve les poissons, c'est leur fécondité exceptionnelle et le fait que le devenir des œufs est indépendant de celui des parents. Les larves qui en naissent disposent de réserves vitellines avant de se nourrir par elles-mêmes. Puis elles se transforment en juvéniles qui, en rejoignant la population parentale, constituent le "recrutement" (voir courbe page ci-contre). Le recrutement est donc indépendant de la pêche, mais ce n'est pas une raison pour tester jusqu'où le nombre de géniteurs peut baisser.

C'est pourquoi, en novembre 1993, pour la quatrième année consécutive, la Commission de Bruxelles a préconisé qu'on réduise de 30 % le taux de mortalité par pêche. Les pêcheurs s'insurgent. La ressource revient, disent-ils. A Boulogne, les captures de lieu noir ont doublé en 1993. Ce répit, rétorquent les chercheurs de l'IFREMER⁽⁵⁾, vient probablement de ce que les gros navires français ont délaissé le lieu noir de la mer du Nord en 1992 pour aller au large de l'Irlande pêcher les poissons des grandes profondeurs. Là, au lieu de chaluter jusqu'à -500 m, les filets sont tirés à 1 200 m de profondeur pour capturer la lingue bleue, le grenadier, l'empereur, le siki, le sabre. Le siki est un genre de requin. L'empereur (hoplosthète) ressemble à une épaisse daurade à peau rouge. Le grenadier a des dents si acérées qu'il est nécessaire de l'éterrir dès sa sortie de l'eau. Ce sont des poissons à croissance lente, qui peuvent vivre cent ans et mettre vingt ans à atteindre leur maturité. Ces espèces, qui échappent aux quotas, sont réservées aux puissants chalutiers, capables de tirer et de remonter 3 km de câble.

Même à 500 mètres de profondeur, toutes les prises sont bonnes. Les pêcheurs gardent même aujourd'hui ce "loup de l'Atlantique" (à ne pas confondre avec le bar, appelé loup en Méditerranée), au corps allongé, à la tête forte au museau arrondi, hier jeté à cause de ses très fortes canines qui déchirent les bottes. Faits pour traiter et conge-



M. C. Nguyen/Sea and see

ler 20 t de filets par jour (soit de 40 à 50 t de poissons vifs), les navires-surgélateurs ne doivent pas être à cours de ressources. Face à des accès interdits (Terre-Neuve) ou à des zones appauvries (mer du Nord), ils ne sont plus qu'une dizaine en France...

Voilà pourquoi l'industrie du surgelé est contrainte à importer 90 % de ses besoins : cabillauds et lieus scandinaves, merlus d'Afrique du Sud et d'Amérique latine, thons d'Afrique et de Thaïlande, lieus d'Alaska et cabillauds du Pacifique, de Pologne, de Russie, de Chine... L'Union européenne, pour satisfaire l'industrie de transformation, plus puissante économiquement que la pêche, en France et, *a fortiori*, en Europe, a accepté de nombreuses dérogations aux tarifs douaniers communs. Près des deux tiers des im-

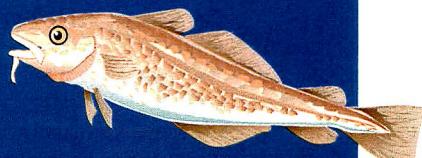
Le drame des rejets

Lorsque les pêcheurs ciblent des espèces petites, les prises d'immatures d'espèces plus grosses sont inévitables. En deçà de la taille minimale autorisée et au-delà d'un certain pourcentage du tonnage capturé, ces prises accessoires doivent être rejetées à la mer... mais elles sont déjà mortes.

(5) Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.



PLUS DE 90 % DES MORUES PÊCHÉES SONT IMMATURES...

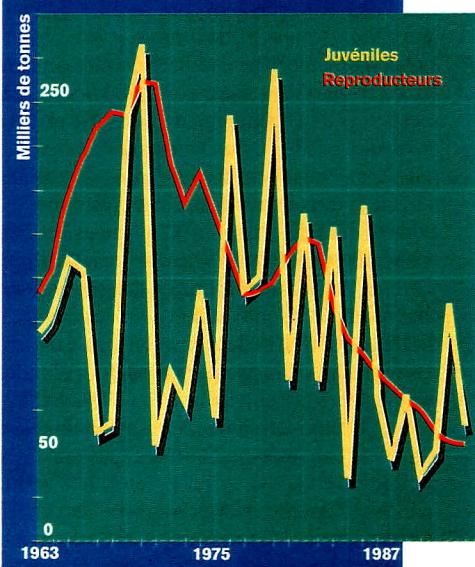


Moruelette de 2 ans
(35 cm)

Une morue peut mesurer 1,50 m et vivre vingt ans. Elle atteint sa maturité vers 4 ans. Aujourd'hui, en mer du Nord, son espérance de vie est inférieure à deux ans. Le maillage réglementaire le plus sévère, 100 mm, permet la capture des moruettes de 35 cm.

... LA MER EST-ELLE INÉPUISABLE ?

Un poisson, lors d'une ponte, émet des milliers, voire des millions d'œufs. Après sélection par le milieu ambiant, le nombre de juvéniles (le recrutement) qui rejoint le stock des poissons susceptibles d'être pêchés est très variable d'une année à l'autre. Ses fluctuations masquent la diminution dramatique du stock des géniteurs.



portations communautaires arrivent avec des droits de douane nuls ou inférieurs à 5 %, les uns en fonction de la convention de Lomé avec les pays Afrique-Caraïbes-Pacifique (ACP), d'autres en vertu d'accords antidrogues (Amérique latine), d'autres encore parce qu'ils font partie de l'Espace économique européen (EEE). Voilà pourquoi le cours des importations des captures est si bas...

Ainsi, le cabillaud a beau devenir rare dans Atlantique et en mer du Nord, son cours a chuté de 33 % de 1992 à 1993. Car le stock en mer de Barentz, au nord de la Russie, est florissant (après une gestion draconienne qui y a limité la pêche), et les circuits d'importation vers l'Union européenne via la Norvège ou le Danemark, plutôt secrets... Le pêcheur français, côteiro ou hauturier, ne fait donc plus de profit sur notre bien commun. Qui ne se désole de voir un métier aussi rude si mal rémunéré ? Cependant, les économistes des pêches insistent : la crise est structurelle. Les bateaux sont devenus trop nombreux, trop puissants, trop performants. Ils pêchent déjà, chaque année, tout le poisson qu'ils

suite de la page 121

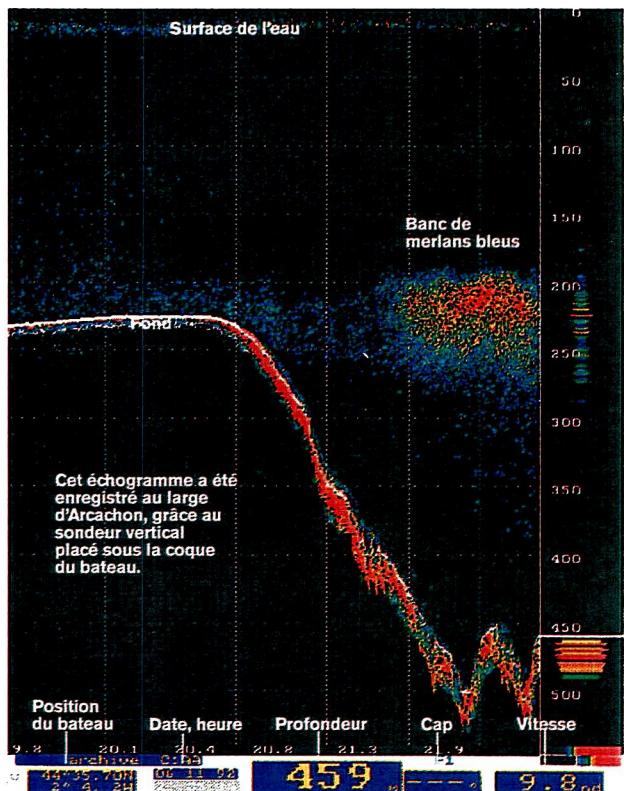
peuvent (voir courbe page précédente).

Même réduites d'un tiers, les flottes de l'Union européenne, de l'Islande et de la Norvège pêcheraient autant de poisson qu'aujourd'hui. Pour en arriver à cette conclusion, les scientifiques ont leurs propres campagnes en mer et font appel à une poignée d'enquêteurs (quinze pour toute la France !) qui croisent les statistiques des criées avec les "log-books" (6). Ils en déduisent l'âge des captures, la biomasse du stock, celle des géniteurs et l'indice de mortalité. Tâche ambitieuse. Ils avouent une marge d'incertitude, parlent en termes de risques. Mais ils sont formels : on pêche la même quantité qu'hier, mais cela représente une proportion beaucoup plus importante du stock.

Les mesures techniques actuelles (TAC, mailles minimales...) sont insuffisantes, faciles à contourner, difficiles à contrôler. Par exemple, il n'y a pas de frontière pour le poisson entre la Manche et la mer du Nord. Mais le pêcheur lui, doit changer ses filets car, s'il a le droit de pêcher le merlan avec une maille de 80 mm en Manche, ce minimum est de 90 mm en mer du Nord ! Bonne raison pour aller plutôt en Manche ! D'autre part, elles sont adaptées à des pêches ciblées, "monospécifiques". Or, plus on va vers le sud, plus on prend d'espèces différentes dans un même filet : des morulettes et des églefins avec le merlan, du merlu avec la langoustine, etc. Avec une maille de 90 mm pour le merlan, on prend forcément des morues immatures. Mais avec les mailles de 130 mm à 155 mm réglementaires au nord de l'Ecosse, nos pêcheurs reviendraient bredouilles.

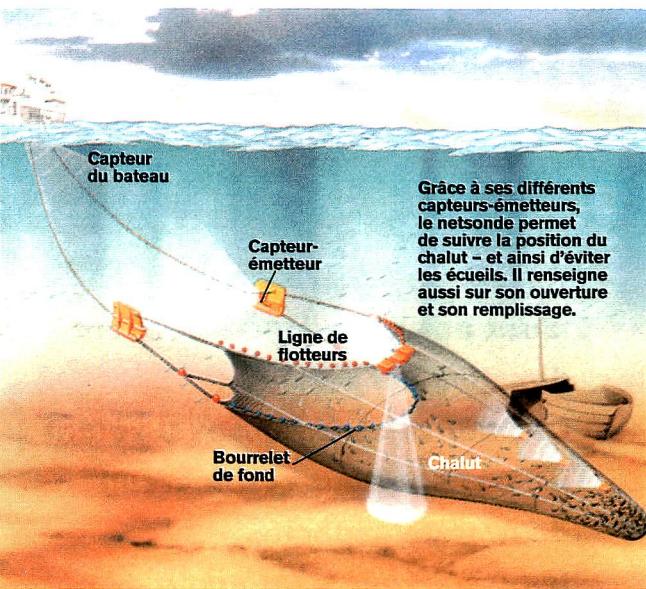
Du coup, ils rejettent les "prises accessoires", quand elles dépassent le pourcentage autorisé par Bruxelles, et les poissons sous la taille réglementaire. Mais tous sont déjà mort... En 1992, sur 102 000 t de merlans capturés en mer du Nord, 30 000 t étaient des rejets et 27 000 t des captures accessoires de la pêche minotière : cette pêche industrielle spécifique du Danemark cible les petits poissons pélagiques (sprats, lançons) destinés à faire de la farine pour l'alimentation animale. Elle a droit à des petites mailles de 16 mm et à 10 % de prises accessoires. Des milliers de tonnes de bébés merlans, lieus noirs et autres atterrissent ainsi chaque année à fond de cale dans ces navires industriels. Mêmes les dauphins sont pris dans les filets dérivants de la pêche au thon. En Atlantique nord-est, ces prises accessoires ne touchent que 1 % de la population de dauphins, mais cela est grave : en tant que mammifères, leur taux de reproduction est bas, et les bébés tétent leur mère.

La Norvège, elle, interdit les rejets. Les pêcheurs doivent quitter les zones de pêche lorsque leurs prises accessoires dépassent un certain taux de cap-



tures. Mais, dans les eaux norvégiennes, la peur du gendarme est réelle ; pas dans les eaux de l'Union européenne. Le périmètre géré est trop grand. Bruxelles ne fait que vérifier les contrôles des pays-membres. Du coup, le pneu "oublié" dans le cul du chalut, l'augmentation du nombre de mailles pour qu'elles ne puissent s'écartier, l'oubli d'enregistrer les captures sur le log-book sont choses fréquentes. Les infractions des pêcheurs relevant de la justice pénale, chaque pays membre a tendance à fermer les yeux. Et, comme l'établissement des statistiques repose sur ceux qui ont intérêt à les truquer (que ce soit le pêcheur ou le pays membre), la transparence n'est pas de mise.

C'est pourquoi la Commission demande aujourd'hui qu'on limite "l'effort de pêche" lui-même. Dans ce secteur comme ailleurs, la productivité a diminué le nombre d'acteurs mais a augmenté la performance de ceux qui restent (voir page ci-contre). Pour 1 000 t de poissons capturés, on compte aujourd'hui trois fois moins de marins qu'en 1955. Mais la réfrigération permet de conserver et de transformer à bord des centaines de tonnes de poisson avant de le débarquer. Un "trait" de chalut remonte des tonnes de poisson, dix fois plus qu'hier. De 1983 à 1987, la Commu-



De la cueillette à la chasse

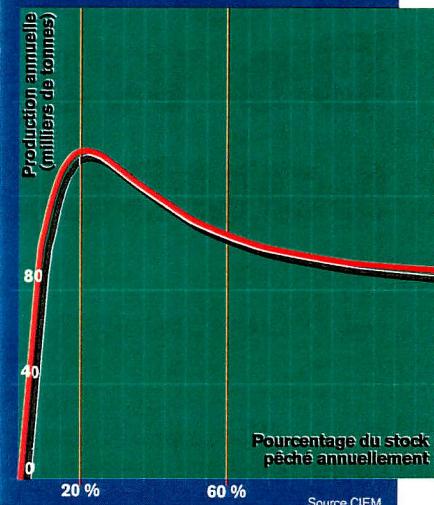
Le progrès technique n'augmente pas la production, mais il la rend plus visible. Les équipements acoustiques couramment utilisés sont le sondeur vertical (à gauche) et le netsonde (ci-dessus).

nautique avait demandé que la puissance française de pêche diminue de 2 % : elle a augmenté de 9 %. Alors, en 1988, la France a institué un permis de mise en exploitation (PME)

accordé sur justification de la puissance de pêche déjà possédée. Juste avant de le demander, les pêcheurs ont donc racheté des bateaux d'occasion, de vieilles barques inutilisées... Résultat, au contraire de ce qu'escomptait le gouvernement, le secteur des bateaux moyens (16-25 m, 500 kW) a alors prospéré (+ 6 % en puissance) de 1988 à 1992. Et si la puissance totale a diminué de 11 % pendant cette période, c'est grâce au plan Mellick (alors ministre chargé de la mer) qui, en 1991, a accordé des primes à la sortie de flotte. En fait, ce sont surtout les bateaux de moins de 12 m qui ont disparu : -42 % d'unités, -25 % en puissance.

Désormais, avec la crise, les candidats au départ sont plus nombreux. Pour les autres, rôde le spectre des autorisations (ou licences), qui seraient attribuées (y compris pour l'anchois, la sole, le merlan...) en fonction des capacités biologiques de la zone, des caractéristiques des navires et... des références d'antériorité ! Les pêcheurs artisans sont contre. Les armateurs industriels, pour...

En dernier recours, la meilleure solution semble être d'interdire provisoirement la pêche. On l'a fait pour le hareng de mer du Nord, après que la biomasse des géniteurs fut descendue de plusieurs millions de tonnes en 1960 à 52 000 t en 1977 ; les



C'est le paradoxe que dévoile cette courbe relative à la morue en mer du Nord. Elle montre la production annuelle que peut donner une nouvelle génération de 200 millions de morues arrivée dans le stock en fonction de l'intensité de la pêche (débarquements et rejets). Jusqu'à une valeur correspondant à environ 20 % du stock pêché, le tonnage annuel augmente, car les poissons réalisent leur espérance de vie et ont le temps de grossir. Mais, en 1992, le taux de mortalité par pêche était trois fois plus élevé. Résultat, les pêcheurs se partagent le même nombre de poissons, mais plus jeunes. Pour la morue qui grossit beaucoup entre 2 et 8 ans, la production est inférieure de 30 % à ce qu'elle pourrait être !

stocks sont remontés à 1,3 million de tonnes et les captures à 646 000 t. Mais l'industrie de transformation de Boulogne, elle, ne s'en est pas relevée.

Le mauvais temps, la crise économique, les guerres sont les meilleurs régénérateurs des océans ! Au contraire, l'excès de pêche tue le poisson aux œufs d'or. Mais personne n'ose dire quels engins doivent disparaître, ni quels pêcheurs doivent se sacrifier pour que le butin passe mieux vivre son homme... ■

Pour en savoir plus :

- *Science & Vie Hors Série*, "La vie des océans", n° 176 ;
- *Le Marin*, hebdomadaire, Ouest-France ;
- *France-Eco-Pêche*, mensuel, Editmar SA ;
- *Atlas des pêches françaises*, IFREMER ;
- *Cérès*, n° 142, éd. FAO ;
- La mer, affiche FIOM-Mediascol.

De vraies soucoupes volantes

PAR GERMAIN CHAMBOST

Une carapace de tortue de 15 m de large par 11 m de long, à laquelle on aurait accolé deux moignons d'aile sur les côtés, plus un plan fixe et deux dérives d'avion à l'arrière, c'est l'engin russe. Il s'agit encore de l'une de ces machines conçues au temps de la guerre froide par les ingénieurs soviétiques en vue d'une utilisation militaire. Projet secret, bien entendu, à cette époque. Mais, aujourd'hui, la Russie a décidé de le rendre public pour y intéresser les Occidentaux, dans l'espoir qu'ils participeront à son financement.

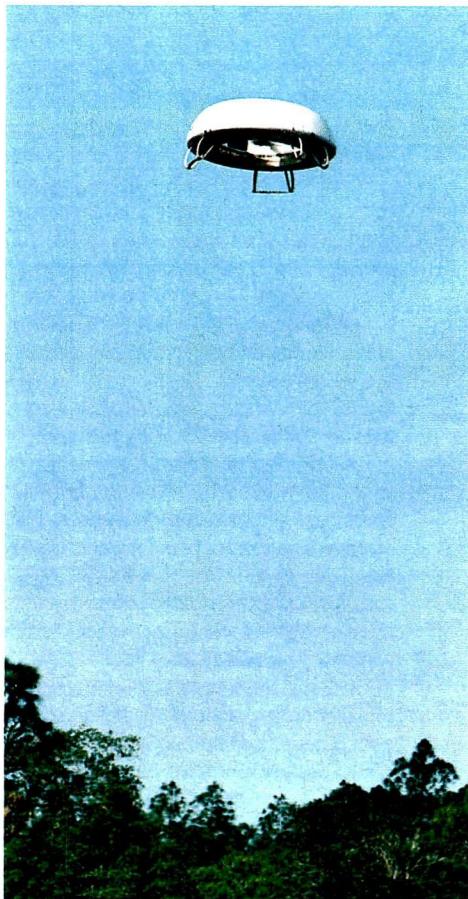
Réunis au sein de la société Ekip, des ingénieurs et des chercheurs de Moscou et de Saratov (une usine de construction aéronautique, à 650 km au sud-est de la capitale) ont donc réalisé cette sorte de soucoupe volante, qui utilise un mode de sustentation et de propulsion original. Toute la carapace, avec son ventre plat et son dessus profilé d'avant en arrière comme une aile d'avion, participe à la sustentation. Deux turbines installées à l'intérieur de la soucoupe et alimentées par deux prises d'air à l'avant rejettent leur flux d'éjection dans la moitié arrière du profil, soufflant ainsi le plan fixe horizontal (c'est-à-dire dirigeant un flux d'air à grande vitesse sur les gouvernes), ce qui assure la stabilité et le pilotage longitudinal. Mais, surtout, les gaz éjectés provoquent une aspiration de l'air sur tout l'extrados, la partie supérieure du profil, fournissant ainsi la portance. Du moins, à basse vitesse. Car, à haute vitesse, c'est le déplacement même de la soucoupe qui assure cette portance, comme sur une aile classique. C'est là le coup de génie des ingénieurs russes.

Autre astuce : le recours à un flux d'air dirigé vers le bas, sous le ventre de l'engin, pour décoller et atterrir à la verticale ou sur de très courtes distances – quelques centaines de mètres. Une partie des gaz fournis par les deux turbines sert à cela, lors des phases de décollage, d'atterrissage ou pendant les transitions entre ces phases-là et le vol de croisière. La soucoupe se comporte alors comme un

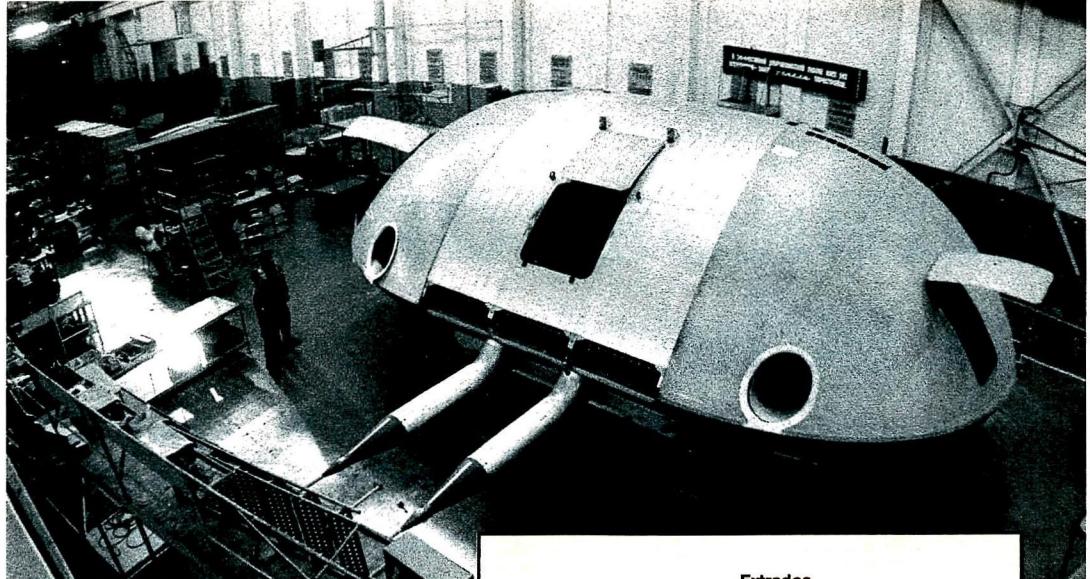
Russes et Américains

n'ont pas abandonné la filière des disques volants.

Différence : les Russes y voient un transporteur commercial de grande capacité, les Américains, un engin de surveillance, sans pilote pour le moment.



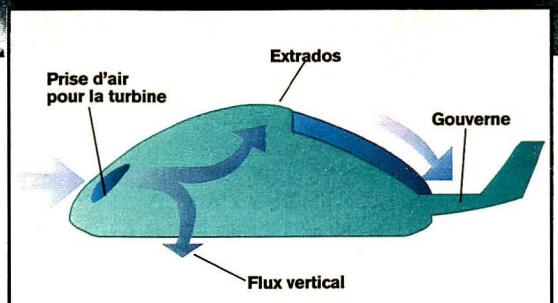
D.R.



Itar-Tass

Secrets révélés

Aujourd'hui, on sait tout sur ces soucoupes conçues du temps de la guerre froide. L'Américaine (à gauche) a 2 m d'envergure et peut faire du sur place à basse altitude. L'engin russe (ci-dessus) utilise un mode de sustentation et de propulsion original : l'air est aspiré par deux turbines, qui rejettent un flux de gaz sur les gouvernes. Cela provoque une aspiration sur l'extrados, ce qui assure la portance. Un autre flux, sous le ventre, permet d'atterrir et de décoller verticalement.



H.-P. Panel

engin à effet de sol⁽¹⁾). Rappelons que, sur un avion normal en vol, la surpression qui se forme sous l'aile a tendance à remonter vers le dessus, créant des tourbillons parasites. Sur un appareil volant près du sol, ces tourbillons sont inhibés, car ils ne disposent pas d'assez de place pour se former. La soucoupe russe, grâce au flux d'air propulsé vers le bas, peut se déplacer longtemps près du sol et bénéficier ainsi de l'effet de sol.

Les Russes ont déjà expérimenté un modèle réduit sans équipage de leur soucoupe au centre aéronautique de Saratov. Un modèle plus grand, toujours sans équipage à bord, doit voler cet été. Si les essais sont concluants, les Russes envisagent de construire un engin baptisé *Ekip L3*, de 36 m d'envergure sur 25 m de long, c'est-à-dire un peu plus petit qu'un Airbus A300. Selon les ingénieurs qui travaillent sur ce projet, *Ekip L3* pourrait transporter 400 passagers (ou 40 t de fret), à des vitesses de l'ordre de 650 km/h, à des altitudes de 10 000 m et sur des distances allant jusqu'à 8 000 km. A l'altitude de croisière, la consommation de carburant sera de 12 à 14 g par passager et par kilomètre (de 12 à 14 kg par passager sur 1 000 km). Mais, en vol avec effet de sol, cette consommation serait de 8 à 10 g par passager au kilomètre : l'effet de sol réduit énormément la traînée des engins de ce type, donc la consommation de carburant.

Les ailes, munies d'aileron mobiles, servent es-

sentiellement au contrôle latéral de l'*Ekip* (inclinaison à droite ou à gauche). Le plan fixe horizontal est utilisé pour le contrôle longitudinal, ainsi qu'il a été dit plus haut ; et les dérives, dotées de gouvernes de direction, pour les changements de direction. Comme sur un avion dont les ailes auraient été rognées et le fuselage profilé comme une aile. Ce que l'on appelle aussi un "corps portant". En projet, un engin de 82 m de long...

L'engin américain, lui, construit par la firme Sikorsky Aircraft, est beaucoup plus modeste, puisque le diamètre en est de 2 m environ, pour une épaisseur de 60 cm. Equipé de deux rotors coaxiaux à quatre pales, actionnés par un moteur à deux cycles de 52 ch, le *Cypher*, de son nom commercial, a été surtout conçu comme engin de surveillance. Véhicule à décollage vertical, il est capable de monter à quelque 2 400 m et possède une autonomie de vol de 30 km. Il est évidemment équipé d'une caméra et d'un système de transmission vidéo, et un radar lui permettrait, par exemple, de détecter les mines terrestres. Plusieurs prototypes en avaient été étudiés depuis les années soixante, dont certains capables de transporter un homme. Son intérêt est sa capacité de faire du sur place à une altitude de quelques mètres et donc d'aborder des sites inaccessibles aux UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*, véhicules aériens sans pilote) "classiques".

(1) Voir *Science & Vie* n° 913, p. 102.

FUTUROSCOPE

La science à grand spectacle

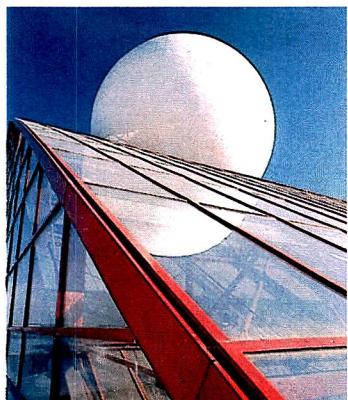
PAR HENRI-PIERRE PENEL

Il existe un parc d'attractions français qui marche et, bizarre, il n'offre aux visiteurs ni géants rubiconds, ni farfadets, châteaux hantés et autres souris anthropomorphiques. De la science ! Or, cet austère menu a attiré près de deux millions de visiteurs en 1993, soit une fois et demi autant que l'exposition des Musées de France la plus courue à ce jour, celle sur Toutankhamon (1967), et quatre fois autant que des expositions pourtant aussi visitées que celle du centenaire de l'impressionnisme (1974), ou encore celle de Van Gogh en 1972. Le Futuroscope totalise plus du double des entrées du centre Georges-Pompidou, à Paris (un peu plus de 800 000) et un tiers de moins que le Louvre (3 400 000 en 1993), autrement plus célèbre et plus vaste. Certes, le prix d'entrée, 135 F, s'élève à environ la moitié de celui d'un Eurodisney, mais il est loin d'être la clé du succès enregistré.

Et cette affluence ne menace pas de faiblir. Face à l'échec de Mirapolis et les déboires d'Eurodisney, le Futuroscope affiche une santé insolente après plus de sept ans d'exploitation quasiment sans publicité. Sa marge bénéficiaire, tous frais déduits, est d'environ 13 % : 300 millions de francs en 1993, 500 millions prévus pour l'année en cours.

Or, ce succès offre aussi des sujets de réflexion. Le premier est que le public, en tout cas français, est plus intelligent que l'on veut le croire dans certains milieux. Son attachement au Palais de la découverte le laissait déjà deviner ; mais il ne présageait pas du succès du Futuroscope (imaginé en 1974 par René Monory, alors président du Conseil général), que certains qualifièrent un peu dédaigneusement de «parc de province». Le deuxième est que les techniques «muséographiques» exploitées au Futuroscope sont efficaces.

Savant cocktail de délire et de technologie de pointe fondée sur l'image, qualifié, à ses débuts, de «folie-Monory», le Futuroscope de Poitiers se porte bien.



Explorers

En fait, ce n'est pas un parc d'attractions au sens habituel du terme, mais un espace privilégié où l'on "vit" la science. L'approche est totalement différente de celle du Palais de la découverte : pas d'expériences en direct ni de manipulations. Au Futuroscope, on entre de plain-pied dans des mondes "virtuels" ; c'est en se fondant littéralement dans l'image que le visiteur reçoit le message (souvent scientifique, mais pas toujours).

Chacun des treize pavillons du Futuroscope contient en effet une salle de cinéma ou, plutôt, un "espace-image". Ici, grâce aux technologies de pointe, on est bien loin du cinéma conventionnel. Contrairement à ce qu'on eût pensé, la vidéo n'est utilisée que discrètement. Seul un "mur" d'images composé de 850 moniteurs l'emploie. La raison est que la résolution des images vidéo est bien modes-



T.Craiddock/CSPL/Cosmos

de 24 images/seconde, le film (70 mm) défile à 60 images/seconde. Cette fréquence, supérieure à la rémanence rétinienne, élimine toute sensation de scintillement. Tous les mouvements sont parfaitement liés, car les déplacements entre deux images successives sont extrêmement réduits. Le scénario du film proposé, *New Magic*, est avant tout destiné à exploiter et à mettre en évidence les possibilités de ce procédé – mis au point, rappelons-le, par Douglas Trumbull, l'inventeur des effets spéciaux du film *2001, Odyssee de l'espace*.

• **Le Tapis magique** : là, le spectateur a la sensation de "flotter" dans l'image. Cette salle de projection est équipée de deux écrans Imax de 34 m x 22 m. Le premier occupe la place traditionnelle, mais le second est placé... sous les pieds des spectateurs ! Deux projecteurs synchronisés assurent la restitution des images. Le film proposé raconte le fantastique voyage de 3 000 km qu'effectuent chaque année les papillons monarques lors de leur migration du Canada vers le Mexique, où ils vont s'abriter des froidures de l'hiver. Ce film s'impose tant par la beauté des images que par son contenu scientifique.

• **Le cinéma dynamique** : la salle est de dimensions modestes (45 places), mais de fréquentation éprouvante. Elle permet, en effet, de "vivre" une course de côte en 4 x 4. Vivre n'est certes pas là une commodité de langage : on ressent les trépidations de la voiture, chaque nid-de-poule, le roulis dans les virages... Bref, l'inconfort est conforme à la réalité. Pour retransmettre ces sensations, chaque travée de fauteuils est montée sur un groupe de vérins, qu'un système informatique commande de manière à "secouer" les spectateurs. Pour que les mouvements soient syn-

Une cathédrale de l'image futuriste

Vitrine des technologies cinématographiques de pointe, le Futuroscope se devait d'habiter des bâtiments modernes et audacieux. Ceux-ci reproduisent des formes naturelles, telles celles du pavillon ci-dessus, véritable cristal de quartz, ou encore ce globe lunaire (à gauche). Des volumes aux images, le visiteur parcourt les chemins de la science.

te comparée à celles des autres moyens de projection utilisant du film 70 mm ou du format Omnimax. Mais voici, en détail, la présentation des plus intéressants de ces "espaces-image".

• **Le Showscan** : il ressemble, de prime abord, à une salle de cinéma habituelle. Erreur ! Si l'écran semble juste un peu grand (19 m x 8,60 m), le choc se produit quand commence la projection. En effet, la stabilité de l'image ainsi que la fluidité des mouvements sautent aux yeux. Cela est dû à la cadence des images : au lieu du débit habituel

salle est de dimensions modestes (45 places), mais de fréquentation éprouvante. Elle permet, en effet, de "vivre" une course de côte en 4 x 4. Vivre n'est certes pas là une commodité de langage : on ressent les trépidations de la voiture, chaque nid-de-poule, le roulis dans les virages... Bref, l'inconfort est conforme à la réalité. Pour retransmettre ces sensations, chaque travée de fauteuils est montée sur un groupe de vérins, qu'un système informatique commande de manière à "secouer" les spectateurs. Pour que les mouvements soient syn-

suite de la page 127

chrones avec l'action, un ordinateur exploite deux sources d'informations. D'une part, une disquette et, de l'autre, le numéro de l'image en cours de projection sur le film. Ce dernier lui est transmis par l'intermédiaire d'un compteur de vues placé sur le projecteur et automatiquement remis à zéro en début de séance. L'ordinateur associera donc en permanence données et numéros de vue. Afin de prévenir les chutes, une barre de sécurité est rabattue automatiquement sur les genoux des spectateurs en début de projection. Son verrouillage est contrôlé par l'ordinateur avant le début du film. Malgré le nombre réduit de spectateurs que peut accueillir la salle, l'attente n'est pas excessive. Une séance ne dure qu'environ trois minutes, et c'est d'ailleurs largement suffisant pour avoir sa dose de sensations fortes !

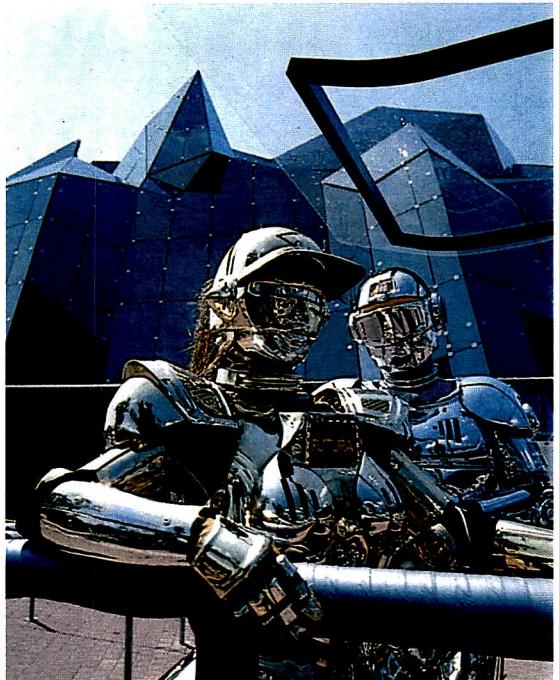
• **La salle Omnimax** : changement radical de proportions, car la projection s'effectue sur un écran hémisphérique de 900 m². Le spectateur plonge dans l'image. Cette salle est identique, dans son principe, à la célèbre Géode de la Cité des sciences et de l'industrie, à la Villette. La construction utile est une sphère, paradoxalement encaissée dans un cube en verre teinté, ce qui donne au bâtiment un caractère unique. Le film projeté, *les Découvreurs*, retrace avec une grande précision technique et historique l'enchaînement des grandes explorations, de Magellan au lancement de la fusée *Ariane*. Le spectateur y fait une halte au sein de l'équipe d'une base polaire et découvre la beauté des aurores boréales.

• **Le Cinéautomate** : c'est le "clou", car c'est le premier système qui offre la possibilité d'intervenir dans le déroulement du film. Voici donc le cinéma interactif ! Dans cette salle de 192 places, équipée de trois écrans (un écran principal plus deux latéraux), chaque siège est muni d'un bouton. Tout au long du film, le spectateur peut aiguiller l'action vers cinq situations différentes. Ainsi, huit scénarios sont soumis au vote du public. Chaque séance est donc différente, puisque liée aux désirs des spectateurs. Il est alors permis d'imaginer une version interactive d'*'Autant en emporte le vent* dans laquelle Rhett Butler ne quitterait plus Scarlett O'Hara...

• **Le cinéma circulaire** : l'image, cette fois, s'étale sur 360°. Grâce à neuf projecteurs synchronisés, l'écran, de 312 m², entoure totalement les spectateurs. On a alors l'impression de se trouver au cœur de l'action, quelle que soit la direction dans laquelle se porte son regard. Seules une dizaine de salles de ce type existent au monde, et c'est le Futuroscope qui a produit le premier film européen exploitant ce dispositif : *Andalousie, traditions et changements*. Il a été présenté en avant-première au pavillon de l'Andalousie lors

Technologie et loisirs réconciliés

Du cinéma "dynamique" (ci-contre en bas) au "Solido" en trois dimensions (ci-contre), les attractions drainent, dans un décor futuriste (ci-dessous), de nombreux visiteurs séduits par ce mélange de science et de divertissement.



Nicau/AdJemian

de l'Exposition universelle de 1992, à Séville.

• **Le Solido** : c'est, à notre avis, la plus extraordinaire des présentations du Futuroscope. Il offre une projection Omnimax (sur écran hémisphérique), mais en trois dimensions. En fait, deux projecteurs Omnimax sont dirigés conjointement sur le même écran. Le procédé utilisé pour restituer le relief a des résultats très supérieurs aux classiques lunettes polarisantes. Lors de son entrée en salle, chaque spectateur reçoit bien une paire de lunettes, mais elles sont à cristaux liquides. Chacun des deux verres est un obturateur électronique ne connaissant que deux états, transparent ou opaque. Les deux projecteurs diffusent les images droite et gauche sur l'écran hémisphérique, et un dispositif mécanique alterne leur projection à une cadence élevée. Un autre dispositif, électronique celui-là, détecte en permanence quelle image (droite ou gauche) est projetée. Parallèlement, une liaison par faisceau infrarouge assure la synchronisation entre ce dispositif et les lunettes des spectateurs. Ainsi, lorsque c'est l'image correspondant à l'œil droit qui est présentée, le verre droit des lunettes est transparent, alors que le gauche est opaque. Lors de



A. Gaillardon



A. Gaillardon

la projection de l'image destinée à l'œil gauche, la transparence des verres est inversée. Ce dispositif permet d'obtenir une bien meilleure séparation œil droit/œil gauche qu'avec de simples verres polarisants. Toute sensation de dédoublement d'image est éliminée. De plus, le film proposé est tourné en "relief jaillissant". C'est-à-dire que le spectateur a l'impression que l'action se déroule en aval de l'écran, quasiment sur ses genoux. Et, sur un écran hémisphérique, qui couvre tout le champ visuel, l'effet n'en est que plus saisissant encore ! Le film *Echos du Soleil* a le double avantage de proposer à la fois des effets de relief étonnantes et un contenu scientifique de premier ordre. Il décrit le cycle du sucre dans les êtres vivants, depuis sa création par photosynthèse dans les plantes jusqu'à sa transformation en énergie mécanique par les muscles. Les chaînes carbonées s'assemblent sur vos genoux, vous visitez les radicules d'une plante, vous flânez dans un organisme humain en vous laissant porter par le flux sanguin en compagnie de globules rouges et de macrophages... Astucieux cocktail d'images de synthèse, de vues réelles et d'animations, ce film est un chef-d'œuvre !

Mais il s'en faut que le Futuroscope se limite à ce "super cinéma". Une aire d'activité économique, au style architectural futuriste (voir photos p. 127), offre aux entreprises qui s'y sont implantées une infrastructure exceptionnelle dotée de technologies de pointe, notamment dans le domaine des télécommunications. Elles ont ainsi accès à un "autocommutateur" (central de télécommunications électronique) multiservice : ses capacités de liaisons et la multiplicité des

standards de transmission qu'il est capable de gérer offrent un accès direct aux services de télécommunication les plus récents (Numéris, Transpac, Visioconférence, etc.). Les liaisons entre le centre et chaque entreprise se font par l'intermédiaire d'un réseau de fibres optiques.

Plus de cinquante entreprises, généralement spécialisées dans l'informatique ou les communications (Matra Communication, Sild-Schlumberger-Dumez, NDT Systems, etc.), ont élu domicile au sein de ce site. De plus, un lycée-université, l'Ecole nationale supérieure de mécanique, et les laboratoires de l'université de Poitiers s'y sont installés.

Enfin, le palais des congrès du Futuroscope a accueilli, en 1993, plus de 60 000 congressistes pour 260 journées de séminaire. Ce beau palmarès démontre, sans contestation possible, le grand appétit des Français pour les sciences et les techniques. Il incite à réfléchir sur l'abandon quasi complet, à la télévision, des émissions scientifiques grillées par les flammes de l'audimat et, dit-on aussi, par la tyrannie d'une conception de la télévision qui en fait une source de divertissement faciles. Sans compter que 40 % des visiteurs du Futuroscope sont des enfants : cela montre qu'il n'est pas indispensable, pour attirer le public, de napper l'information scientifique d'un jus de fantasmes infantiles ou enfantins, au choix. C'est d'ailleurs ce qu'avait compris la firme Walt Disney quand elle ajouta à son célèbre Disneyworld d'Orlando Epcot un centre "sérieux", orienté vers les technologies de pointe. De plus, la muséographie technologique n'a pas dit son dernier mot – pas plus que les technologies elles-mêmes. De fait, pour 1994, les trois quarts des spectacles du Futuroscope ont été renouvelés.

Le Futuroscope, qui figure encore dans le monde des loisirs et de l'information comme une exception, ne serait-il donc pas le parc de loisirs de demain ? Restera-t-il un cas d'espèce, ou bien fera-t-il école ?

Magnétoscope HD,

A l'heure où tous les professionnels se penchent sur les problèmes d'archivage, la bande magnétique semble sur le point de trouver un deuxième souffle. Avec mille pistes, on pourra bientôt disposer de l'équivalent de mille films sur une seule cassette vidéo.

PAR HENRI-PIERRE PENEL

L'enregistrement de la vidéo pose un problème majeur : l'énorme plage de fréquences que requiert l'image pour sa mémorisation. Si, pour enregistrer un son, il suffit de stocker les fréquences allant de 20 à 20 000 Hz, pour l'image, il faut pouvoir coder de 0 à plus de 2 MHz, soit 2 millions d'os-

Une petite géante

Malgré sa taille réduite, de l'ordre du centimètre en longueur, cette tête permet d'enregistrer sur une bande magnétique des milliards d'impulsions par seconde.

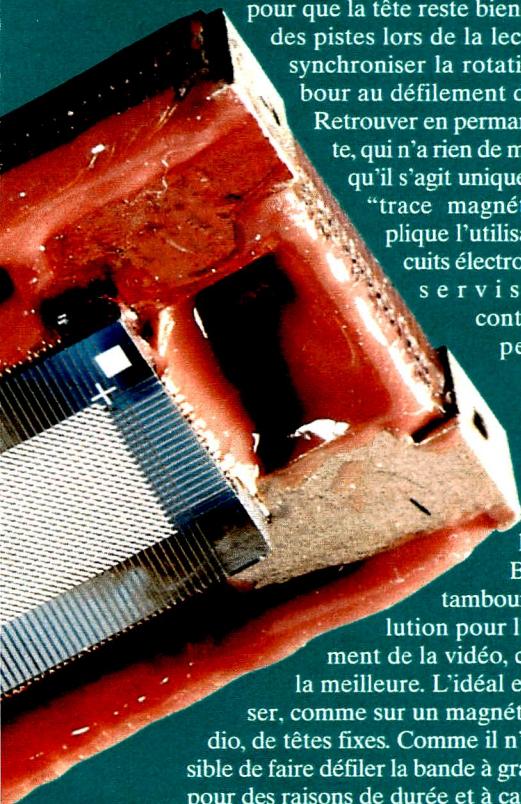
cillations par seconde. C'est pour cette raison que le magnétoscope arriva dans nos salons bien après son cadet audio, le magnétophone. En effet, pour réussir à enregistrer des fréquences



élevées, donc un grand nombre de données, il faut de la place. Il est alors indispensable que la vitesse relative de la bande soit élevée, afin d'obtenir une surface d'enregistrement supérieure. La seule solution pour y parvenir sans diminuer la durée de la bande est de monter la tête sur un tambour tournant à grande vitesse (voir *Science & Vie* n° 920, p. 130-131). Sur un magnétoscope VHS, deux têtes tournent ainsi à 1 500 tours/minute.

Néanmoins, l'utilisation d'un tambour est une solution mécaniquement lourde. De plus,

tout dans la tête



pour que la tête reste bien en vis-à-vis des pistes lors de la lecture, il faut synchroniser la rotation du tambour au défilement de la bande.

Retrouver en permanence la piste, qui n'a rien de matériel puisqu'il s'agit uniquement d'une "trace magnétique", implique l'utilisation de circuits électroniques d'asservissement contrôlant en permanence la vitesse de rotation du tambour et le défilement de la bande.

Bref, si le tambour est une solution pour l'enregistrement de la vidéo, ce n'est plus la meilleure. L'idéal est de disposer, comme sur un magnétophone audio, de têtes fixes. Comme il n'est pas possible de faire défiler la bande à grande vitesse, pour des raisons de durée et à cause des problèmes mécaniques que cela pose, la solution passe par la mise au point de têtes multipistes.

En fait, il s'agit de l'empilement d'une série de têtes fixes solidaires les unes des autres. Dans ce cas, au lieu de faire tourner une tête monopiste, on répartit électroniquement le flux d'informations sur l'ensemble des pistes. Néanmoins, il s'agit là d'un véritable casse-tête sur lequel planchent les constructeurs depuis l'apparition du magnétoscope. En effet, les problèmes que pose la fabrication d'une tête multipiste sont nombreux.

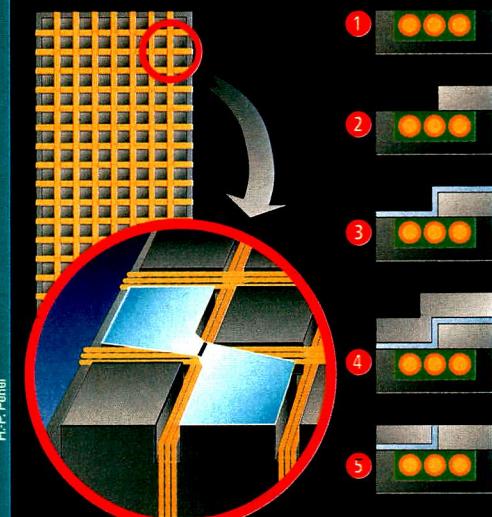
Afin de mieux les cerner, rappelons rapidement ce qu'est une tête magnétique. En première approximation, disons qu'il s'agit d'un corps en forme de U sur lequel un fil conducteur de faible section est bobiné de manière à former un électro-aimant. Lors de l'enregistrement, ce fil est alimenté par un courant électrique dont l'intensité est proportionnelle au

signal à enregistrer. L'espace séparant les branches du U, de l'ordre du micromètre, s'appelle l'entrefer. C'est là qu'est concentré le champ magnétique qui s'inscrit sur la bande en une succession de "micro-aimants" dont l'intensité magnétique et la polarité correspondent au signal à enregistrer. Comme tout dispositif électromagnétique, la tête est réversible dans son fonctionnement. A la lecture, elle fonctionne un peu à la manière d'une dynamo de vélo. Le défilement des micro-aimants devant l'entrefer engendre un champ magnétique variable que le bobinage transforme en une tension alternative. Il suffit alors de l'amplifier pour obtenir le signal d'origine.

Lorsque l'on cherche à réaliser une tête multipiste, deux problèmes se posent très vite. Le premier est d'origine mécanique : malgré de très faibles dimensions, les bobines possèdent un certain encombrement. Il est donc impossible de loger un nombre élevé de bobines dans un espace restreint. Le second est d'ordre électromagnétique : dès que la distance séparant deux têtes adjacentes diminue trop, un couplage magnétique se produit. C'est-à-dire ➤

La clé du système : une grille d'entrefers

Disposés en quinconce sur un substrat de ferrite, les bobinages accueillent à leurs intersections les entrefers de chaque tête élémentaire. A droite, la fabrication des entrefers par couches successives, de ① à ⑤, puis par meulage ⑥.



suite de la page 131

que, par rayonnement magnétique, les signaux "bavent" d'une tête à l'autre. Il devient rapidement impossible de distinguer le signal correspondant à une piste de celui de la piste adjacente. Dans la pratique, donc, impossible de réaliser une tête capable d'enregistrer et de lire un grand nombre de pistes en parallèle avec ce type de technologie de fabrication.

Ces considérations ont amené Jean-Paul Castera, chercheur au laboratoire central de recherche de Thomson-CSF, à imaginer une tête d'enregistrement-lecture fondamentalement différente dans son principe de fonctionnement et sa fabrication. Contournant tous les problèmes évoqués plus haut, son principe permet de loger directement mille pistes parallèles sur une tête fixe unique. Notons que, pour réussir cette prouesse, il a fallu mener de front deux études, l'enregistrement et la lecture ne pouvant être réalisés par réversibilité du système.

En ce qui concerne l'enregistrement, une astuce met à profit les problèmes que pose le support. En effet, la bande présente un hystérésis (caractéristique propre à tout corps magnétisable) : pour que les particules actives de la bande s'aimantent de manière permanente, le champ magnétique auquel elles sont soumises doit être supérieur à un certain seuil. En deçà, la magnétisation n'a pas lieu, tout se passe comme si, pour les faibles intensités magnétiques, le corps n'était pas magnétisable (sur les magnétophones, le réglage dit de "bias" permet de combler cette "zone morte" tout en évitant l'apparition de distorsion). Dans notre exemple, cette "zone morte" est mise à profit.

Pour ce faire, J.-P. Castera a imaginé un concept radicalement nouveau : au lieu d'empiler les têtes, on les dispose en quinconce sur une surface rectangulaire. Leurs bobinages s'entrecroisent, formant un véritable damier, et chaque "tête élémentaire" est placée au point d'intersection de deux bobinages. Le champ transmis par chaque entrefer à la bande n'est donc plus issu d'un bobinage unique mais de deux, dont les champs respectifs se combinent. Pour parvenir à cette configuration, des sillons perpendiculaires sont gravés

sur une plaquette de ferrite (matériau conducteur du champ magnétique mais non magnétisable). Sur chaque sillon est enroulé un certain nombre de spires de fils de cuivre formant un électro-aimant. Les "têtes élémentaires" d'enregistrement sont réalisées par dépôts successifs de matière conductrice, ou isolante, du champ magnétique. Au total la tête en comporte mille. Grâce à une légère inclinaison de ce damier par rapport à la direction de défilement de la bande, on dispose ainsi de mille pistes parallèles.

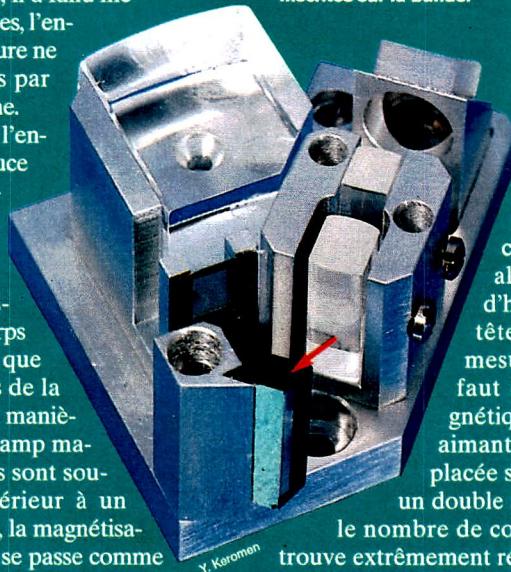
Le rubis caché

Au cœur du bloc optique ce rubis de synthèse (indiqué par la flèche) décrypte les informations inscrites sur la bande.

La grande astuce qui permet de tirer parti de la "zone morte" réside dans la manière dont sont pilotés les électro-aimants. Le courant électrique qui les parcourt est d'une intensité insuffisante pour qu'un seul d'entre eux puisse magnétiser la bande : le champ qu'il crée reste alors inférieur au seuil d'hystérésis. Pour qu'une tête élémentaire soit en mesure d'enregistrer, il faut que les champs magnétiques des deux électro-aimants sur laquelle elle est placée s'additionnent. Cela a un double avantage. D'une part,

le nombre de contacts électriques se trouve extrêmement réduit et on commande une tête par ses coordonnées X et Y sur la plaquette, exactement comme on pointe une case sur un tableau à double entrée. D'autre part, les problèmes de "bavage magnétique" se résolvent d'eux-mêmes, puisqu'ils restent, dans tous les cas, inférieurs au seuil d'hystérésis. Il devient alors possible d'inscrire sur la bande magnétique des informations avec une énorme densité. Chaque élément magnétique ainsi créé n'occupe qu'une surface de l'ordre du micromètre carré, soit sensiblement la même que celle d'une microcoupelle de disque compact.

Le procédé mis en œuvre pour la tête de lecture est magnéto-optique. Son cœur est un transducteur à effet Kerr. Celui-ci exploite les propriétés optiques particulières à certains matériaux qui constituent son élément "ac-



tif". Il s'agit ici de rubis (de synthèse), qui a la particularité de présenter un indice de réfraction variable en fonction du champ magnétique auquel il est soumis. Dans la pratique, si on l'observe à travers un verre polarisant, il laisse ou non passer la lumière en fonction du champ magnétique qui le traverse. Ce phénomène est lié à la rotation du plan de polarisation de la lumière que l'indice de réfraction induit. De plus, les modifications d'indice de réfraction, au sein du rubis, restent localisées. Cela est fondamental car, dans le cas contraire, des mille pistes il ne resterait qu'un vague brouillard inexploitable. L'image de l'état magnétique de la bande s'y forme donc au fur et à mesure qu'elle défile. Pour qu'un transducteur à effet Kerr fonctionne correctement, il faut l'éclairer en lumière monochromatique, et, si les zones à déceler sont de très petites dimensions, cette lumière doit être cohérente. Or, un composant électronique extrêmement répandu répond parfaitement à ces deux conditions : il s'agit de la diode laser qui équipe les lecteurs de disques compacts.

Une fois le détecteur de Kerr traversé par le faisceau lumineux issu de la diode laser, toutes les pistes sont traduites en clignotements : présence de lumière pour une zone magnétisée, absence de lumière en cas contraire. Reste enfin à analyser ces signaux optiques. Cette tâche est confiée à une barrette CCD, soit un capteur d'images identique dans son principe à celui employé par les caméscopes.

Tout comme la tête d'enregistrement, la tête de lecture est donc mécaniquement très simple. Le seul problème que présente le procédé est le suivi de piste. Sur la version prototype, deux astuces ont été alternativement utilisées avec succès pour compenser les erreurs de guidage. La première consiste à utiliser une barrette CCD comportant beaucoup plus de mille pixels. Chaque piste est lue par un groupe de pixels adjacents. Le pixel central reçoit effectivement le signal optique correctement, alors que ceux qui le jouxtent reçoivent les mêmes informations, mais "moins bien". Dès qu'un décalage se produit, l'électronique décèle la position du pixel lecteur de l'information de "bonne qualité" et peut ainsi corriger le tir. La seconde possibilité de correction d'erreurs de guidage réside dans le montage du polariseur sur une rotule piézo-électrique. Après une analyse électronique des différences de qualité du signal reçu par les deux pixels extrêmes, cette rotule fait plus ou moins basculer le polariseur de manière à ramener en permanence la

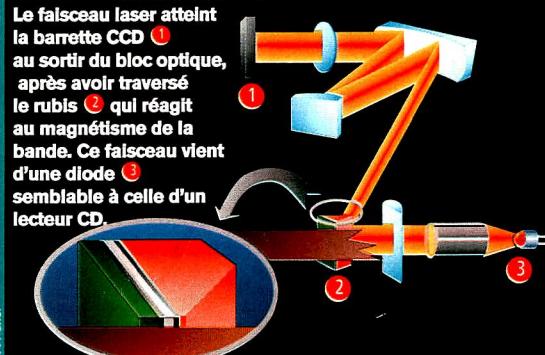
bande sur sa position optimale. Les deux procédés, qui ont donné des résultats satisfaisants, seront probablement départagés par une étude serrée des coûts de fabrication.

A court terme, c'est probablement l'informatique qui bénéficiera de ce support. En effet, en raison du grand nombre de pistes, il est possible d'obtenir un débit d'informations extrêmement élevé (plusieurs gigabits/seconde). Néanmoins, tout porte à penser que, malgré ce débit, c'est en archivage qu'un tel support trouvera toute son utilité, grâce à son énorme capacité de stockage d'informations.

Hormis cette vocation de périphérique informatique, ce système est particulièrement bien adapté à l'enregistrement vidéo numérique. Grâce à l'important débit disponible, il a été possible de loger sur une cassette vidéo

Le laser lit la bande

Le faisceau laser atteint la barrette CCD ① au sortir du bloc optique, après avoir traversé le rubis ② qui réagit au magnétisme de la bande. Ce faisceau vient d'une diode ③ semblable à celle d'un lecteur CD.



8 mm quatre programmes simultanément. Une télécommande permettait d'accéder à l'un ou à l'autre de ces programmes. S'agissant d'un prototype, le dispositif n'utilisait que le quart des pistes disponibles par souci de simplification de l'installation électronique. Il aurait donc été possible, sur une version commerciale, de disposer de seize chaînes en parallèle sur la même cassette.

Enfin, en raison de la multiplicité des têtes élémentaires et de lecture, il est possible de simuler une tête magnétique conventionnelle. On pourrait donc, sur un même lecteur, lire soit de la vidéo conventionnelle (type VHS, avec un véritable "tambour virtuel") soit de la vidéo ou de l'audionumérique (format DCC, entre autres). Pour la vidéo, numérique oblige, au lieu de stocker seize programmes vidéo en définition conventionnelle, rien n'interdit de "coupler" plusieurs canaux afin d'enregistrer deux films en vidéo haute résolution.

Choisissez votre baladeur

L'utilisation du baladeur est aujourd'hui entrée dans les mœurs. Preuve en est le nombre de modèles existants. Mais leurs écarts de prix déroutent les acheteurs. Les différences techniques justifient-elles de telles variations de coût ?

PAR HENRI-PIERRE PENEL

En premier lieu, un simple coup d'œil sur l'appareil permet de se rendre compte que la qualité de sa finition est directement liée à son prix. Les baladeurs les moins chers sont généralement "habillés" d'un simple boîtier en plastique injecté dont l'aspect trahit le prix. Sur les lecteurs "haut de gamme", en revanche, règnent le métal chromé et le verre minéral. A en juger par le résultat des mesures que nous avons réalisées, il semble que l'influence du coût du boîtier est loin d'être négligeable dans le prix total de l'appareil. Cela n'a d'ailleurs rien de bien surprenant, l'électronique d'un baladeur n'étant pas particulièrement complexe.

La mécanique, en revanche, a une importance certaine et, reconnaissions-le, est beaucoup plus soignée sur les modèles haut de gamme. Ces derniers ont souvent trois moteurs (un par bobine et un pour le cabestan), ce qui permet de réduire le nombre de pièces mobiles ainsi que la taille générale de l'appareil. Il est en effet plus simple de réaliser de petits moteurs électriques que de loger un jeu de poulies et de galets commandant l'entraînement des bobines. De plus, tout porte à penser qu'un dispositif trimoteur est plus fiable qu'un jeu de courroies et de galets caoutchoutés, particulièrement sensibles à l'usure.

Cela dit, voyons sur quels points ont porté nos tests. Nous nous sommes tout d'abord intéressés

Grundig BB 38



Philips AQ 6426



Grundig
BB 390

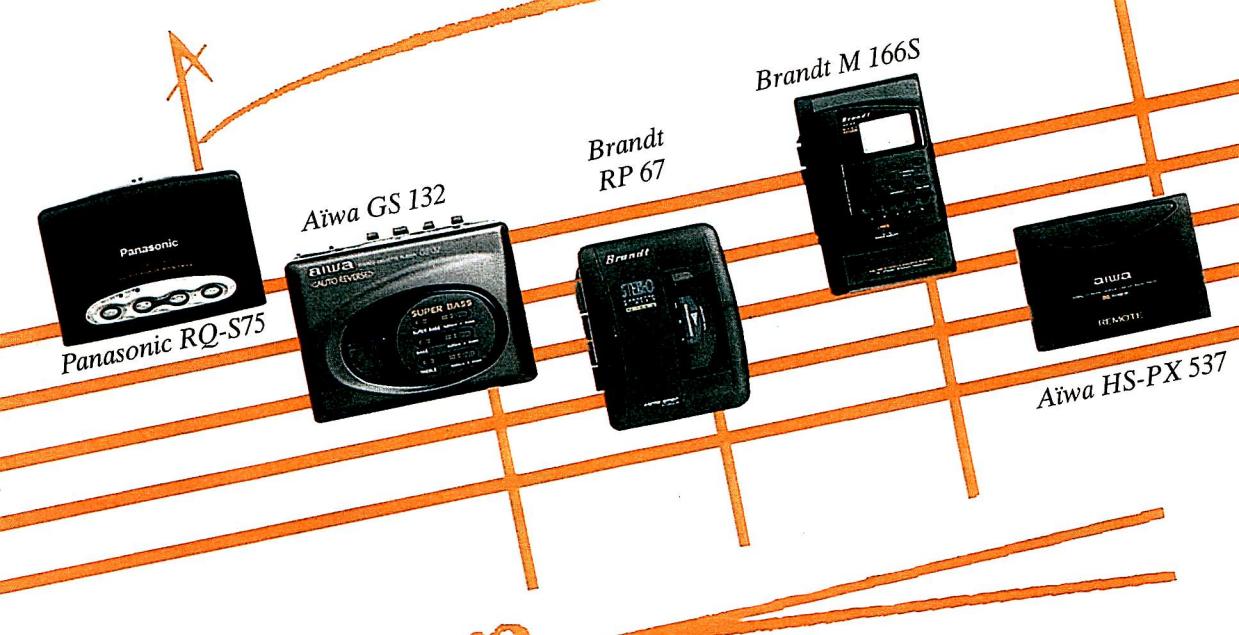


JVC CX 77BK



à la puissance efficace délivrée par chaque lecteur. Précisons que nous avons choisi, pour tous les appareils, une impédance de charge de 30 ohms (la plus fréquemment mesurée sur les casques pour baladeurs). La valeur de l'impédance influe sur la puissance mesurée : si elle est inférieure à 30 ohms, on disposera d'une puissance réelle supérieure à celle que nous avons relevée. Quoi qu'il en soit, ce facteur n'est pas un élément essentiel sur un baladeur. Une puissance d'une dizaine de milliwatts est largement suffisante. Le seul avantage de disposer d'une "réserve de puissance" est de pouvoir éviter l'apparition de distorsions lors des fortissimo.

Pour les trois mesures de la distorsion, nous avons soumis à chaque modèle l'enregistrement



Air **p** from Suite No.3



Illustration E. Malenanche

La vase des baladeurs

De moins de 100 F à 1 500 F, les dix-neuf modèles que nous avons testés ont des caractéristiques variées : puissance, distorsion, bande passante, rapport signal/bruit, pleurage et scintillement... Sans oublier l'aspect général et la finition de l'appareil, qui sont autant de critères à prendre en compte.



d'un signal sinusoïdal pur de 1 000 Hz. Pour la distorsion totale, l'appareil de mesures quantifie tous les sons différents de 1 000 Hz et calcule leur proportion, en pourcentage, par rapport à l'amplitude de ce signal de référence. Cette mesure est, de loin, la plus "méchante", puisqu'elle prend en compte non seulement les déformations que subit le signal d'origine mais aussi tous les parasites que présente sa restitution. Néanmoins, nous la trouvons représentative de la réalité. Pour la mesure de distorsion d'harmonique 2, l'appareil quantifie,

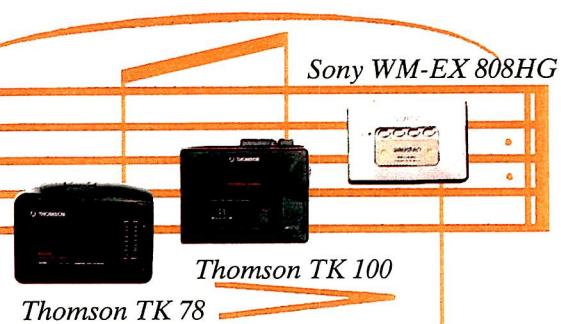
comme précédemment, l'amplitude du signal récupéré à 2 000 Hz. Cette distorsion est le plus souvent liée à la qualité de la bande et de la tête de lecture. La mesure de distorsion d'harmonique 3 est calculée comme dans les cas précédents mais, cette fois-ci, en détectant la présence d'un signal à 3 000 Hz. L'apparition de ce type de distorsion est liée à la qualité de l'électronique.

La bande passante concerne la plage de fré-

suite de la page 135

quences que le lecteur est capable de restituer. L'idéal est que la bande passante de l'appareil soit au moins égale à la plage de fréquences que nous percevons, soit, en gros, de 20 Hz à 18 kHz. Cependant, en électronique, tout phénomène est progressif ; la restitution du son ne s'interrompt donc pas brusquement à partir d'une certaine limite, mais s'atténue progressivement jusqu'à sa disparition. Il faut donc déterminer un seuil au-dessous duquel la perte de volume sonore est trop importante pour considérer le niveau de restitution comme étant convenable. Nous avons

J. S. Bach



fixé ce seuil à -3 dB, ce qui correspond à une perte d'amplitude du signal d'environ 30 %.

Le rapport signal/bruit a également une grande importance sur un baladeur ; ce sont, le plus souvent, les parasites émis par le moteur électrique qui deviennent perceptibles dans le casque.

Pour le pleurage et le scintillement (les fluctuations de la vitesse de défilement de la bande), la mesure a été effectuée sans vibrations ni mouvements. En situation réelle, il est évident que cette mesure serait bien moins bonne.

La majorité des appareils testés sont équipés de correcteurs de tonalité dont nous avons mesuré l'efficacité. Pour les graves, la fréquence choisie pour la mesure est de 100 Hz. Pour les aigus, elle est portée à 10 kHz. Notons que nous n'avons pas pris en compte l'efficacité des correcteurs de tonalité pour le décompte des étoiles techniques attribuées (les * du tableau). En effet, on ne peut guère considérer qu'ils aient une influence primordiale sur la qualité globale du son.

En conclusion, le choix d'un baladeur, nous semble-t-il, dépendra essentiellement de l'équilibre entre votre coup de cœur et votre budget... Tout en sachant qu'un produit à 100 F ne donnera évidemment pas les mêmes satisfactions qu'un autre à 500 F. Au-dessus, c'est essentiellement une question de goût pour son design.

Marque et type	Puissance par canal sous 30 ohms	Distorsion			Bande passante à -3 dB
		Total	Harm. 2	Harm. 3	
Aiwa GS 132	7 mW * **	2,70% ** ***	0,40% *** **	0,90% ** *	18 Hz à 16,5 kHz *****
Aiwa HS-PX 537	10 mW **	1,90% ***	0,40% ***	0,78% **	35 Hz à 13,9 kHz *****
Brandt RP 67	10 mW **	2,60% **	0,75% **	1,20% *	55 Hz à 13,2 kHz ****
Brandt M 166S	4 mW * **	3,50% * **	0,20% *** **	0,65% ** *	65 Hz à 12 kHz **
Grundig BB 38	16,5 mW ***	3% * **	0,25% *** **	1,20% * *	82 Hz à 12 kHz **
Grundig BB 390	5,5 mW * **	2,80% ** *	1,20% * **	0,75% ** *	45 Hz à 12 kHz ****
JVC CX-F 400	2 mW * **	2,50% ** *	0,60% ** **	0,70% ** *	65 Hz à 16,5 kHz ****
JVC CX 77 BK	6 mW * **	1,70% *** *	0,35% *** *	0,50% *** *	62 Hz à 13,5 kHz ***
Panasonic RQ-P 205	2 mW * **	1,80% *** *	0,22% *** **	0,85% ** *	50 Hz à 13 kHz ****
Panasonic RQ-S 75	2,2 mW * **	2,10% ** *	0,35% *** **	0,40% *** *	35 Hz à 14 kHz *****
Philips AQ 6426	17 mW ***	2,10% ** *	0,40% *** *	0,90% ** *	32 Hz à 14,6 kHz *****
Thomson TK 78	10 mW **	4,20% * *	1,30% * *	1,20% * *	30 Hz à 13,5 kHz *****
Thomson TK 100	14 mW ***	3,00% * *	0,70% ** *	1,00% ** *	70 Hz à 13 kHz ***
Sanyo MGP 310D	10 mW **	4,20% * *	1,30% * *	1,20% * *	30 Hz à 13,5 kHz *****
Sanyo MGR 908K	5,7 mW * **	2,55% ** *	0,45% *** *	1,30% * *	50 Hz à 14 kHz *****
Sharp JC 118	12 mW **	3,50% * *	1,20% * *	0,45% *** *	72 Hz à 12,5 kHz **
Sharp JC 212	14 mW ***	2,20% ** *	0,20% *** *	9,00% ** *	68 Hz à 12 kHz **
Sony WM-EX 57	4,5 mW * **	2,50% ** *	0,30% *** *	1,30% * *	22 Hz à 15,5 kHz *****
Sony WM-EX 808 HG	4 mW * **	1,90% *** *	0,35% *** *	1,10% * *	15 Hz à 16 kHz *****

Rapport signal/bruit	Pleurage et scintillement	Correcteurs de tonalité			Nombre d'étoiles techniques	Prix en francs	Rapport qualité/prix noté sur 20	Commentaires
		Bass booster à 100 Hz	Graves à 100 Hz	Aigus à 10 kHz				
53 dB **	0,18% ***	+ 9 dB	+ 9 dB	+ 8,5 dB	19	299	18	Lecteur auto-reverse.
61,4 dB ***	0,25% **	NON	+ 1 dB Filtre DSL	+ 3,5 dB	20	790	13,5	Lecteur auto-reverse. Alimentation par batterie. Adaptateur secteur/chargeur fourni.
48 dB *	0,50% *	+ 13,5 dB	NON	NON	13	299	14	Radio AM-FM incorporée. Lecteur non auto-reverse.
47 dB *	0,40% **	NON	NON	NON	12	99	19	Appareil très simple. Lecteur non auto-reverse. Le moins cher, ne pas s'attendre à des merveilles.
49 dB *	0,25% **	NON	NON	NON	13	110	19,5	Présentation peu attrayante. Lecteur non auto-reverse. Correct pour un petit prix.
51 dB **	0,25% **	NON	NON	NON	14	325	14	Appareil très simple. Lecteur non auto-reverse. Fonction enregistrement. Micro et haut-parleur incorporé.
57 dB **	0,15% ***	+ 13 dB	NON	+ 2 dB ou - 4 dB	16	1 490	11,5	Radio AM-FM incorporée (scanner). Auto-reverse. Alimentation par batterie. Adaptateur secteur/chargeur fourni.
59 dB **	0,25% **	+ 8,5 dB	NON	NON	17	390	15	Lecteur auto-reverse.
53 dB **	0,22% **	+ 10 dB	- 7 dB + 6 dB	- 11 dB + 10 dB	17	299	16,5	Lecteur auto-reverse. Filtre Bass Booster ajustable en efficacité.
54 dB **	0,20% ***	NON	NON	NON	19	1 490	12	Lecteur auto-reverse trois moteurs. Alimentation par batterie. Adaptateur secteur/chargeur fourni.
64 dB ***	0,15% ***	+ 10,5 dB	NON	NON	21	300	19	Lecteur auto-reverse. Boîtier d'apparence fragile. Excellent rapport qualité/prix. Très bon baladeur, d'une grande simplicité.
55 dB **	0,55% **	NON	NON	NON	14	349	14	Radio AM-FM incorporée. Lecteur auto-reverse.
53 dB **	0,30% **	+ 11 dB	NON	NON	15	249	16	Lecteur auto-reverse.
55 dB **	0,55% **	+ 8 dB	NON	NON	14	220	16	Lecteur auto-reverse.
52 dB **	0,20% ***	+ 11,5 dB	NON	NON	17	490	14	Radio AM-FM incorporée (scanner). Lecteur auto-reverse. Fonction réveil et montre.
53 dB **	0,45% *	+ 8,3 dB	NON	NON	12	119	18	Lecteur non auto-reverse. Pas de rembobinage rapide.
51 dB **	0,34% **	+ 9,8 dB	+ 9,6 dB - 8,5 dB	+ 9,8 dB - 9,8 dB	16	199	18,5	Lecteur auto-reverse.
54 dB **	0,19% ***	+ 9,5 dB	NON	NON	18	700	13	Lecteur auto-reverse.
62 dB ***	0,25% **	NON	+ 12 dB	+ 4,5 dB	19	1 500	11,5	Lecteur auto-reverse trois moteurs. Alimentation par batterie. Adaptateur secteur/chargeur fourni.

MALVOYANTS

Une borne d'informations sensitives pour mieux traverser

Fixée à hauteur de main (à 90 cm au-dessus du sol) sur les feux routiers et raccordée à leur système électrique, la borne Bis (borne d'informations sensitives) constitue une aide originale pour les malvoyants (il y a 400 000 aveugles et amblyopes en France). Toute son originalité réside dans l'utilisation, pour transmettre les informations, d'un système vibratoire synchronisé avec le fonctionnement lumineux du feu : la borne Bis ne fait appel qu'au toucher des aveugles. Plus la vibration est intense, moins il reste de temps pour traverser, et vice versa.

Sur la partie supérieure de la borne est, en outre, collée une pastille en braille qui indique à l'aveugle les

Un simple contact avec la borne Bis suffit au malvoyant pour savoir s'il peut, ou non, traverser.



D.R.

particularités de la chaussée sur laquelle il va s'engager (nom, numéro de porte à proximité, sens de la circulation, nombre de voies, etc.).

La borne de base standard, la Bis 1, se décline en d'autres modèles correspondant à des conditions locales particulières. Parmi ceux-ci, une borne interactive : elle est équipée d'un bouton-poussoir. Aux carrefours à feux tricolores non cycliques, l'aveugle lira les renseignements en braille, demandera le feu vert puis recevra l'information vibratoire lui indiquant le moment opportun pour traverser. Bien évidemment, le bouton-poussoir tout comme l'information vibratoire sont à l'usage de tous les piétons.

Une autre borne est équipée d'un système sonore. Ce dernier, qui peut constituer une gêne pour les riverains, n'est mis en place, par exemple, que lorsqu'il y a tellement de personnes sur certains passages piétonniers que l'aveugle peut difficilement se diriger vers la borne pour recevoir les informations sensitives qu'elle délivre.

En matière d'informations parlantes, différents dispositifs ont été prévus pour limiter les nuisances sonores : un capteur permet d'augmenter le niveau sonore dès qu'il y a un flot de voitures, mais l'abaisse dès que ce dernier disparaît. Le dispositif peut encore ne fonctionner que dans certaines plages horaires ou, grâce à son couplage avec un radar, ne se déclencher que lorsqu'il détecte une présence.

Quelques exemplaires de la borne Bis ont déjà été mis en place à Issy-les-Moulineaux, Villefranche-sur-Saône et Bron. Montélimar, Annecy, Lyon et Vénissieux seront les prochaines villes équipées.

Micros pour PME

● 82 % des petites et moyennes entreprises (de 6 à 200 salariés) possèdent au moins un micro-ordinateur, mais elles ne sont que 16 % à être équipées d'un système informatique. Ainsi, ces dernières sont de plus en plus nombreuses à faire communiquer leurs micro-ordinateurs avec l'extérieur : 27 % l'utilisent comme minitel ; 20 % s'en servent pour recevoir ou émettre des fax et autant pour communiquer directement avec leurs clients ou leurs fournisseurs. 51 % de ces entreprises ont connecté leurs micros en réseaux.

SÉCURITÉ

Des cartes infalsifiables pour la police

Les services "actifs" de la Police nationale, ceux qui vont sur le terrain et sont munis d'une carte de "réquisition", vont disposer de nouvelles cartes d'identité professionnelle, qui seront très difficilement falsifiables. Les cartes actuelles sont, en effet, faciles à imiter, leur trafic et leur utilisation frauduleuse importants...

Ces nouvelles cartes – souples mais difficilement cassables – porteront un hologramme limitant les risques de contrefaçon, et elles se détruiront en cas d'utilisation de solvants ou de tentative de décolage de la photographie.

Le renouvellement des cartes s'effectuera en totalité dans les deux années à venir.



TEXTILE

Du coton teint sur pied

Le coton naturel n'est pas forcément blanc. Constitué de poils longs et soyeux qui recouvrent les nombreuses graines du fruit – une capsule qui s'ouvre à maturité – il peut, dans la nature, présenter de multiples couleurs, du brun-rouge au vert pâle, en passant par le kaki. En témoignent les merveilleuses couleurs des tissus naturels indiens d'Amérique du Sud. Jusqu'ici, aux Etats-Unis, en Egypte et dans les autres pays producteurs, ce sont surtout les plantes aux fibres blanches qui ont été cultivées et sélectionnées au fil des ans. La teinture à l'aniline se chargeait de colorer ces fibres.

Aujourd'hui, comme les écolos sont très demandeurs en coton naturellement coloré, le cours de ce dernier est trois fois plus élevé que celui du coton blanc teint. Aux Etats-Unis, des sociétés de biotechnologie se préoccupent de créer des cotonns bleus par génie génétique (*Science & Vie* n° 913, p. 26). Mais il y a plus simple : sélectionner et cultiver les cotonns na-

turellement colorés. C'est ce que font, sur plus de 2 500 ha des plateaux de l'Ouest de l'Arizona, Sally Fox et sa société Natural Cotton Colours, dont le chiffre d'affaires atteint près de 10 millions de dollars (environ 60 millions de francs). Les cotonns *coyote* (couleur fauve), *palo verde* (vert tendre) ou *buffalo* (marron), dont les couleurs s'intensifient au lavage, alimentent une vingtaine de grandes marques comme Levi Strauss.

De son côté, le CIRAD français (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) mène, dans la ferme expérimentale de l'université Kasetsart, en Thaïlande, un programme de sélection de fibres de couleurs de bonne qualité : longueur, finesse, résistance, etc. Il étudie également la possibilité de cultiver à moyen terme le coton coloré dans le midi de la France. M.-L.M.

Usinage (presque) sans fluide

● Le Centre technique des industries mécaniques (CETIM) développe un procédé de microlubrification pour le moins surprenant. Son principe consiste à propulser, sur l'arête de coupe de l'outil, une infime quantité de fluide grâce à de l'air comprimé à faible pression. On crée ainsi un film protecteur qui facilite le frottement et évite l'échauffement. Les résultats obtenus par certains industriels sont parlants. La durée de vie des outils et les conditions de coupe sont améliorées. Aucune lubrification n'est visible à l'œil nu. Les odeurs sont inexistantes, les rejets nuls et la consommation réduite à près d'un demi-litre d'huile par mois pour huit heures de fraisage par jour.

Contact : Gérard Colin, CETIM Saint-Etienne. Tél. : 16 77 43 39 78.

CONDITIONNEMENT

L'emballage métal s'offre la fantaisie



D.R.

Le nouvel emballage métallique des boissons aux fruits Teisseire bouleverse tout l'univers du conditionnement. Teisseire et Carnaudmetalbox, le spécialiste mondial de l'emballage, viennent de réussir une innovation technologique de taille, qui constitue une première mondiale : donner au métal, autrefois privé de fantaisie, la liberté de forme du plastique.

Cette nouvelle technologie est le moulage par expansion sous haute pression d'air. Au départ, une simple feuille de métal mise en forme cylindrique de façon traditionnelle. Cette feuille reçoit des couches de vernis alimentaire sur sa face interne, tandis que sa surface externe est imprimée par photogravure, une impression qui ne prendra sa forme et ses caractéristiques finales qu'après la déformation qu'elle va subir. Le cylindre métallique obtenu est ensuite placé dans un moule où est injectée la forte pression d'air qui donne au métal sa forme finale. Principale difficulté de cette innovation : la forme asymétrique de l'objet à obtenir.

Cette innovation a demandé à

Teisseire et Carnaudmetalbox plusieurs années de recherche. A noter que le nouveau procédé est économique : il épargne 15 % de matière ; et écologique : l'emballage est recyclable à 100 % et presque totalement biodégradable.

La technique de l'expansion sous haute pression d'air, offrant au métal les possibilités de mise en forme jusqu'ici réservées aux matières plastiques, annonce donc une nouvelle ère pour l'emballage. C.L.R.

INFORMATIQUE

Têtes dures pour disques durs

Certains lecteurs ont été surpris par nos considérations sur la dureté des têtes pour disques durs proposées par la société Silmag (*Science & Vie* n° 917, p. 114).

S'il est vrai que, durant le fonctionnement du disque, la tête n'a aucun contact avec la surface de celui-ci et ne s'use donc pas, cela n'est plus vrai lors de l'arrêt de la machine. Dans ce cas, la tête "atterrit", pour "décoller" de nouveau au redémarrage. Cette suc-

cession d'atterrissements s'effectuant pour des vitesses de rotation du disque relativement basses et sur une position quasi aléatoire, ils sont sans conséquence pour le disque lui-même. Néanmoins, ils provoquent une usure de la tête.

Contrairement aux piles, la tête d'un disque dur ne s'use que si on ne s'en sert pas. Disposer d'une tête réalisée dans un matériau particulièrement résistant n'est donc pas dépourvu d'intérêt.

H.-P.P.

Un "centre de ressources" sur la côte d'Azur

● L'idée de la chambre de commerce et d'industrie Nice-Côte d'Azur : mettre en place un "show-room" équipé de moyens techniques sophistiqués, qui permettrait, grâce à une banque de données, de présenter le potentiel de la région à chaque visiteur, quel que soit son centre d'intérêt.

L'industrie de la boule

● Le premier producteur mondial de boules de pétanque, Obut, est une entreprise française implantée sur 12 000 m² d'ateliers, à Saint-Bonnet, la capitale du Haut-Forez (dans le Massif central). Ses 200 employés fabriquent chaque année 4 200 000 boules, qui consomment 3 000 tonnes d'acier. 40 % sont des boules de compétition et 60 %, de loisirs.

POLÉMIQUE

CFC : Elf-Atochem s'énerve

En novembre 1992, les pays de la Communauté européenne déclinaient, par la convention de Copenhague, de limiter en 1994 la consommation de CFC à 25 % de ce qu'elle était en 1986. Pas assez, ou plutôt, trop, tempêta la Commission de Bruxelles qui imposa, également fin 1992, le pourcentage de 15 %, toujours pour 1994.

Or, de façon fort surprenante, cette même Commission vient, par décret, d'accorder l'équivalent de 9 % supplémentaires sous forme de quotas d'importation, au titre de CFC recyclés hors de la Communauté (mais sans possibilité de vérification de la réalité du recyclage) d'une part ; et, d'autre part, au titre de CFC destinés non à des transformateurs mais à des négociants ou à des consommateurs finaux.

Le résultat est "affiché" d'avance : il y aura cette année surcroît de consommation et de production de CFC. Politique de Gribouille, murmurent les grands chimistes. Elle fait aller la Communauté à l'encontre des intérêts de ses propres producteurs dans la mesure où, souligne

Elf-Atochem, ils restent, eux, limités à 15 % de leurs capacités de production de CFC, sans bénéficier des nouveaux quotas, et ils vendront d'autant moins de substituts aux CFC, pour la mise au point desquels ils ont pourtant dû réaliser de lourds investissements. L'affaire est d'importance, Elf-Atochem le dit tout net : «L'Europe, qui s'efforçait d'être en pointe par rapport aux autres pays développés, n'arrive pas à tenir ses objectifs. Elle vient de céder à la pression des consommateurs et de négociants qui pourront ainsi re-

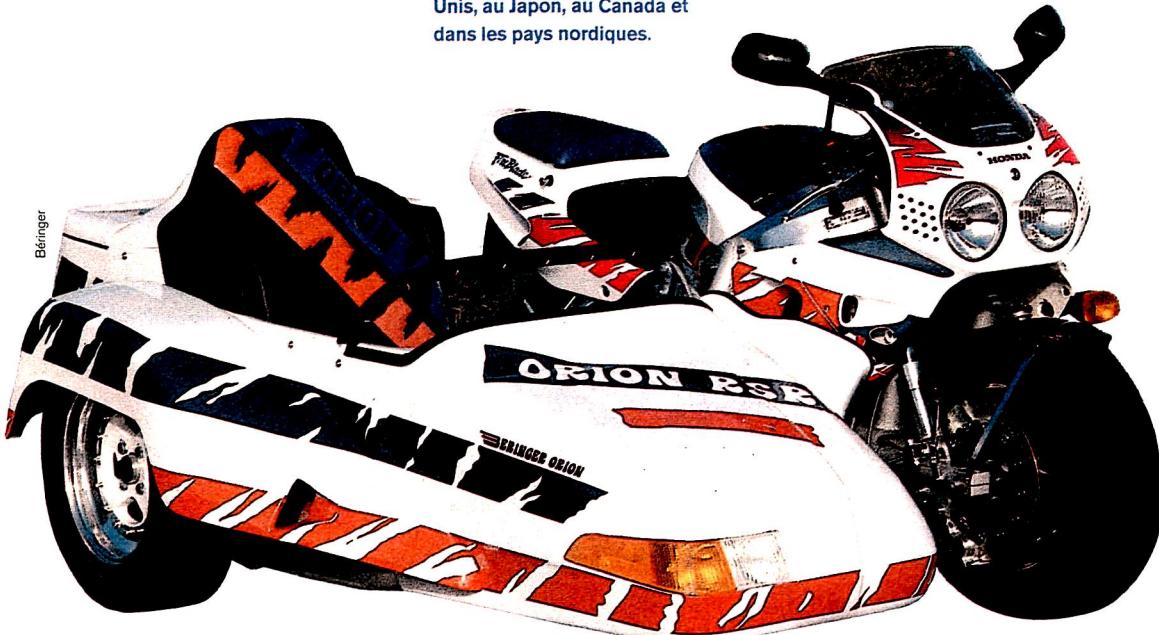
vendre avec profit des produits achetés à bas prix dans des pays non concernés par l'accord de Copenhague, Russie, Inde, Chine, etc.»

Plus difficilement compréhensible est le fait que, dans la foulée, la Commission vient également d'accorder un quota d'importation de 20 000 tonnes/ODP⁽¹⁾ de halon, dont la production est interdite en Europe depuis le 1^{er} janvier 1994 !

(1) L'unité ODP (*Ozone Depletion Potential*) est fonction du potentiel de destruction de la couche d'ozone.

Un revenant bienvenu

● Avec toute sa partie cycle en alliage d'aluminium et sa carrosserie en composite carbone-kevlar, Orion RSR, présenté par la société rhône-alpine Béringer, est un side-car dont la rigidité et la résistance ont été augmentées de 50 % et le poids divisé par deux. Il a été conçu pour être attelé à ce qu'on considère comme la meilleure moto sportive du moment, la Honda 900 CBR. Il foisonne d'innovations technologiques : train avant réglable, freinage à douze pistons sur la roue avant, amortisseurs à réglage d'assiette, etc. Déjà champion d'Allemagne depuis 1992, Béringer cherche un partenaire pour diffuser ses side-cars aux Etats-Unis, au Japon, au Canada et dans les pays nordiques.



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

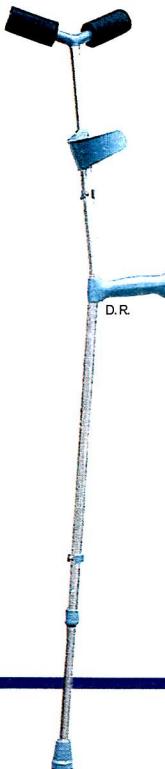
sélectionnons sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir", c/o Science & Vie, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

Des cannes anglaises transformables en béquilles

Quoi ? Ces cannes anglaises présentent des appuis anatomiques décentrés pour plus de confort et d'efficacité et, par simple adjonction d'un embout, elles se transforment en béquilles orthopédiques.

Ces caractéristiques originales leur donnent quatre avantages essentiels :

- la poignée est rapprochée du corps, d'où une plus grande stabilité de marche ;
- le décentrage vers l'intérieur du point d'appui de l'avant-bras implique une plus grande pression sur ce point et assure ainsi une position anatomique de marche normale ;
- transformées en béquilles par simple ajout à leur extrémité supérieure d'un embout muni de deux boudins en mousse, réglable en hauteur, ces béquilles répartissent le poids du corps sur trois points au lieu de deux ;
- et, enfin, l'appui anatomique constitué par ces deux boudins espacés laisse le creux de l'aisselle dégagé.



Marché ? Le prix de revient de ces cannes est le même que celui des cannes anglaises traditionnelles, qu'elles sont destinées à remplacer. Quant à l'embout, il redonne un marché aux béquilles, qui ont été abandonnées tant par le milieu hospitalier que par le grand public, du fait de leur point d'appui sous l'aisselle qui est mal adapté.

Pour qui ? L'inventeur, qui a reçu un accueil favorable du milieu médical, souhaite céder des licences de fabrication pour tout pays.

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.

Additif

● Nous avons publié dans notre n° 919 (avril), p. 123, un écho intitulé "De la nacre pour régénérer et remplacer les os". Il nous faut préciser que les travaux auxquels nous nous sommes référés ont été menés par le laboratoire de physiologie générale et comparée du CNRS, dirigé par Mme Evelyn Lopez. La photo que nous avons publiée nous a été aimablement fournie par ce laboratoire.

ROBOTIQUE

L'aspirateur à la cave !

Se fondant sur le fait que, même quand il aspire la poussière, un aspirateur en soulève et crée des tourbillons éventuellement nocifs pour la santé, et aussi sur le fait qu'il n'aspire que des particules d'une certaine dimension, l'entreprise Heinemann, de Schondorf, en Allemagne, a imaginé un nouveau procédé. Il s'agit d'équiper les appartements de bouches re-

liées à une soufflerie actionnée par un moteur de 1 350 watts, qui se trouve à la cave. `

On aboucherait le tube de l'aspirateur à ces conduits, le contact mettrait le moteur en route, et l'on procéderait au nettoyage comme avec un aspirateur ordinaire.

Prix envisagé (relativement élevé) : 4 000 DM, soit un peu moins de 14 000 F.



IFREMER/Y. Marty/URA-CNRS 322 Brest

AQUACULTURE

Les jeunes coquilles Saint-Jacques comptent les atomes

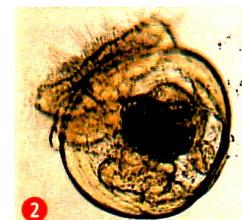
Comme l'huître et la palourde, la coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*) est actuellement élevée dans le cadre d'une aquaculture à grande échelle, ce qui oblige à produire des larves en écloserie. L'ennui est que les techniques d'élevage généralement utilisées sont trop empiriques pour donner une production régulière, à la fois qualitativement et quantitativement. Aussi, pour mieux maîtriser cette production, est-il nécessaire de connaître les caractéristiques du métabolisme des larves dès le premier stade de leur développement.

Cette étude a été menée dans le cadre d'un programme européen de recherche auquel ont participé des scientifiques de l'université de Bretagne occidentale, à Brest, et de l'IFREMER (Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer), à Plouzané. Elle a clairement mis en évidence que, dès l'embryogénèse, puis lors du développement des larves, il existe un métabolisme spécifique qui conduit le mollusque à sélectionner, de préférence, les acides gras polyinsaturés à 22 atomes de carbone,

carbone, alors que l'alimentation naturelle apporte majoritairement des acides gras à 20 atomes de carbone.

Parmi ces acides gras polyinsaturés à 22 atomes de carbone, l'acide docosahexaenoïque joue un rôle essentiel. C'est lui que les larves sélectionnent de préférence lorsqu'elles sont soumises à des régimes alimentaires contenant cet acide gras en proportion suffisante, même non majoritaire.

En revanche, lorsqu'il est absent, ou présent dans la nourriture en trop faible proportion, les larves, lors de leur métamorphose, sont sujettes à des accidents, et cela malgré la présence d'autres



Pour améliorer la production des coquilles Saint-Jacques ① en écloserie, il faut fournir aux larves ② un certain type d'acide gras polyinsaturé.

acides gras polyinsaturés. Pour améliorer les productions, il faut donc augmenter la proportion de cet acide gras dans la nourriture qui est proposée aux larves dans les écloseries. P.R.

Passer d'une fabrication à une autre...

● ... prend un certain temps. Qui peut être réduit, et passer de deux heures à trente-cinq minutes pour une presse de découpe de 200 tonnes. C'est un exemple, entre autres, d'une méthode mise au point par le Centre technique des industries mécaniques. Pour toute information, formation, intervention spécifique en entreprise, animation de groupe de travail, mise en place de plans d'action concernant ces améliorations fulgurantes dans les changements de fabrication, un contact : Patrick Pontier, CETIM Saint-Etienne. Tél. : 16 77 43 19 18.

VÊTEMENTS

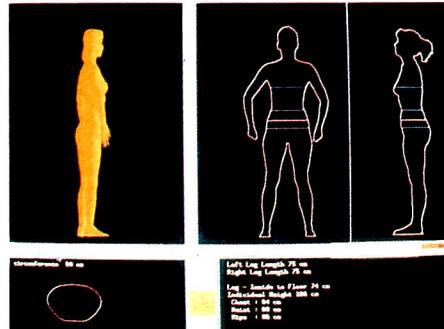
Le sur mesure pour chacun

Le minimum que le client puisse exiger lorsqu'il achète un vêtement, c'est que ce dernier corresponde à sa morphologie, au "volume" de son corps comme on dit dans l'industrie de l'habillement. Or, il y a bien longtemps que le métier artisanal du tailleur a été remplacé par une production massive de vêtements, fondée sur le concept de "tailles". Celui-ci, arbitraire et changeant selon les producteurs, non adapté à la diversité des morphologies humaines, est parfois responsable de l'insatisfaction des acheteurs, d'un stockage considérable de vêtements en attente d'être vendus et de l'augmentation des prix de vente (du fait de l'intégration des coûts d'invendus).

Mida (pour machine d'identification anthropométrique), présentée par la firme Telmat informatique, ne peut donc manquer d'intéresser le secteur des producteurs de vêtements. Dans une simple cabine d'essayage, le système optique de Mida prend les vues de face et de profil d'un individu ainsi que ses mensurations. Ces données sont transférées à un module de classification. Le système informatique "extrait" alors un modèle de cette personne au sein d'un groupe de mannequins-références, auquel est associée toute une gamme de vêtements avec leurs patrons.

Bâche écologique

- Une bâche multi-usage, notamment pour tenir le bois au sec à la mauvaise saison, a été mise au point par l'entreprise Sicalec. Renforcée aux extrémités par un cordon, "Bâche plus" est recyclable.



Mida est destinée aux institutions et aux entreprises – armée, police, compagnies de chemins de fer ou aériennes, etc. – dont le personnel doit porter un uniforme ou un vêtement de travail et pour lesquelles ce dernier constitue un investissement important. Mida s'adresse également aux confectionneurs en gros, qui ont besoin d'une statistique détaillée sur la répartition (régiona-

le, nationale, européenne, voire mondiale) des principales formes du corps humain. Elle leur permet de réaliser des enquêtes d'identification morphologique utiles à la conception et à la distribution de leurs vêtements ; elle leur fournit des informations précises et à jour sur la morphologie de leur propre clientèle, et elle leur permet ainsi d'optimiser leur production.

Mida intéressera aussi les spécialistes du sur mesure. Elle leur permettra de recueillir des informations encore plus précises sur la forme et le volume exacts de chacun de leurs clients, de réduire ainsi leurs délais de confection, et donc d'augmenter leur clientèle potentielle.

POLÉMIQUE

Ingénieurs contre inventeurs...

On connaît déjà le réflexe "NIH" (*Not Invented Here*), particulièrement développé en France, qui fait que les ingénieurs ont tendance à dénigrer les inventions réalisées à l'extérieur de leur entreprise, hors de leur "sérail". « Si c'était valable, pensent-ils, nous y aurions déjà pensé. Et si des éléments extérieurs se mettent à proposer des solutions et que ces solutions, par surcroît, sont bonnes, on va se demander pourquoi nous, ingénieurs "maison", nous n'y avons pas pensé, alors que nous sommes payés pour cela...»

Selon Christian Salaün, membre du Conseil national des ingénieurs et scientifiques de France et du Comité national de la propriété industrielle, qui vient de s'exprimer dans les colonnes de notre confrère *Atouts*, deux autres lourdes charges doivent être imputées aux ingé-

nieurs dans leurs relations avec les inventeurs : « L'ingénieur français va parfois tenter de tourner le brevet que vient lui présenter un inventeur. Ce petit jeu perd rapidement de son intérêt, car l'avantage d'acquérir un brevet consiste justement à gagner du temps dans la recherche. » Autre objectif des ingénieurs français : « Chercher à faire baisser le taux des redevances versées à l'inventeur. Cette recherche de gains se révèle vite imprudente dès lors qu'elle prend du temps, pour les raisons évoquées ci-dessus. De plus, selon le principe de l'inélasticité de la demande, un bon brevet, dont découlera un bon produit, se vendra aussi bien 105 F que 100 F. Si ces négociations traînent en longueur, elles sont inefficaces. »

Nous publierons avec beaucoup d'intérêt l'avis des ingénieurs si vertement incriminés.

ALLUMEZ VOS MENINGES

POUR CONCOURIR...

Les magazines SCIENCE & VIE et SCIENCE & VIE JUNIOR organisent la sélection française de ce grand concours. Vous avez la bosse des sciences ? Vous avez des idées ? Alors allumez vos méninges, et préparez-vous à concourir pour le Trophée Européen.

Pour participer et obtenir votre dossier de candidature ? Il vous suffit de nous adresser, dès maintenant, le bulletin ci-dessous avant le 31 décembre 1994. Puis, avant le 31 mars 1995, vous nous adresserez votre recherche scientifique. Quel genre de recherche ? Vous avez carte blanche, à condition de rester dans le domaine des sciences exactes, naturelles ou de la technologie. Vous pouvez vous engager individuellement ou par équipe (3 personnes au maximum). Le jury, composé de scientifiques, jugera la qualité scientifique de votre recherche et la cohérence de votre démarche.

European contest for young scientists.
Concours gratuit sans obligation d'achat.

Participez

au concours européen
des jeunes scientifiques
et mesurez-vous
aux meilleurs
d'entre-eux.

RÉSERVÉ AUX 15-21 ANS*
* et 1^{re} année d'enseignement supérieur maximum

... AVEC
LES JEUNES
D'EUROPE

La sélection française aura lieu au mois de juin 1995 et la remise des prix au niveau européen, en septembre 1995 à New Castle (GB).

Parmi les nombreux prix, des chèques de 5 000 écus (environ 35 000 F), des stages en laboratoire et aussi la possibilité de faire avancer vos idées et progresser votre esprit créatif avec des savants de renommée internationale. Alors pour gagner, posez vite votre candidature et bonne chance.

Avec la participation de l'ANSTJ, du CNES, du CNRS, de l'IFREMER, de l'INRA, de l'INSERM. Sous l'égide de la CEE et sous le patronage des Ministères de l'Education Nationale et de la Recherche.

DEMANDE DE DOSSIER DE CANDIDATURE

à retourner sous enveloppe affranchie avant le 31 décembre 1994 à
CONCOURS EUROPEEN DES JEUNES SCIENTIFIQUES 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 PARIS CEDEX

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

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Date de naissance _____ Niveau d'études _____

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.

MATERIAUX

Cure d'amaigrissement pour les câbles

Des câbles électroniques, dans un avion, il y en a partout. Ils se croisent, s'entrecroisent, partent et retournent du cockpit à la queue, au train d'atterrissement ou aux ailes.

Un chiffre : un avion de trois cents places est équipé, dans sa seule zone pressurisée, d'une masse de 620 kg de câbles de cuivre... C'est dire combien les avionneurs sont intéressés par tout ce qui peut alléger ce câblage. Un exemple : si, sur cet avion de trois cents places, on réussissait à diminuer de moitié la masse du câblage, on pourrait embarquer à chaque vol deux personnes de plus. Sur le plan purement théorique, en supposant que l'avion tourne toujours à plein, la compagnie aérienne qui l'exploite augmenterait ainsi ses revenus de quelque 60 millions de francs !

Des câbles électroniques, tous les équipements avionautiques spatiaux, civils et militaires en sont bourrés : les avions, nous l'avons dit, mais aussi les hélicoptères et les satellites. Même l'industrie auto-

mobile souhaite vivement alléger les futures voitures électriques.

Toujours théoriquement, sur un satellite, cette fois, chaque kilo de masse sèche épargné correspond à une économie d'environ 300 000 F français. Autre manière de voir les choses : réduire la masse sèche d'un satellite de 6 kg permet de charger davantage d'ergol et d'augmenter la durée de vie des satellites de trois à quatre mois, ce qui correspondrait, pour la société exploitant ce satellite, à un revenu supplémentaire d'environ 100 millions de francs !

Or, un câblage électronique allégé – dans les proportions que nous avons dites – existe désormais et est industriellement disponible. Les firmes Axon Câble et l'Aérospatiale ont mis au point l'Axalu, un conducteur en aluminium.

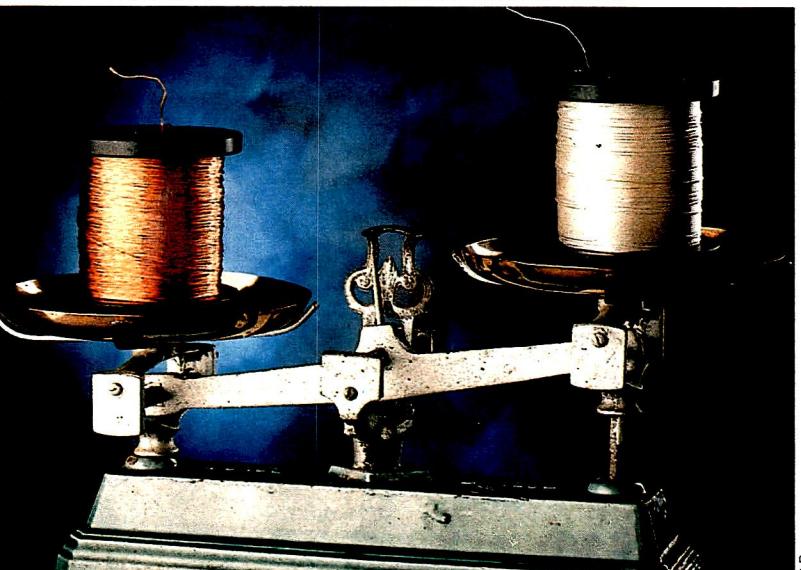
L'utilisation de l'aluminium pour le câblage présentait jusqu'à présent des difficultés majeures dues à la formation de l'alumine. Cet oxyde non conducteur se développe très rapidement à la surface de

l'aluminium exposé à l'air. L'alumine ayant des propriétés isolantes, la résistance du conducteur aluminium augmente, ce qui provoque un échauffement du câble avec des risques de fusion et d'incendie.

Un contact électrique par sertissage et/ou soudure ne peut être réalisé qu'avec de l'aluminium revêtu d'un métal conducteur. Or, l'alumine rend l'électrolyse difficile en empêchant la bonne tenue de tout revêtement sur le conducteur aluminium. C'est là qu'intervient le procédé mis au point par Axon et par l'Aérospatiale. Il permet de casser l'alumine et d'acrocher le revêtement.

Comment ? C'est secret, bien sûr. Gage de son bon fonctionnement et de son efficacité : le procédé vient de se voir attribuer le prix Innovation Défense, décerné une fois par an par le ministère de la Défense. Dans l'immédiat, le nouveau matériau devrait être utilisé sur les satellites *Turksat* et *Arabsat II*, les zones pressurisées des avions civils, les hélicoptères Tigre et NH 90, les avions de combat, ainsi que sur différents matériels embarqués (missiles, systèmes d'armes, systèmes électroniques, etc.). Et, déjà, des industriels hors aéronautique tendent l'oreille.

A gauche, du câble en cuivre, à droite, du câble en Axalu...



Un nouveau parpaing...

- ... deux fois plus long et deux fois plus léger que le parpaing classique, est fabriqué par une entreprise du centre de la France. En béton et polystyrène, il se pose rapidement, à sec. Et le polystyrène expansé lui confère un excellent coefficient d'isolation tant phonique que thermique.

Des éléments radioactifs pour draguer à coup sûr

On drague soigneusement un port et ses chenaux d'accès, par exemple, ceux de Zeebrugge, en Belgique ; on emporte vase, détritus et autres sables à 15 km au large ; on les noie par 16 m de fond ; et, de dix à quinze jours plus tard à peine... tout est à recommencer ! Il faut à nouveau draguer port et chenaux d'accès. Parce qu'une nouvelle vase et d'autres sédiments ont remplacé les premiers ? C'est bien ce que l'on croyait jusqu'à ces dernières années, jusqu'à ce qu'on s'aperçoive que ce sont les mêmes, entraînés par les courants marins et les marées, qui reviennent inexorablement à leur point de départ.

Cette découverte a été effectuée par le SAR, le Service des applications des radioéléments du CEA (Commissariat à l'énergie atomique). Celui-ci a acquis une expérience et un savoir-faire internationalement reconnus pour repérer les radioéléments dans les milieux liquides et suivre le cheminement de sédiments et de polluants dans une nappe phréatique, un fleuve ou une zone maritime côtière.

A Zeebrugge, les spécialistes du SAR ont marqué les sédiments dragués à l'aide d'hafnium 181, un radioélément qui a une période de quarante-cinq jours, c'est-à-dire qu'il perd la moitié de sa radioactivité en un mois et demi. Le cheminement des sédiments jusqu'à leur point de départ a été reconstitué à partir d'échantillons prélevés dans des ports du littoral : Nieuwpoort, Ostende, Blankenberge, enfin Zeebrugge. Une fois séchés et tamisés, ils ont été analysés par spectrométrie gamma, ce qui a permis de retrouver ceux qui avaient été marqués.

La poursuite des études du SAR est justifiée par les économies qu'elles permettent : le déplacement

d'un simple mètre cube de sédiments coûte 15 F ; or, la France, par exemple, doit draguer 40 millions de mètres cubes par an.

Ces études permettent aussi d'évaluer l'impact de travaux. Ainsi les responsables de la ville de Singapour ont-ils eu recours aux spécialistes du SAR pour estimer les conséquences de la construction de leur aéroport international. L'édification simultanée d'une plage de 12 km de long et le déchargeement dans la mer de millions de tonnes de résidus pouvaient provoquer l'envasement du port, en modifiant les courants et en créant des remous transportant les particules les plus fines. Il fallait donc déterminer les meilleurs sites de déversement. Au large de la zone menacée, de très fines particules marquées avec de l'or 198 ont alors été mêlées à la vase, afin de suivre leur vitesse et



Lendrier/REA

Afin de suivre leur cheminement dans la mer, on marque les sédiments à l'aide d'un radioélément.

leur trajet dans l'eau. Cette étude, financée avec l'aide de l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique), a protégé le port de Singapour de l'envasement, et elle a aussi permis d'économiser trois millions de dollars (dix-huit millions de francs) sur la construction des ouvrages maritimes.

SOCIÉTÉ

Travail à temps partiel : si on osait...

Effectuée pour le Commissariat général au Plan, une étude sur le travail à temps partiel (TTP) dans la Fonction publique le montre nettement : ce dernier répond à une réelle demande sociale. Plus d'un fonctionnaire sur cinq souhaite réduire ses horaires. Et ce souhait est général, il ne concerne pas seulement les femmes, les mères de jeunes enfants ou celles qui appartiennent aux catégories aisées.

Alors, pourquoi le TTP est-il si peu répandu ? Les principaux obstacles actuels à son développement tiennent, d'une part, à la méconnaissance de leurs droits par les agents ; et d'autre part, semble-

t-il surtout, aux freins psychologiques. Ces derniers sont liés à l'image du TTP, selon laquelle cette formule serait réservée à des agents à faibles responsabilités, voire à des individus "peu attachés à leur travail". Et on a le sentiment que le TTP pourrait gêner l'évolution de la carrière.

Le ministre de la Fonction publique doit prochainement prendre une série de mesures afin de faire sauter ces verrous.

S'il en est ainsi dans la Fonction publique, où l'on bénéficie d'une large protection sociale, on imagine l'image que le TTP peut avoir dans le secteur privé et les craintes qu'il peut susciter...

BIOTECHNOLOGIE

Bientôt des plantes productrices de plastique ?

En l'an 2000, les terres à blé mises en jachère par la crise de l'agriculture pourraient bien devenir des "terres à plastique", c'est-à-dire des surfaces où l'on cultiverait des plantes produisant des fibres de polyester naturel, au lieu des protéines et glucides habituels.

Cette idée a pris corps dans les années soixante-dix, quand la crise du pétrole et les revendications des écologistes obligèrent à repenser le problème de la production des matières plastiques. Il fallait désormais envisager de fabriquer

ces dernières à partir d'une autre source que les hydrocarbures habituels, devenus chers, et les rendre plus facilement biodégradables. D'où l'idée de s'orienter vers des résines naturelles produites à partir de plantes "bricolées" génétiquement.

Dans les faits, avant d'en venir là, plusieurs étapes furent nécessaires. Dans un premier temps, on s'orienta vers des plastiques fabriqués avec de l'amidon de céréales, qu'on utilisa pour fabriquer des emballages et des napperons de

table. Dans un second temps, les recherches s'axèrent sur un polymère, le polyhydroxybutyrate (PHB), normalement synthétisé par des bactéries du sol, dont elles se servent comme source d'énergie pour leur métabolisme. Ce plastique a l'avantage d'être naturellement biodégradé par des enzymes du sol. Il sert notamment, en Angleterre, à fabriquer des bouteilles pour shampooing. L'ennui est que son coût de production est environ quinze fois plus élevé que celui des plastiques conventionnels.

D'où la troisième approche, qui consiste à prélever les gènes bactériens de synthèse du PHB et à les introduire dans des semences de plantes qui, en poussant, produiront des fibres de polyester. Ces fibres, disponibles en grande quantité et faciles à extraire, reviendront donc forcément moins cher que celles produites par les bactéries. C'est la voie choisie par l'équipe d'Anthony Sinskey, professeur de microbiologie au Massachusetts Institute of Technology et conseiller chez Metabolix, société américaine spécialisée dans les biotechnologies.

«Les pommes de terre et les champignons seraient les meilleurs candidats pour recevoir les gènes bactériens», estime Tillman Gerngross, chercheur chez Metabolix. «Cependant, ajoute-t-il, nous n'en sommes pour l'instant qu'au stade des essais *in vitro*.» Six ans serait, lui semble-t-il, un délai suffisant pour passer de l'éprouvette à la culture intensive. Cela nous conduit à l'an 2000. P.R. ■

Le pied vert

● Nike, numéro un mondial des articles de sport, teste aux Etats-Unis une opération de recyclage qui est aussi une bonne idée commerciale : tout acheteur se voit en effet offrir une remise de 10 dollars (environ 55 F) s'il rapporte ses baskets usagées. Les chaussures récupérées sont recyclées. Après broyage et séparation des différents éléments, le caoutchouc des semelles doit servir à construire des pistes d'athlétisme ou des courts de tennis ; le rembourrage sera utilisé comme isolant ou comme bourse à matelas. L'expérience américaine de Nike devrait être étendue à l'Europe et à l'Asie, lorsque l'entreprise, qui produit près de 100 millions de chaussures dans le monde, aura trouvé des partenaires pour mettre en place la filière de récupération et de recyclage. Reebok, le rival de Nike, a riposté en lançant une ligne de chaussures de randonnée, la Telos, composée à 60 % de matériaux recyclés...



On collaboré à cette rubrique : Christelle Le Ray, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel et Pierre Rossion.

DECOUVREZ LE PANORAMA

**SCIENCE
& VIE**

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



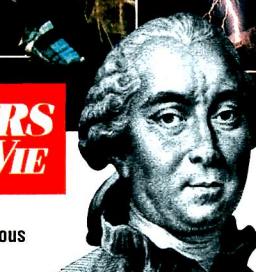
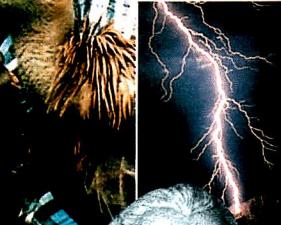
DE LA
**PRESSE
SCIENTIFIQUE...**

**SCIENCE
& VIE**
HORS SERIE

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

**LES CAHIERS
DE SCIENCE & VIE**

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



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

FORMULE N° 1

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

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

333 F

seulement au lieu de 456 F *

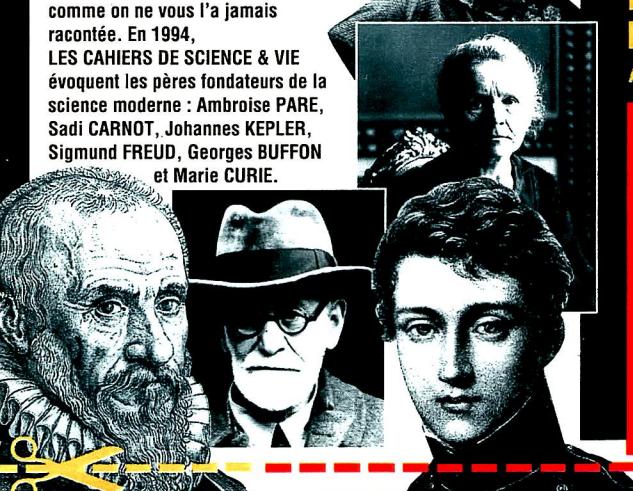
FORMULE N° 2

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

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

398 F

seulement au lieu de 556 F *



BULLETIN D'ABONNEMENT A TARIF PRIVILEGIÉ

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

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



FORMULE N°1 : PANORAMA DE LA SCIENCE (18 N°s)

333 F seulement au lieu de 456 F * / **123 F** d'économie



FORMULE N°2 : MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE (22 N°s)

398 F seulement au lieu de 556 F * / **158 F** d'économie

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

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

OFFRES VALABLES JUSQU'A FIN 1994. ET RESERVÉES A LA FRANCE
METROPOLITAINE.ETRANGER: NOUS CONSULTER Tel (33-1) 46 48 47 08
Vous pouvez aussi vous abonner par Minitel en tapant 3615 ABON

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

DROITS RESERVÉS

RC PARIS B 572 134 773

SV 921

Le four à micro-ondes

On fait de la cuisson sur ondes électromagnétiques depuis que le monde est monde : en mettant le gigot au-dessus des braises.

On les a aujourd'hui remplacées par un magnétron, qui émet des ondes un peu plus longues que l'infrarouge ; mais le principe reste le même.

Faire la cuisine avec la radio est fort courant : d'une main on règle la station et de l'autre on tourne la casserole sur le gaz. Cela se fait depuis plus de cinquante ans. Mais, et c'est plus récent, on descend des grandes ondes aux petites ondes, de là, aux ondes courtes, puis aux ultracourtes de la modulation de fréquence. Encore un cran vers le bas, et on arrive aux micro-ondes : plus besoin de gaz, on met directement la casserole sous l'émission radio, et le plat est cuit en moins de deux minutes.

Finalement, on cuisine bien avec la radio ou, plus précisément, avec un émetteur radio, qui aurait aussi bien pu servir au radar de l'aérodrome voisin ou à la retransmission du match retour Agen-Béziers. C'est ici qu'il faut rappeler une chose à laquelle on pense rarement : les ondes radio transportent de l'énergie. Les opérateurs radar y font attention, pas les auditeurs de la radio ou les spectateurs de la télévision.

Certes, il faut tenir compte de la manière dont cette énergie est absorbée et, pour cela, donner un premier coup d'œil au vaste spectre des ondes électromagnétiques. Celles-ci sont faites de la propagation simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique, dont les plans d'oscillation sont à angle droit ; ces oscillations sont sinusoïdales, et leur vitesse de propagation est de 300 000 km/s.

La fréquence de ces oscillations va du plutôt lent à l'hyper-rapide : de quelques périodes par seconde à des milliards de milliards de périodes par seconde, sans que l'on sache très bien où se situent les limites aux deux extrémités – la seule chose certaine étant qu'il n'y a ni infiniment lent ni infiniment rapide, l'infiniment petit et l'infiniment grand étant des notions essentielles en mathématiques, mais peu réalistes en physique.

Un champ magnétique est capable, on le sait, d'actions à distance : un aimant peut soulever un clou, donc fournir un travail ; un champ magnétique est donc porteur d'une certaine énergie potentielle. Il en va de même du champ électrique, bien que son action soit, à notre échelle, moins forte ; mais une tige de plastique électrisée peut attirer des brins de fil ou des miettes de polystyrène expansé : là encore il y a travail, donc énergie.

Un champ électromagnétique transporte donc de l'énergie ; mais, selon sa fréquence, nous serons sensibles ou insensibles à cette énergie. L'unité de fréquence est le hertz, une oscillation par seconde, mais on peut aussi caractériser un phénomène périodique par sa longueur d'onde, distance qui sépare deux maxima ou deux minima d'intensité – par exemple, dans le cas d'ondulations à la surface de l'eau, la longueur d'onde est l'écart entre deux crêtes ou deux creux de vagues.

Il en découle que la vitesse de propagation d'un phénomène oscillant est égale au produit de la longueur d'onde par la fréquence. Pour les ondes électromagnétiques qui nous intéressent ici, les longueurs d'onde auxquelles nous sommes particulièrement sensibles sont celles qui vont de 0,4 µm à 0,8 µm (1 µm = 1 millième de mm) et que nous percevons comme lumière visible. Un éclair de flash dans les yeux, un rayon de Soleil un peu vif nous prouvent tout de suite que cette lumière transporte de l'énergie. En revanche, une statue de verre ne sentirait rien puisque la lumière traverse le verre sans être absorbée et sans y laisser son énergie.

Face à un rayonnement électromagnétique, il existe donc des matériaux qui sont transparents, d'autres qui sont opaques (le rayonnement est absorbé et cède son énergie), et d'autres enfin qui sont réfléchissants (le rayon rebondit sur la surface).

En pratique, il y a toujours simultanément les trois processus, transmission, absorption, réflexion, mais en général l'un d'eux prédomine et les deux autres restent négligeables. Tout dépend de la fréquence du rayonnement et de la nature de la substance : un même élément peut être surtout transparent pour une fréquence, plutôt opaque pour une autre, de nouveau transparent pour une troisième, et ainsi de suite.



D.R.

Il cuit en profondeur...

... grâce au rayonnement micro-onde, le même que celui des radars.

C'est ainsi que, au-delà des fréquences que nous percevons comme lumière violette, existent des rayons ultraviolets, puis X, puis gamma – en allant vers des fréquences de plus en plus hautes comme on monterait les gammes vers les aigus sur un clavier de piano. Nous ne percevons pas directement les ultraviolets bien que la peau, qui leur est opaque, y soit très sensible : l'énergie absorbée se traduit par des coups de Soleil et des réarrangements moléculaires qui peuvent mener à des tumeurs.

En descendant les fréquences dans l'autre sens vers le bas, à partir du rouge, on trouve d'abord l'infrarouge qui pénètre plus profondément dans la peau que le visible : son énergie est absorbée, ce qui se traduit par un échauffement que tout le monde a éprouvé : on sent à distance la chaleur d'un fourneau ou d'un tas de braises, et on peut constater qu'effectivement la peau et les habits commencent à être vraiment chauds.

Un rayonnement infrarouge intense, comme celui dégagé par un incendie ou par la coulée d'un haut fourneau, entraîne en peu de temps, et même à plusieurs mètres, une élévation de température telle qu'il y a brûlure nette

de la peau et inflammation des vêtements – ou de toute autre matière combustible laissée longtemps à proximité de la source de rayonnement.

L'infrarouge s'étend, en longueur d'onde, de 1 µm à 1 mm. Au-delà commence le domaine des micro-ondes, celles des radars, des radiotélescopes et des fours dont on se sert à la cuisine. Précisons toutefois que les ondes restent de même nature, qu'il s'agisse des rayons X, d'une lumière verte ou des grandes ondes de la radio ; dans tous les cas, il s'agit toujours des ondes électromagnétiques.

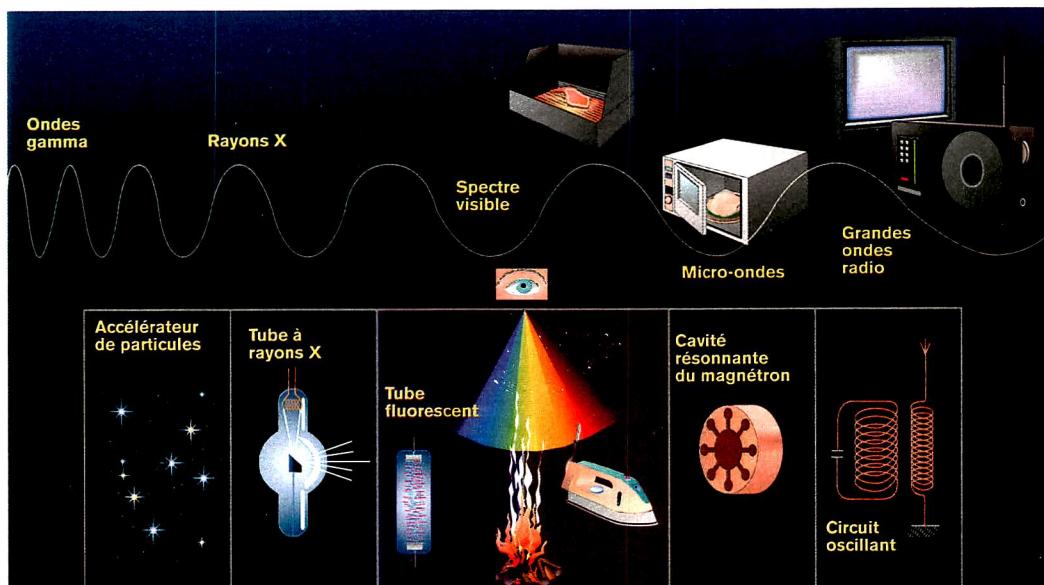
L'effet des ondes sur la matière dépend des propriétés électriques et magnétiques du matériau rencontré, mais obéit aussi à ce qu'on appelle l'effet d'échelle : à très haute fréquence, les longueurs d'onde sont proches des dimensions moléculaires, et les rayons X ou gamma agissent directement sur les particules atomiques, sur les atomes et sur les molécules. Ce sont des rayonnements ionisants ; ils traversent la plupart des corps

organiques et, plus difficilement, les métaux, mais leur passage se traduit par des modifications de répartition des charges dans les atomes (c'est l'ionisation).

Les ultraviolets sont beaucoup moins pénétrants : les métaux les réfléchissent en majeure partie mais ils pénètrent les corps organiques sur une faible profondeur. A partir du visible, les métaux deviennent complètement réfléchissants pour toutes les longueurs d'onde, mais il n'en va pas de même des tissus animaux : l'infrarouge, nous l'avons dit, pénètre plus loin que le violet, et les micro-ondes traversent plusieurs centimètres avant d'être totalement absorbées.

Au-delà, pour les longueurs d'onde dépassant quelques mètres, les corps organiques deviennent transparents comme ils l'étaient pour les rayons X : les ondes radio traversent un animal ou un arbre aussi aisément et sans plus de conséquence que la lumière traverse le verre. C'est donc entre le micromètre de l'infrarouge et les 30 cm des micro-ondes qu'il y a le maximum de pénétration et d'absorption du rayonnement.

Du moment où le rayonnement est absorbé, son énergie l'est aussi ; dans le cas des tissus



suite de la page 151

animaux, cette énergie va se retrouver sous forme de chaleur. La longueur d'onde de l'infrarouge est proche de la dimension d'une cellule, et l'absorption commence dès les premières cellules rencontrées, donc sur une faible profondeur. L'énergie électromagnétique se retrouve sous forme d'agitation moléculaire, laquelle traduit tout simplement une élévation de température en surface.

Dès l'invention du feu, on a cuit les aliments aussi bien par contact avec une pierre chauffée sur les flammes que par transformation en chaleur d'un rayonnement électromagnétique : la cuisine avec des ondes date de la préhistoire. Quand on expose un morceau de viande à un tapis de braises, la chaleur des braises n'est pas transmise par conduction puisqu'il n'y a pas contact.

En réalité, c'est le rayonnement infrarouge émis par ces braises qui est absorbé et transformé en chaleur à la surface de la viande. Les infrarouges pénétrant peu, la surface se trouve vite grillée tandis que l'intérieur reste rose ou carrément rouge. La viande n'est jamais vraiment cuite en profondeur, bien que la chaleur de la surface se trans-

mette lentement par conduction à tout le morceau. Ce style de cuisson est toujours utilisé sur les braises de la cheminée, sur celles du barbecue, ou avec des résistances portées au rouge dans les grille-pain.

Si l'on veut une cuisson en profondeur, il faut utiliser une plus grande longueur d'onde, de l'ordre d'une dizaine de centimètres. Mais ces rayonnements, qui existent en proportion infime dans le rayonnement solaire ne sont émis ni par les flammes ou les braises, ni par des filaments portés à incandescence par effet Joule. En revanche, on peut les obtenir avec un émetteur d'ondes radio d'un type très particulier, le magnétron, qui ne sera pleinement maîtrisé que dans les années 1935 et servira d'abord et avant tout pour les radars.

Ce n'est qu'en 1947 qu'il sera utilisé pour la cuisine dans des cantines militaires. Le magnétron est une sorte de lampe à vide constituée d'un corps d'anode (positif) cylindrique entourant une cathode (négatif) axiale chauffée par un filament à basse tension. On applique une haute tension – de 4 000 à 5 000 volts – entre cathode et anode, et un

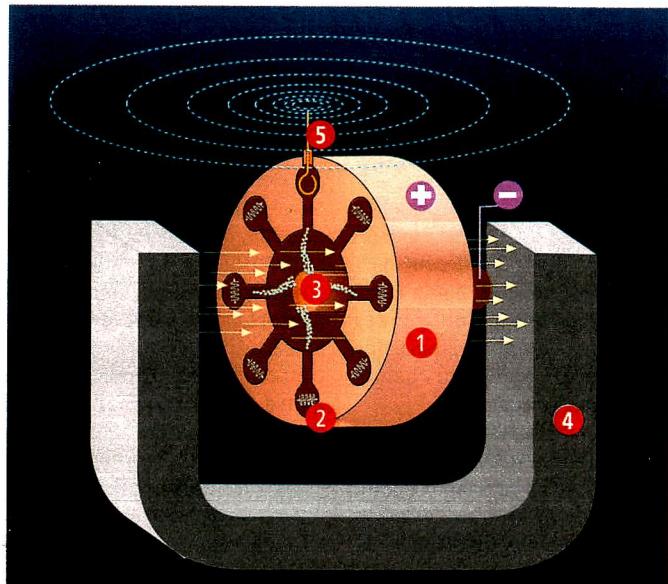
Une seule onde, des milliers de sources

Les rayonnements électromagnétiques s'étendent sans discontinuité des rayons gamma aux grandes ondes radio : seule change la fréquence du phénomène, mais pas sa nature. A chaque fois, nous avons symbolisé l'un des émetteurs possibles d'une gamme de fréquences et, au-dessus, l'un des récepteurs adaptés à cette gamme.

aimant permanent donne un champ magnétique intense dans l'axe de l'anode.

Sans ce champ magnétique, les électrons émis par la cathode portée à incandescence seraient attirés radialement vers l'anode sous l'influence du champ électrique dû à la haute tension. Mais s'il n'y avait que le champ magnétique, ils décriraient une boucle les ramenant vers la cathode. En présence des deux champs, les mouvements se composent et les électrons tournent autour de la cathode en un nuage qui a la forme d'une hélice à plusieurs pales.

Comme on le voit sur le dessin (page ci-contre), l'anode est creusée de cavités communiquant par des fentes avec le trou central occupé par la cathode. En tour-



Dessin A. Meyer

La source de chaleur du micro-onde

Le magnétron, qui équipe tous les fours à micro-ondes et une bonne partie des radars, est fait d'une anode cylindrique 1 percée d'alvéoles 2 communiquant avec la cavité centrale où se trouve une cathode chauffée 3 qui libère des électrons ; ceux-ci sont soumis à la fois au champ magnétique d'un aimant 4 et au champ électrostatique de la haute tension qui règne entre cathode et anode. Sous l'influence de ces deux champs, les électrons tournent en nuages regroupés en ailes de moulin qui engendrent, lors de leurs passages devant les alvéoles, des ondes de haute fréquence qui entrent en résonance dans ces cavités. Une boucle de couplage 5 recueille ces ondes qui seront dirigées vers l'enceinte du four.

nant, le nuage d'électrons engendre des ondes électromagnétiques dont la longueur d'onde est déterminée par le diamètre des cavités qui jouent le rôle de cavités résonantes. Ces ondes sont récupérées par ce qu'on appelle une boucle de couplage et envoyées dans le four lui-même, où sont placés les aliments à chauffer.

En pratique, la fréquence utilisée est de 2 450 mégahertz – il y a 2 milliards 450 millions d'oscillations par seconde –, ce qui correspond à une longueur d'onde de 12,24 cm. Cette longueur est de l'ordre des dimensions humaines, telle la taille d'une main ou d'un muscle, et il y a donc un effet de couplage important. Toutefois, ce sont les propriétés électriques de la matière animale

ou végétale qui vont conditionner l'action de ces micro-ondes.

Les aliments, qu'il s'agisse d'une tranche de rôti ou d'une pomme de terre, renferment surtout de l'eau : de 75 % à 90 % si l'on exclut les os. C'est donc l'action des micro-ondes sur l'eau qui va être essentielle. Or, la molécule d'eau n'est pas électriquement neutre, elle fait partie des molécules, dites polaires, dans lesquelles existe un couple de deux charges électriques voisines, de valeurs absolues égales mais de signes contraires – ce couple forme un dipôle électrique.

Ce dipôle se comporte dans un champ électrique comme une aiguille aimantée dans un champ magnétique : il s'oriente dans le sens des lignes du champ. On véri-

ifie facilement ce fait en approchant un corps électrisé (barreau de plastique frotté sur un tissu sec) d'un filet d'eau coulant du robinet : le filet est dévié par le champ électrique du barreau.

Quand un faisceau de micro-ondes traverse de l'eau, ou un milieu fortement hydraté, toutes les molécules s'orientent dans le sens du champ électrique de ces ondes. Mais comme ce champ change de sens des milliards de fois par seconde, les molécules suivent le rythme et basculent sans cesse à la même fréquence – chacune se comporte comme l'aiguille d'une boussole au-dessus de laquelle on ferait se balancer un aimant.

Ces oscillations entraînent des milliards de chocs qui augmentent l'agitation moléculaire naturelle, à la fois en fréquence et en amplitude. Comme l'agitation moléculaire correspond à la température, celle-ci s'élève. L'énergie du faisceau de micro-ondes se retrouve sous forme de chaleur et ce, jusqu'à une profondeur qui peut atteindre plusieurs centimètres. Contrairement aux ondes infrarouges qui ne cuisent qu'en surface, les micro-ondes cuisent en profondeur.

Mais comme le transfert d'énergie se fait dans un plus grand volume, à énergie rayonnée égale la montée en température est plus lente : un être vivant perçoit tout de suite un rayonnement infrarouge et s'en écarte par réflexe, mais il ressentira trop tard un rayonnement micro-onde, quand la cuisson des zones profondes aura déjà commencé. De là les consignes très sévères prises autour des radars, et la présence de plusieurs dispositifs de sécurité sur les fours micro-ondes destinés à la cuisine.

LE MOIS PROCHAIN :
L'échographie

ELECTRONIQUE *amusante*

Un hacheur pour rappeur

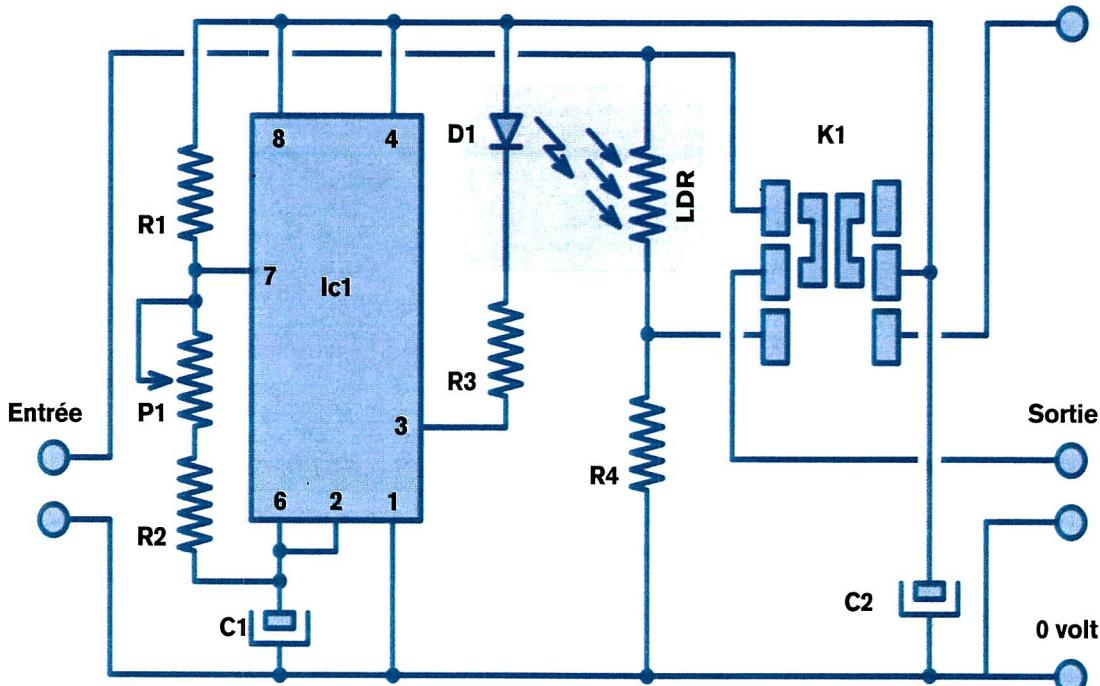
Le petit montage que nous vous proposons de réaliser ce mois-ci s'adresse en priorité aux musiciens. Il s'agit encore d'un générateur d'effets spéciaux. Son but est de hacher les sons, c'est-à-dire de transformer un son continu en une série d'impulsions sonores. Nous avons voulu cette réalisation aussi polyvalente que faire se peut. Il est ainsi possible de l'employer aussi bien directement sur un micro que sur une guitare, un

orgue, voire un lecteur de cassettes ou de disques compacts. En agissant sur la vitesse de "découpage" du son, il est possible, notamment à partir d'un micro, d'obtenir des effets dignes du plus célèbre des "tchatteurs" (celui qui chante, dans les groupes de rap).

Le but de l'opération est de laisser passer, ou d'interrompre, le signal issu de la source quelle qu'elle soit. De plus, afin de conserver la compatibilité entre la

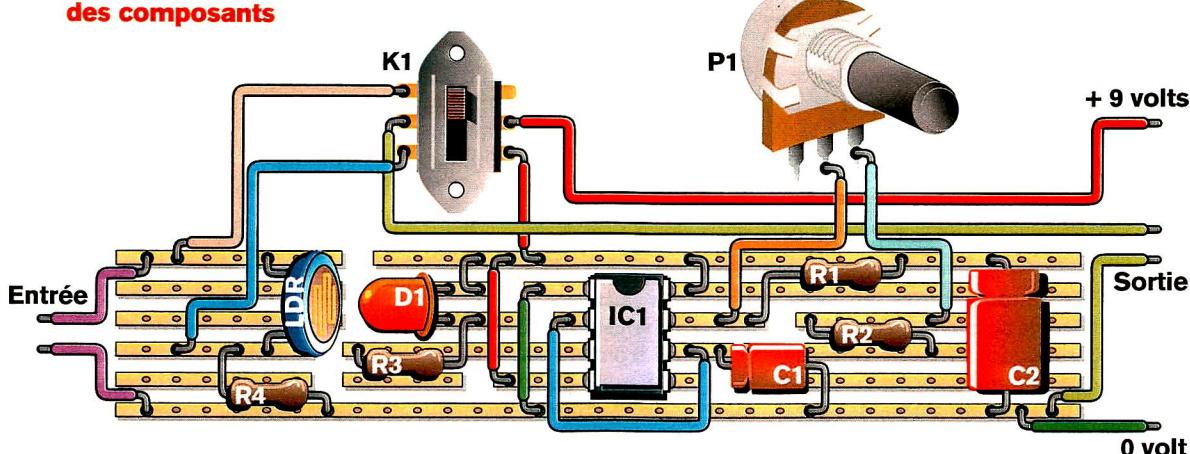
source et l'électronique placée en aval (un micro et l'amplificateur, par exemple), il ne faut pas modifier le signal électrique lorsqu'il est transmis. Nous avons opté pour la réalisation d'un interrupteur "opto-commandé". Une cellule photorésistive LDR et une résistance suffisent pour le fabriquer. Cette solution a pour avantage d'être bon marché et simple à mettre en œuvre. Pour commander l'interrupteur ainsi constitué, nous utiliserons une diode électroluminescente placée en vis-à-vis de la LDR. Dès que la

Schéma électrique



NOMENCLATURE	R1 = 4,7 kilohms R2 = 2,2 kilohms R3 = 470 ohms R4 = 4,7 kilohms	(jaune, violet, rouge, or) (rouge, rouge, rouge, or) (jaune, violet, brun, or) (jaune, violet, rouge, or)	C2 = 100 microfarads 12 volts IC1 = NE 555 D1 = diode électroluminescente
	P1 = potentiomètre 47 kilohms		LDR = cellule photorésistive
	K1 = inverseur à poussoir		Un coupleur pour pile 9 V
	C1 = 10 microfarads 12 volts		Fiches jack ou kinch pour entrée-sortie

Implantation des composants



diode s'éclaire, le son passe ; dès qu'elle s'éteint, il ne passe plus.

Le reste du montage réside donc dans la fabrication d'un "clignotant", ce qui n'est pas compliqué. Pour cela, un NE 555, circuit intégré qui devient l'un des grands classiques de cette rubrique, est utilisé. Ici encore, il est difficile de faire plus simple. Le courant que délivre le circuit intégré étant suffisant pour commander directement la diode, nous connecterons directement celle-ci sur sa sortie par l'intermédiaire d'une résistance. La fréquence d'oscillation du NE 555, donc la vitesse de clignotement de la diode, est fonction des valeurs des composants (résistances et condensateur) qui l'entourent. Afin de pouvoir ajuster cette vitesse, un potentiomètre est intercalé en série avec l'une des résistances.

Nous avons équipé ce montage d'un bouton de mise en route à double fonction, car il serait probablement fastidieux d'utiliser ses effets en permanence. Sur le plan électrique, il s'agit d'un inverseur. D'une part, il assure la mise sous tension du montage et, d'autre part, il aiguille le signal électrique de la source. Lorsque le montage n'est pas alimenté, son entrée et sa

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. : 3 34 13 37 52.
- URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon, Suisse. Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

sortie sont directement reliées. Il devient donc "transparent" sur le plan électrique. En revanche, dès sa mise sous tension, le signal traverse la LDR et, par voie de conséquence, se trouve "haché".

En raison du nombre réduit de composants, le câblage de ce hacheur est à la portée de tous. Il faudra simplement prendre soin de bien respecter les coupures des bandes conductrices de la plaque de câblage aux emplacements mentionnés sur le schéma et sous le NE 555. De même, il est indispensable de respecter son brochage ainsi que la polarité de la diode électroluminescente et des condensateurs. Pour la diode, rappelons que sa patte la plus longue doit être connectée au + 9 volts.

Précisons que, ce montage étant commandé par la lumière, il faut absolument l'habiller d'un petit boîtier pour qu'il fonctionne correctement. L'idéal, surtout si on l'utilise sur un micro, est d'utiliser un boîtier métallique. En le reliant électriquement au 0 volt (à l'aide d'un simple fil inséré dans l'une de ses vis), il constitue un excellent blindage électrique permettant d'éviter les ronflements parasites. Néanmoins, dans ce type de boîtier, il faut veiller à ce qu'aucune soudure de la plaque de câblage ne risque d'établir un contact parasite.

Une solution simple pour prévenir tout court-circuit consiste à loger un rectangle de carton fort entre le boîtier et la plaque électronique. Un morceau de scotch double face est parfait pour assurer sa fixation. Pour l'alimentation de ce montage, le plus facile est d'utiliser une petite pile 9 volts. Sa consommation relativement faible ne justifie pas l'utilisation d'un adaptateur secteur. De plus, un tel adaptateur risquerait d'induire des ronflements parasites.

LE MOIS PROCHAIN :
Un badge psychédélique

INFORMATIQUE *amusante*

Proies et prédateurs

Nous vous proposons, ce mois-ci, de gérer un écosystème relativement simple : seuls cohabitent un certain type de proie et un certain type de prédateur, et ce dans le milieu confiné qu'est l'écran de l'ordinateur. Il est néanmoins possible de jouer sur la durée de vie, sur la période séparant deux reproductions (pour les prédateurs comme pour les proies), sur le temps de survie des prédateurs lorsqu'ils ne trouvent plus à se nourrir et, bien évidemment, sur l'effectif initial de chaque population.

On verra que, dès que l'on mo-

difie l'un de ces paramètres, l'écosystème s'autodétruit. Le but est donc d'obtenir un milieu stable, c'est-à-dire une population en perpétuelle oscillation autour de valeurs moyennes.

Ce logiciel a été entièrement conçu par les élèves de l'école des Roches. Ils en profitent pour vous proposer le défi suivant : trouvez les valeurs adéquates pour chaque paramètre afin d'obtenir un écosystème oscillant sur une période de trois cent jours.

Comment fonctionne ce programme ? Chaque prédateur "regarde" dans les huit cases qui

l'entourent sur l'écran si une proie est présente. Si c'est le cas, la malheureuse est aussitôt dévorée. De plus, tout prédateur bien nourri est au sommet de sa forme et gagne un jour sur le décalage normal de sa reproduction.

L'un des intérêts majeurs du programme réside dans l'utilisation de la touche "espace" : la frappe de cette dernière fait apparaître le graphique de l'évolution de chaque population, qui met notamment en évidence l'oscillation de l'écosystème autour de valeurs moyennes ou, inversement, son emballement dans un sens ou dans l'autre.

Ce logiciel est compatible tant avec le GW Basic qu'avec le Q Basic. Précisons que c'est pour

```
10 REM ****
15 REM * CE LOGICIEL A ETE CONCU ET REALISEE *
20 REM * LES ELEVES DE L'ECOLE DES ROCHES. *
25 REM ****
30CLS : RANDOMIZE TIMER: COLOR 15
40 DIM NPV(300, 2): DIM PROIE$(1000, 5): DIM KASE(84, 27)
50 DIM TS$(12): DIM P(7): DIM NL(1000): DIM NLP(1000):
  DIM PREDA$(1000, 6)
100 DATA Durée de vie des proies  =,Temps de
  reproduction des proies=
110 DATA Durée de vie des prédateurs  =,Temps de
  reproduction prédateurs=
120 DATA Durée de vie sans manger predat.=
130 DATA Nombre de proies  =,Nombre de
  prédateurs  =
140 DATA Proies,Prédateurs, Jour , Space-> graphique, ENTER->
  recommencer
150 RESTORE 100: FOR K = 1 TO 12: READ TS$(K): NEXT K
160 P(1)=7:P(2)=3:P(3)=30:P(4)=7:P(5)=4:P(6)=200:P(7)=50
200 LOCATE 2, 18: PRINT "- PROIES et P R E D A T E
  U R S -"
210 FOR PT = 1 TO 7:LOCATE 2 * PT + 4, 20:PRINT TS$(PT); P(PT)
220 IF PT < 6 THEN LOCATE 2 * PT + 4, 57: PRINT "Jours"
230 NEXT PT
240 LOCATE 21,1:PRINT "Utiliser les flèches pour se déplacer"
250 LOCATE 21,40:PRINT "et modifier les valeurs initiales"
260 LOCATE 22,1:PRINT "Descendre jusqu'en bas pour démarrer
  le programme"
270 LOCATE 23,1:PRINT "Taper I pour retrouver les valeurs
  initiales"
280 PT = 1: GOSUB 400
290 A$ = INKEY$
300 IF ((A$ = CHR$(0) + CHR$(80)) AND (PT = 7)) THEN 500
310 IF A$=CHR$(0)+CHR$(75) THEN P(PT)=P(PT)-1: GOSUB 400
320 IF A$=CHR$(0)+CHR$(77) THEN P(PT)=P(PT)+1: GOSUB 400
330 IF ((A$=CHR$(0)+CHR$(72)) AND (PT>1)) THEN GOSUB 420:
  PT = PT - 1: GOSUB 400
340 IF ((A$=CHR$(0)+CHR$(80)) AND (PT<7)) THEN GOSUB 420:
  PT = PT + 1: GOSUB 400
350 IF ((A$ = "I") OR (A$ = "I")) THEN COLOR 15: GOTO 160
360 IF A$ = CHR$(27) THEN END
370 GOTO 290
400 LOCATE 2 * PT + 4, 53: PRINT " "
410 LOCATE 2 * PT + 4, 53: COLOR 14: PRINT P(PT): RETURN
420 LOCATE 2 * PT + 4, 53: PRINT " "
430 LOCATE 2 * PT + 4, 53: COLOR 15: PRINT P(PT): RETURN
500CLS:COLOR 15:LOCATE 23,1:PRINT TS$(10):LOCATE 23,11:PRINT TS$(8)
510 FOR N=0 TO 83:FOR P=0 TO 26:KASE(N, P)=0:NEXT P:NEXT N
520 FOR N$ = 1 TO 1000
530 PROIE$(N$, 1)=0:PREDA$(N$, 1)=0:NL(N$)=1: NLP(N$)=1
540 NEXT N$
550 LOCATE 23, 24: PRINT TS$(9): LOCATE 23, 41:
  PRINT TS$(11):STRINGS(3,32): TS$(12)
560 FOR N=1 TO 300:FOR P=1 TO 2:NPV(N,P)=0:NEXT P:NEXT N
570 PROI = 14: PRED = 12: NPV(0, 1) = 0: NPV(0, 2) = 0: J = 0
580 FOR N = 1 TO P(6): GOSUB 3500: NEXT N: DN = NPV(0, 1)
590 FOR N=1 TO P(7): GOSUB 2500: NEXT N: DNP=NPV(0, 2): GOSUB 6000
594 REM ****
595 REM * PROGRAMME *
596 REM ****
600 J=J+1: NPV(J, 1)=NPV(J-1, 1): NPV(J, 2)=NPV(J-1, 2)
610 GOSUB 1000: GOSUB 2000: GOSUB 6000
620 A$ = INKEY$
630 IF A$ = CHR$(13) THEN CLS : COLOR 15: GOTO 200
640 IF A$ = CHR$(32) THEN 4000
650 GOTO 600
655 REM ****
660 REM * TRAITEMENT DES PROIES *
665 REM ****
1000 NA = 0: D = 0
1010 IF ((PROIE$(DN, 1)=0) AND (DN>1)) THEN DN=DN-1:GOTO 1010
1020 FOR N = 1 TO DN
1030 A = PROIE$(N, 4): B = PROIE$(N, 5)
1040 IF KASE(A + 1, B + 1) = 2 THEN PROIE$(N, 1) = 0
1050 IF PROIE$(N, 1) = 1 THEN D = D + 1: NL(D) = N: GOTO 1110
1060 PROIE$(N, 2) = PROIE$(N, 2) + 1
1070 IF PROIE$(N, 2) > P(1) THEN GOSUB 3600: GOTO 1110
1080 PROIE$(N, 3) = PROIE$(N, 3) + 1
1090 IF PROIE$(N, 3) > P(2) THEN : NA=NA+1: PROIE$(N, 3)=0
1100 GOSUB 3700: PROIE$(N, 4) = AA: PROIE$(N, 5) = BB
1110 NEXT N
1120 FOR X = 1 TO NA
1125 IF NPV(J, 1)>998 THEN GOTO 4000
1130 IF X <= D THEN N = NL(X) ELSE DN = DN + 1: N = DN
1140 GOSUB 3500: NEXT X
1150 RETURN
1155 REM ****
1160 REM * TRAITEMENT DES PREDATEURS *
1165 REM ****
2000 NAP = 0: D = 0
2010 IF ((PREDA$(DNP, 1)=0)AND(DNP>1)) THEN DNP=DNP-1:GOTO 2010
2020 FOR N = 1 TO DNP
2030 A = PREDA$(N, 5): B = PREDA$(N, 6)
2040 IF PREDA$(N, 1) = 0 THEN D = D + 1: NLP(D) = N: GOTO 2120
```

assurer cette compatibilité que ses lignes son numérotées. Rapelons que, bien qu'il n'en ait pas besoin, le Q Basic accepte tout à fait cette numérotation. Le listing peut donc être directement saisi sous l'un ou l'autre de ces Basics.

L'utilisation de ce programme est des plus simples, grâce à la grande convivialité qu'il offre. L'exécution en est demandée dès que la saisie est terminée. Pour cela, il suffit de taper RUN en GW Basic ou de "cliquer" sur Exécution-Démarrer en Q Basic. Aussitôt, un écran d'initialisation des paramètres de départ des populations apparaît.

Pour accéder à une valeur, il suffit d'utiliser les flèches de déplacement curseur (flèche vers

le haut ou flèche vers le bas). De même, on modifie une valeur en utilisant les flèches vers la droite ou vers la gauche.

Pour démarrer l'exécution, il suffit de taper plusieurs fois de suite sur la touche "flèche vers le bas", jusqu'à ce que le curseur "sorte" du tableau de valeurs.

Aussitôt, l'écran d'initialisation est remplacé par l'affichage des populations. On voit alors évoluer chaque groupe. De plus, certaines valeurs clés sont rappelées en bas d'écran, à savoir le nombre de jours écoulés et le nombre d'individus de chaque population. Enfin, la frappe de la touche "espace" provoque l'affichage du diagramme de population à tout instant. ■

Une version Turbo Pascal de ce logiciel est disponible. Pour l'obtenir, il suffit d'en faire la demande à l'adresse suivante :

Ecole des Roches
A l'attention de M. Raynaud
BP 710
27130 Verneuil-sur-Avre

Une participation de 100 F pour les frais de duplication est demandée. De plus, elle permettra d'améliorer l'équipement du club informatique de l'école.

LE MOIS PROCHAIN :
Les résultats de notre sondage

```

2050 PREDA$(N, 2) = PREDA$(N, 2) + 1
2060 IF PREDA$(N, 2) >= P(3) THEN GOSUB 2600: GOTO 2120
2070 PREDA$(N, 3) = PREDA$(N, 3) + 1
2080 IF PREDA$(N, 3) >= P(4) THEN NAP = NAP+1: PREDA$(N, 3) = 0
2090 PREDA$(N, 4) = PREDA$(N, 4) + 1
2100 IF PREDA$(N, 4) >= P(5) THEN GOSUB 2600: GOTO 2120
2110 GOSUB 2700: PREDA$(N, 5) = AA: PREDA$(N, 6) = BB
2120 NEXT N
2130 FOR X = 1 TO NAP
2140 IF X <= D THEN N = NLP(X) ELSE DNP = DNP + 1: N = DNP
2150 GOSUB 2500: NEXT X
2160 RETURN
2165 REM ****NAISSANCES PREDATEURS ****
2170 REM * DEPLACEMENT PREDATEURS *
2175 REM ****DEPLACEMENT PREDATEURS ****
2500 PREDA$(N, 5) = INT(1+79*RND): PREDA$(N, 6) = INT(1+22*RND)
2510 IF KASE(PREDA$(N, 5)+1, PREDA$(N, 6)+1) < 0 THEN 2500
2520 LOCATE PREDA$(N, 6), PREDA$(N, 5): COLOR PROIE: PRINT CHR$(148)
2530 PREDA$(N, 1) = 1: PREDA$(N, 2) = 0: PREDA$(N, 3) = 0: PREDA$(N, 4) = 0
2540 IF J > 0 THEN 2570
2550 PREDA$(N, 2) = INT(P(3)*RND): PREDA$(N, 3) = INT(P(4)*RND)
2560 PREDA$(N, 4) = INT(P(5)*RND)
2570 NPV(J, 2) = NPV(J, 1) + KASE(PREDA$(N, 5)+1, PREDA$(N, 6)+1) = 2
2580 RETURN
2585 REM ****AFFICHAGE DU GRAPHIQUE ****
2586 REM * MORT D'UN PREDATEUR *
2587 REM ****DEPLACEMENT PREDATEURS ****
2600 PREDA$(N, 1) = 0: D=D+1: NLP=N: NPV(J, 2) = NPV(J, 1) - 1
2620 LOCATE PREDA$(N, 6), PREDA$(N, 5): PRINT " "
2630 KASE(PREDA$(N, 5) + 1, PREDA$(N, 6) + 1) = 0: RETURN
2640 REM * DEPLACEMENT PREDATEURS *
2700 KASE(A + 1, B + 1) = 0: LOCATE B, A: PRINT " "
2705 WW = INT(3 * RND): ZZ = INT(3 * RND)
2710 FOR E = WW TO WW + 2: FOR F = ZZ TO ZZ + 2
2715 AA = A - 1 + E MOD (3): BB = B - 1 + F MOD (3)
2720 IF KASE(A + 1, BB + 1) = 1 THEN 2780
2730 NEXT F: NEXT E
2740 AA=A-1+INT(3*RND):IF ((AA<1) OR (AA>79)) THEN 2740
2750 BB=B-1+INT(3*RND):IF ((BB<1) OR (BB>22)) THEN 2750
2760 IF KASE(AA + 1, BB + 1) < 0 THEN 2740
2770 GOTO 2790
2780 NPV(J, 1) = NPV(J, 1) - 1: PREDA$(N, 4) = 0: PREDA$(N, 3) = PREDA$(N, 3) + 1
2790 KASE(AA+1, BB+1)=2:COLOR PRED:LOCATE BB, AA:PRINT CHR$(1)
2800 RETURN
2850 REM ****NAISSANCES PROIES ****
2855 REM * NAISSANCES PROIES *
2860 REM ****DEPLACEMENT PROIES ****
3500 PROIE$(N, 4) = INT(1+79*RND): PROIE$(N, 5) = INT(1+22*RND)
3510 IF KASE(PROIE$(N, 4)+1, PROIE$(N, 5)+1) < 0 THEN 3500
3520 LOCATE PROIE$(N, 5), PROIE$(N, 4): COLOR PROIE: PRINT CHR$(148)
3530 PROIE$(N, 1) = 1: PROIE$(N, 2) = 0: PROIE$(N, 3) = 0
3540 IF J=0 THEN PROIE$(N, 2) = INT(P(1)*RND):
            PROIE$(N, 3) = INT(P(2)*RND)
3550 NPV(J, 1) = NPV(J, 1) + 1: KASE(PROIE$(N, 4)+1, PROIE$(N, 5)+1) = 1
3560 RETURN
3565 REM ****DEPLACEMENT PROIES ****
3575 REM ****MORT D'UNE PROIE ****
3600 PROIE$(N, 1) = 0: D=D+1: NL(D) = N: NPV(J, 1) = NPV(J, 1) - 1
3610 LOCATE PROIE$(N, 5), PROIE$(N, 4): PRINT " "
3620 KASE(PROIE$(N, 4) + 1, PROIE$(N, 5) + 1) = 0: RETURN
3630 REM * DEPLACEMENT PROIES *
3700 KASE(A + 1, B + 1) = 0: LOCATE B, A: PRINT " "
3710 AA=A-1+INT(3*RND): IF ((AA<1) OR (AA>79)) THEN 3710
3720 BB=B-1+INT(3*RND): IF ((BB<1) OR (BB>22)) THEN 3720
3730 IF KASE(AA + 1, BB + 1) < 0 THEN 3710
3740 COLOR PROIE: LOCATE BB, AA: PRINT CHR$(148): KASE(AA+1, BB+1)=1
3750 RETURN
3755 REM ****AFFICHAGE DU GRAPHIQUE ****
3760 REM * MORT D'UN PREDATEUR *
3765 REM ****DEPLACEMENT PREDATEURS ****
4000 CLS : SCREEN 9
4010 COLOR (15): LINE (45, 302) - (635, 302): LINE (45, 30) - (45, 302)
4020 FOR PT = 0 TO 9
4030 LOCATE 22 - 2 * PT, 1: PRINT 100 * PT
4040 LINE (43, 302 - 28 * PT) - (47, 302 - 28 * PT)
4050 NEXT PT
4060 FOR PT = 0 TO 5
4070 LOCATE 23, 5 + 12 * PT: PRINT 50 * PT
4080 LINE (45 + 100 * PT, 300) - (45 + 100 * PT, 304): NEXT PT
4100 LOCATE 23, 74: PRINT "JOURS"
4110 FOR PT = 1 TO 5: LOCATE PT, 35: PRINT T$(PT); P(PT)
4115 LOCATE PT, 72: PRINT "Jours": NEXT PT
4120 FOR PT = 1 TO J
4130 COLOR (14): X=45+2*(PT-1): Y=302-INT((NPV(PT-1,1))* .28)
4140 LINE (X, Y)-(4+2*PT, 302-INT((NPV(PT,1))* .28))
4150 COLOR (12): X=45+2*(PT-1): Y=302-INT((NPV(PT-1,2))* .28)
4160 LINE (X, Y)-(4+2*PT, 302-INT((NPV(PT, 2))* .28))
4170 NEXT PT
4180 A$ = INKEY$: IF A$ <> "" THEN CLS : COLOR 15: GOTO 200
4190 GOTO 4180
6000 COLOR 11: LOCATE 23, 5: PRINT J
6010 COLOR 14: LOCATE 23, 17: PRINT NPV(J, 1)
6020 COLOR 12: LOCATE 23, 34: PRINT NPV(J, 2): RETURN

```



La couleur de la respiration

Nous avons vu, dans un précédent article (voir *Science & Vie* n° 920, p. 136), que les végétaux chlorophylliens sont des autotrophes, c'est-à-dire qu'ils sont capables de fabriquer leur propre matière organique à partir d'éléments minéraux prélevés dans l'air et dans l'eau du sol. La source d'énergie primaire qui entretient le fonctionnement de leurs cellules (et, en conséquence, l'ensemble de la biosphère) est l'énergie lumineuse.

En effet, les cellules composant les êtres vivants ne peuvent se maintenir en vie qu'à condition d'effectuer certains travaux : synthétiser leurs propres constituants, absorber certaines substances, se déplacer, etc. Or, les êtres vivants n'échappent pas aux lois physico-chimiques : *dura lex, sed lex*, tout travail se réalise moyennant une dépense d'énergie.

Les animaux, eux, ne sont pas équipés pour utiliser l'énergie lumineuse. Ils utilisent l'énergie chimique contenue dans les aliments dont ils se nourrissent (voir *Science & Vie* n° 915, p. 148) et sont donc qualifiés d'hétérotrophes.

Comment réussissent-ils à extraire l'énergie des aliments ? Les grands scientifiques du XVIII^e siècle, comme J. Priestley et Lavoisier, montrèrent que les animaux consomment l'oxygène de l'air et rejettent du gaz carbonique, tandis que l'azote (plus de 78 % de l'air) ne participe pas à ce phénomène. Ces observations avaient permis à Lavoisier de considérer la respiration comme une oxydation, par analogie avec la combustion. Il suggéra que la chaleur était produite par l'oxydation du carbone et de l'hydrogène contenus dans les aliments.

Ces idées nouvelles constituaient une révolution dans les méthodes de pensée. En effet, des méca-

nismes biologiques étaient interprétés en termes physicochimiques, et ce, rappelons-le, à une époque de vitalisme effréné.

Nous savons aujourd'hui que Lavoisier avait raison. Et pourtant, Auguste Comte, éminente figure du scientisme triomphant au XIX^e siècle, prétendait encore dans les années 1850 que la respiration, loin de produire de la chaleur comme une combustion, servait au contraire à refroidir l'organisme. On peut le comprendre, car un obstacle conceptuel majeur se dressait alors : une combustion s'effectue à haute température avec incandescence alors que la température des organismes dépasse rarement 40 °C.

Le mystère s'épaissit encore lorsque Paul Bert (1833-1886) montra, en 1870, que tous les tissus vivants consomment de l'oxygène et rejettent du gaz carbonique, et qu'ils le font avec des intensités différentes. Près de cent ans après les travaux de Lavoisier, Marcelin Berthelot (1827-1907), l'un des pères de la thermodynamique chimique, mesura l'énergie contenue dans les aliments ingérés et dans les substances excrétées. Il put ainsi calculer l'énergie libérée dans l'organisme par l'oxydation des aliments. Celle-ci s'avérant similaire à la chaleur libérée par leur combustion, il fallut bien admettre que les cellules vivantes étaient capables de mobiliser l'énergie chimique contenue dans les aliments.

Toutefois, puisqu'il ne pouvait s'agir d'une véritable combustion, diverses hypothèses furent formulées suggérant une oxydation lente, par étapes, sans qu'aucune preuve expérimentale ne fût apportée.

Les premières lueurs dans la résolution de ce problème sont dues à F. Schrödinger, un biochimiste autrichien. En 1902, il montre qu'un



Mettons en évidence les oxydoréductions respiratoires

Matériel nécessaire

Un navet, deux petits flacons, du bleu de méthylène (s'adresser à un pharmacien).

Comment procéder ?

Eplucher le navet, en découper une tranche d'environ 5 mm d'épaisseur et partager la tranche en petits cubes. Les répartir en deux lots égaux. Plonger un des deux lots dans l'eau bouillante pendant cinq minutes pour tuer les cellules, et conserver l'autre intact. Placer chaque lot de cubes dans un tube et le remplir avec de l'eau. Ajouter dans chaque lot du bleu de méthylène pour obtenir une coloration bleu clair ①. Commencer par une goutte puis agiter. Plus la couleur sera claire et plus vite l'expérience se déroulera. Il faut donc éviter de mettre trop de colorant. Au bout d'environ une



heure, le tube contenant le navet vivant se décolore, ce qui n'est pas le cas du tube contenant le navet tué ②. La même expérience est possible avec des cellules animales en remplaçant les cubes de navet par le corps d'une moule vivante extraite de sa coquille.

Explications

Le bleu de méthylène présente un double intérêt : d'une part, à faible concentration, il n'est pas toxique pour les cellules vivantes et, d'autre part, c'est un indicateur d'oxydoréduction. A l'état oxydé il est bleu, tandis qu'à l'état réduit il est incolore. Quand les cellules sont vivantes, elles dégradent leurs réserves et elles arrachent donc aux substrats du pouvoir réducteur, pris en charge par les transporteurs. Une partie de ces transporteurs cède le pouvoir réducteur qu'ils transportent, sous forme de protons et d'électrons (donc d'hydrogène), au bleu de méthylène baignant les cellules, qui se retrouve alors réduit et qui se décolore. Ce processus ne se déroule pas dans les cellules mortes : le liquide qui les environne reste bleu puisque le colorant reste à l'état oxydé.

colorant comme le bleu de méthylène est capable de fixer de l'hydrogène au cours de la respiration des tissus, ce qui prouve qu'il y a bien oxydation par départ d'hydrogène. Ainsi, au début du siècle, la respiration est comprise comme une suite de réactions chimiques au cours desquelles les substances organiques issues de la digestion perdent progressivement leur carbone et leur hydrogène en libérant de l'énergie. Comme, entre-temps, on avait découvert l'existence des enzymes, il restait encore à caractériser les enzymes capables d'effectuer de telles réactions chimiques et à les localiser au sein des cellules.

Otto Warburg (1883-1970), qui créa la chimie du métabolisme, c'est-à-dire la chimie du fonctionnement des cellules, mit au point divers microrespiromètres destinés à étudier les capacités respiratoires de tissus ou de cellules isolés. Il découvrit de nombreuses enzymes participant aux réactions respiratoires des cellules et obtint le prix Nobel en 1931. Il montra, en particulier, qu'au cours des réactions chimiques de la respiration, du pouvoir réducteur, (sous forme de protons H^+ et d'électrons, ce qui correspond à de l'hydrogène) est arraché aux molécules organiques (dont la composition est de type $C_nH_{2n}O_n$) et pris en charge par des molécules spécialisées que l'on peut qualifier de transporteurs du pouvoir réducteur.

Harden et Young avaient montré au début du siècle que les fermentations commencent par la dégradation d'un sucre à six carbones en deux molécules à trois carbones. Ce processus, au cours duquel de l'ATP est formé et des transporteurs sont réduits par fixation de pouvoir réducteur, est appelé glycolyse. Sa découverte valut le prix Nobel de chimie à A. Harden, en 1929.

Un Britannique, Hans Krebs (1900-1981) ainsi qu'un chercheur

américain, F. Lipman (1899-1986), complétèrent ces résultats en mettant en évidence les réactions chimiques au cours desquelles les molécules issues de la glycolyse sont totalement dégradées en gaz carbonique et en pouvoir réducteur. Ainsi, les fermentations et la respiration commencent par les mêmes réactions chimiques.

Les étapes suivantes de la découverte des mécanismes de la respiration cellulaire mobilisèrent trop de chercheurs depuis cinquante ans pour que l'on puisse les citer tous et, à vrai dire, elles ne sont pas terminées. On a néanmoins démontré les principes essentiels : les électrons arrachés aux substrats organiques sont pris en charge dans des organites cellulaires spécialisés, les mitochondries, de telle sorte qu'ils circulent le long d'une chaîne de transporteurs chimiques. Cette circulation libère de l'énergie comme en libèrent, sous une autre forme, les électrons qui circulent dans un fil électrique. Cette énergie est utilisée pour fabriquer de l'ATP, molécule universelle des échanges énergétiques.

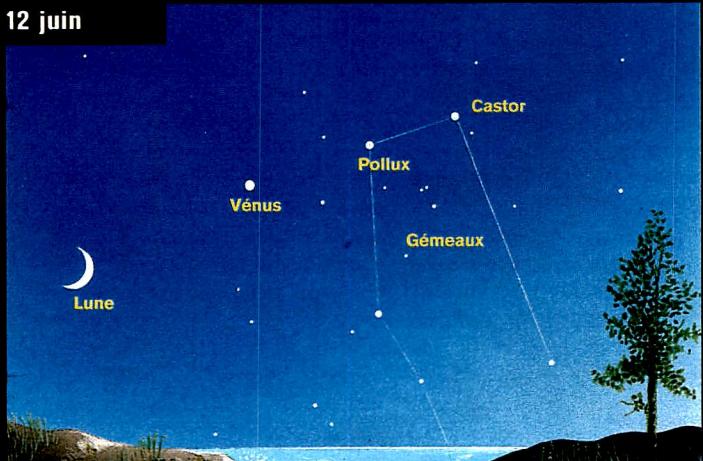
Les électrons finissent par aboutir aux molécules d'oxygène. Ils s'y combinent également avec les protons H^+ arrachés aux substrats, ce qui permet d'évacuer le pouvoir réducteur sous forme de molécules d'eau : $2H^+ + 2e^- + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$. Ainsi, l'énergie emmagasinée par la respiration sous forme d'ATP résulte de réactions d'oxydoréduction subies par les molécules organiques. Les cellules vivantes savent donc exploiter les propriétés les plus intimes de la matière et, notamment, l'énergie potentielle que représente le pouvoir réducteur au sein des molécules organiques. ■

LE MOIS PROCHAIN :
Des clones par millions

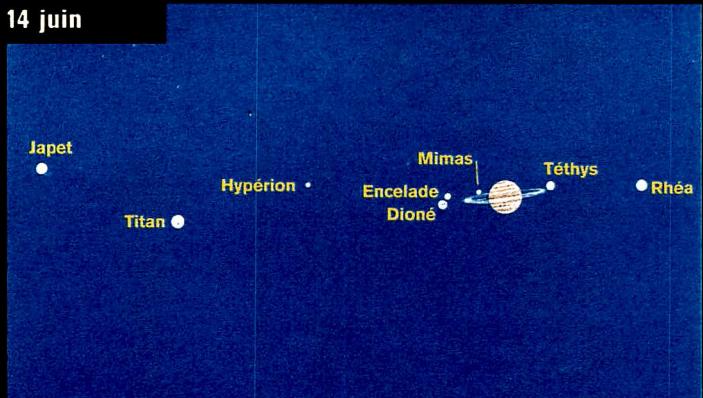
journal de L'ASTRONOME

Saturne et ses satellites

12 juin



14 juin

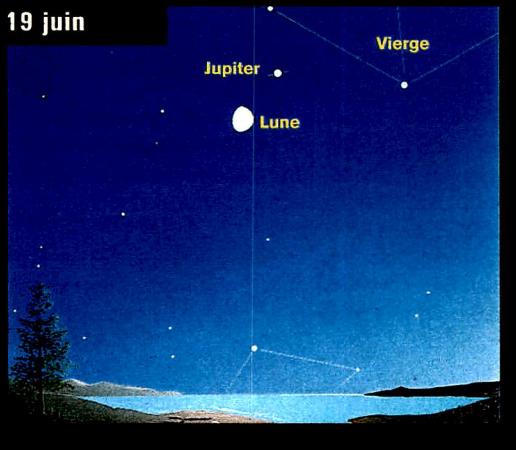


Saturne est la sixième planète en partant du Soleil. En 4 000 av. J.-C., pour les Anciens, il était l'astre connu le plus éloigné. C'est celui qui se déplace le plus lentement dans le ciel. Pour les Grecs, c'était Chronos, père de Zeus, et, pour les Romains, Saturne, dieu des semaines. Pour ces deux civilisations, la planète devint plus tard le "père du temps".

La planète accomplit en vingt-neuf ans et six mois le tour du Soleil, dont elle est éloignée d'environ un milliard et 425 millions de kilomètres, et dont elle reçoit un pour cent de la lumière et de la chaleur recueillies dans le même temps par la Terre. Saturne tourne sur elle-même en dix heures, aussi vite que Jupiter. Son axe de rotation, incliné de 26° 43', presque comme notre planète, nous permet au fil des ans de voir ses anneaux sous tous leurs aspects. C'est une planète géante : 95 fois la masse de la Terre, neuf fois son rayon sans compter les anneaux. Sa rotation rapide sur elle-même et le fait qu'elle est principalement de nature gazeuse expliquent son renflement équatorial, dont le diamètre est supérieur de plus de 60 000 kilomètres au diamètre polaire.

A travers un télescope, ce que nous voyons de Saturne est essentiellement son atmosphère, le haut de ses nuages. Ceux-ci sont surtout constitués d'ammoniac et, en raison de la rotation rapide de la planète, ils s'étirent en bandes de couleur beige clair. Les vents dans les régions équatoriales atteignent 1 800 kilomètres à l'heure ! L'étude de la température des couches extérieures de cette atmosphère montre qu'elle est supérieure à ce qu'elle devrait être en tenant compte du rayonnement solaire. Cet excès de chaleur résulte de l'effondrement de la planète lors

19 juin



Les rendez-vous du mois

Le 12 juin
Très bel alignement Lune-Vénus-Pollux-Castor, en soirée.

Le 14 juin
Vers 2 h légales, Saturne et ses satellites (avec un grossissement de 50X).

Le 19 juin
Conjonction Lune-Jupiter, en soirée.

Dessins : M. Roux-Saget



de sa formation, puis de sa lente contraction. Cela n'explique pas tout ; on pense que le résidu de chaleur supplémentaire est dû à la séparation de l'hydrogène et de l'hélium, les deux constituants essentiels de Saturne.

L'aspect le plus remarquable de Saturne réside dans ses anneaux.

Depuis la Terre, on en distingue trois, dénommés A, B et C, le A étant l'anneau extérieur et le C l'anneau intérieur. A et B sont séparés par une zone sombre, visible dans tous les instruments d'amateur, dite de Cassini car observée pour la première fois en 1675 par Jean Dominique Cassini, directeur de l'Observatoire de Paris. L'anneau C, situé entre la planète et le B, est beaucoup plus fin, presque transparent. Les sondes spatiales automatiques ont révélé la présence d'un système beaucoup plus complexe. La division de Cassini n'est pas entièrement vide ; trois autres anneaux, D, F, G, s'imbriquent dans les trois précédents...

Incroyablement minces, de quelques mètres d'épaisseur pour 400 000 kilomètres de large en moyenne, les anneaux présentent des structures fines diverses. Ils se gauchissent, montrent des structures radiales, se roulent en tores et en spirales.

N'oublions pas qu'ils sont formés de milliards de blocs de glaces, de poussières et de roches, perpétuellement torturés par l'attraction gigantesque de l'énorme planète et celle des nombreux satellites qui gravitent à proximité. Ces satellites sont au nombre de dix-huit. Les plus gros, en partant de la planète, sont : Phobé, Japet, Hypéron, Titan, Rhéa, Dioné, Téthys, Encelade et Mimas. Le plus important et le plus énigmatique de tous est Titan. Son diamètre dépasse légèrement celui de la planète Mercure, et sa densité de $1,89 \text{ g/cm}^3$ laisse penser qu'il est constitué pour moitié de roches et de poussières et pour moitié de glaces. Fait remarquable dans le système solaire, ce

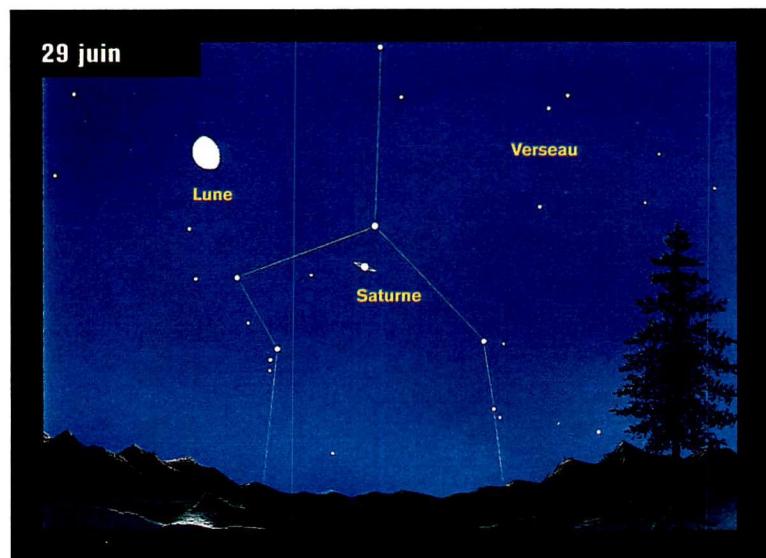
Le seigneur des anneaux

On distingue sur ce cliché les trois anneaux de Saturne et cinq de ses satellites.

satellite possède une atmosphère composée d'azote à environ 85 % et, pour le reste, de méthane. En dessous de cette atmosphère de près de 400 kilomètres d'épaisseur, se trouve un océan de mille mètres de profondeur, qui est un mélange d'éthane et de méthane. Peut-être qu'un dépôt boueux de matières organiques s'est accumulé au fond de l'océan...

Les autres satellites géants de Saturne sont essentiellement constitués de glaces. Plusieurs montrent un relief marqué de cratères, sans doute d'origine météoritique. D'autres satellites plus petits, et qui ne sont pas encore tous découverts, sont principalement des rochers ou petits astéroïdes capturés par l'énorme planète.

Pour l'amateur, l'observation de Saturne est un plaisir toujours renouvelé. La chose capitale à



suite de la page 161
se rappeler est que, en raison de l'inclinaison de la planète sur son axe, nous ne voyons pas toujours les anneaux selon la même orientation. Tantôt nous les observons de "dessous", tantôt de "dessus" et, à certains moments, exactement par la "tranche". On dit que les anneaux s'ouvrent et se ferment et que, par moments, nous sommes précisément dans leur plan.

Le 29 juin : Saturne est au plus près de la Lune, vers 2 h légales.

Actuellement, c'est la période de "fermeture". La Terre se trouvera exactement dans leur plan en 1995, période où ils seront invisibles. Pour observer la division de Cassini, il faut un instrument d'environ 100 mm de diamètre et un grossissement d'au moins 100 à 150 fois. Aussi étroite que vous paraisse cette division, n'oubliez pas qu'elle représente la largeur de l'océan Atlantique ! L'anneau C est également intéressant à observer. Plus fin et transparent que les anneaux A et B, sa brillance est variable.

Comme nous l'évoquions plus haut, il faut surveiller dès maintenant la "fermeture" des anneaux. En ce moment, la planète est bien visible durant la seconde partie de la nuit et les conditions d'observation vont s'améliorer jusqu'à la fin de l'année. Les anneaux ont une dimension apparente moyenne de 4" x 40". Progressivement, la dimension du petit axe va diminuer, jusqu'à

être nulle à la mi-1995 !

Si les satellites de Jupiter sont très régulièrement suivis dans leur révolution, en raison des nombreux phénomènes auxquels ils donnent lieu, ceux de Saturne sont bien souvent délaissés par les amateurs, peut-être parce que les éphémérides astronomiques sont moins faciles à interpréter pour ces derniers que pour ceux de Jupiter. Cela est bien dommage car, si l'on peut détecter quatre satellites autour de Jupiter, c'est de cinq à sept qui sont observables autour de Saturne avec les moyens d'amateurs.

Connaissant la période de révolution des satellites (voir tableau ci-contre) et en s'aidant du dessin p.160, il sera facile de les observer ce mois-ci. En dehors de la simple constatation de leur présence, certains de ces satellites réservent un attrait particulier. Ainsi, Titan montre habituellement une couleur orangée mais qui peut varier du blanc au rose. Japet connaît une variation de magnitude de 10 à 12. Rhéa, Dioné et Téthys sont très près de la planète, et on les repère lors de leur élongation maximale. Mimas est souvent entremêlé dans les anneaux B et C. Ces observations ne sont qu'une affaire de patience et, au bout du compte, en plus de la satisfaction d'avoir localisé ces lointains satellites, l'observateur se perfectionnera à l'observation visuelle. ■

OBSERVER LES SATELLITES DE SATURNE

Nom	Magnitude	Diamètre	Période
Mimas	13,1	200	0 j 22 h 37 min
Encelade	11,9	110	1 j 8 h 52 min
Téthys	10,4	60	1 j 21 h 18 min
Dioné	10,6	70	2 j 17 h 41 min
Rhéa	9,9	50	4 j 12 h 25 min
Titan	8,5	30	15 j 22 h 48 min
Hypéron	14,4	300	21 j 6 h 43 min
Japet	de 10 à 12	de 50 à 80	79 j 7 h 55 min

Dans ce tableau sont indiqués : le nom du satellite, sa magnitude, le diamètre minimal du télescope (en mm) nécessaire à son observation et sa période de révolution autour de la planète en jours.

SCIENCE & VIE VOUS INFORME :

"Vagabonds de l'espace" est en vente à la Maison de l'Astronomie, 35 rue de Rivoli, 75004 Paris, 385 p., 248 F, franco pour les lecteurs de "Science & Vie".

LE MOIS PROCHAIN :
Le Sagittaire

Solstice

Le 21 de ce mois, à 14 h 48 en temps universel, le Soleil sera au solstice d'été. Dans la vie courante, c'est le début de l'été, mais, sur le plan astronomique, que cache ce terme de solstice ?

Pour mieux comprendre le phénomène, imaginons la Terre fixe et observons le mouvement du Soleil sur la sphère céleste au cours de l'année. En un an, le Soleil effectue 365 tours de ciel selon une trajectoire qui ressemble à une hélice montante et descendante, sa déclinaison, ou distance à l'équateur céleste, variant chaque jour. Arrive un jour où sa déclinaison est maximale, 23° 26', et il semble alors cesser son mouvement montant ; le Soleil est en quelque sorte stationnaire : c'est le solstice. Ce mot, rare jusqu'au XVII^e siècle, vient du latin *solsticium*, formé de *sol*, Soleil, et *stare*, s'arrêter. Dès le jour suivant, la déclinaison du Soleil va commencer à diminuer, et il va se rapprocher peu à peu de l'équateur. Environ six mois plus tard, il aura atteint sa déclinaison minimale et cessera de baisser pour nous, habitants de l'hémisphère Nord, et, à l'inverse, de monter pour ceux de l'hémisphère Sud de la planète : ce sera le solstice d'hiver.

Au moment du solstice d'été, le Soleil parcourt sa plus longue trajectoire diurne et la durée du jour est maximale, soit environ dix-huit heures sous nos latitudes ; au solstice d'hiver, c'est le contraire, et le jour est à sa durée minimale, environ six heures.

Ce que nous venons d'expliquer reste valable pour une zone de latitude assez large, mais, si nous allons vers les régions polaires, les

choses se modifient quelque peu. A partir d'une certaine latitude, on constate que, au solstice, et de par sa déclinaison, le Soleil décrit une trajectoire qui est située toute entière au-dessus de l'horizon : c'est le fameux soleil de minuit. Le cercle de latitude à partir duquel le phénomène se manifeste est appelé cercle polaire et correspond à la latitude 66° 34' nord ou sud. Plus on se rapproche du pôle, plus le phénomène augmente et, durant de nombreux jours, voire des mois aux pôles, ce sont des "journées continues".

Lorsqu'on se trouve à proximité de l'équateur, une autre particularité peut être observée. Les lieux dont la latitude est égale à la déclinaison maximale du Soleil, 23° 26', le voient passer au zénith au moment du solstice d'été. Ces lieux, situés sur un cercle parallèle à l'équateur, sont appelés tropiques ; celui de l'hémisphère Nord est le tropique du Cancer, celui de l'hémisphère Sud est le tropique du Capricorne. A des latitudes plus basses, le Soleil passe deux fois au zénith, soit à chaque solstice.

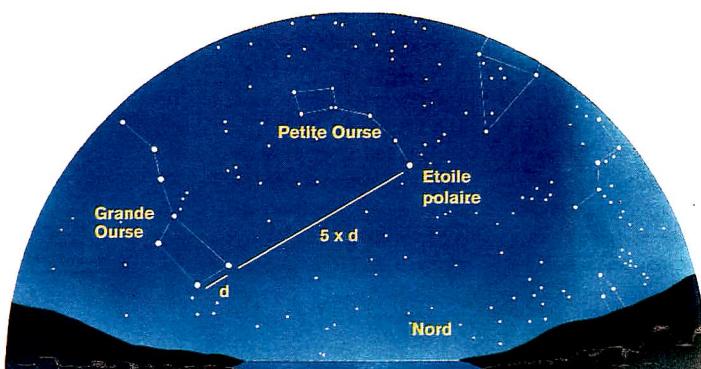
Le rendez-vous des débutants

Trouver le nord

On dit souvent qu'il ne faut pas perdre le nord, encore faut-il l'avoir trouvé ! La boussole peut être utile, mais n'oublions pas qu'elle indique le pôle magnétique et non le pôle géographique, dont ont besoin les astronomes amateurs.

Le moyen le plus simple pour repérer le pôle céleste nord est de se fier aux étoiles. Pour cela, il faut en premier localiser la constellation de la Grande Ourse, toujours visible toutes les nuits sous nos latitudes. En fait, la constellation ressemble plutôt à

une casserole avec son manche. Prolongeons vers le haut la droite reliant les deux étoiles qui constituent le bord avant de la casserole. Quelle que soit l'orientation de la constellation, nous trouvons une étoile moyennement brillante (magnitude 2) à une distance d'environ cinq fois l'écart des deux étoiles de départ : c'est l'Etoile polaire. Nous voici à peu près au pôle céleste nord. Si nous abaissons maintenant une verticale de la Polaire vers l'horizon, nous obtenons le nord vrai du lieu où nous sommes.



Visez la septième

Nous avons déjà vu qu'il convenait de placer ses Tours sur des colonnes ouvertes, voies d'invasion du camp ennemi. Cela leur permettra parfois de participer à une offensive directe contre le Roi, relégué sur sa première rangée, la huitième du point de vue de l'attaquant. Nous y reviendrons. Mais, en l'absence de manœuvre gagnante immédiate, c'est souvent sur la deuxième rangée, la septième pour son camp, que la Tour sera la plus efficace. «Faire pénétrer une Tour en septième» est généralement synonyme de gros avantage, voire de victoire.

Alburt - Vigorito (New York, 1993)

1. d4	g6
2. c4	g7
3. ♜c3	c5 (a)
4. d5	♜xc3+
5. bxc3	f5 (b)
6. h3	d6
7. ♜f3	♟a5
8. ♜c2	♜f6
9. ♜h6 (c)	♜bd7
10. e3	♜b6
11. ♜d3	♜d7
12. 0-0	♟a4
13. ♜b3 (d)	♜e4
14. ♜xe4	fxe4
15. ♜d2	0-0-0 (e)
16. f3! (f)	exf3
17. ♜xf3	♟a6
18. ♜f7 (g)	♜a4 (h)
19. ♜b2	♜xc4
20. ♜xc4	♟xc4
21. ♜b1 (i)	♜xd5
22. ♜xe7	♜c6? (j)
23. c4 (k)	♟d3
24. ♜xb7+!! (l)	♜xb7
25. ♜xb7	♜d7 (m)
26. ♜exd7	♟f5 (n)
27. ♜dc7+	♚d8
28. ♜f7	

Les Noirs abandonnent (o).

(a) La contre-attaque du centre blanc ne doit pas tarder. Bien sûr, la prise du pion c5 par les Blancs n'aurait aucun sens, les

trois pions (après 4. dxc5 ♜xc3+ 5. bxc3) sur la colonne c ne valent plus grand-chose.

(b) Cette suite était connue et considérée par les théoriciens comme satisfaisante pour les Noirs qui ont affaibli la structure des pions blancs (pion a isolé et pions c doublés), tout en contrôlant le centre blanc (les cases d4 et e4). Mais les Noirs ont dû abandonner leur paire de Fous en échangeant leur "bon" Fou g7 et affaiblir leur aile-Roi. On ne saurait conseiller de telles manœuvres aux amateurs, tel le joueur qui avait les Noirs dans cette partie où il était opposé à un triple champion des Etats-Unis.

(c) On voit à présent l'utilité du modeste sixième coup blanc, qui empêche ici 9... ♜g4 déloger le Fou qui interdit le petit roque.

(d) Et non 13. ♜xa4 ♜xa4 et les Noirs gagneront le pion c3. Mais, à présent, ce sont les Noirs qui ne doivent pas échanger les Dames, ce qui regrouperait les pions blancs et ouvrirait la colonne à la Tour a.

(e) Sans craindre 16. ♜xe4 ♜xc4, les Noirs optent pour le grand roque, le petit étant interdit par le Fou h6. Mais, avec la colonne b, les Blancs dispose-

ront d'une dangereuse ligne d'attaque sur le Roi.

(f) Toujours à cause du Fou h6 qui contrôle la case f8, les Tours noires ne peuvent venir sur la colonne f, qu'il importe donc d'ouvrir pour la Tour f1.

(g) Premier objectif atteint : une Tour en septième rangée.

(h) L'idée du coup précédent des Noirs : ils vont gagner le pion c4.

(i) C'est bien sûr la bonne place pour la Tour.

(j) Après avoir gagné un pion, les Noirs se regroupent : le Fou c6 protège le pion b7 et la "batterie" Fou + Dame semble rire la Dame blanche à la défense du pion g2 à cause de la menace de mat ♜xg2. Et pourtant, après leur dernier coup, les Noirs sont perdus. Leur seule chance de résister consistait en 22... ♜d7 interceptant l'action de la Tour e7 sur la septième rangée.

(k) Pour éloigner la Dame de la diagonale a8-h1, où elle défendrait b7 et menaçait g2.

(l) Magnifique ! Après 24. ♜xb7 ♜xb7+ 25. ♜xb1 ♜xb7 les

Noirs auraient récupéré deux Tours pour la Dame tout en brisant l'attaque blanche. Mais, à présent, au prix de leur Dame, les Blancs doublent leurs Tours sur la septième rangée : le Roi noir est condamné !

(m) Le seul coup. La menace était 26. ♜ec7 mat et sur 25... ♜dg8, les Blancs maintenaient quand même par 26. ♜ec7+ ♜d8 27. ♜g5+ ♜e8 28. ♜b8 mat.

(n) Empêche l'échec du Fou en g5.

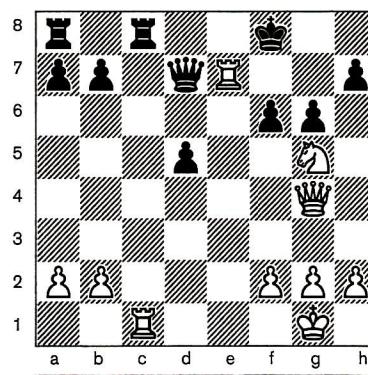
(o) Il faut donner la Dame par 28... ♜xf7 ou 28... ♜c8 pour parer 29. ♜b8 mat.

La solution du n° 920

1... ♜e3!! et la Dame blanche, enfermée, est prise au coup suivant, car, après 2. fxe3, les Blancs se font mater par 2... ♜h4+ 3. g3 ♜xg3 mat.

A vous de jouer !

Une des plus célèbres combinaisons de l'histoire. Deux remarques devraient vous aider : 1° les Blancs étant menacés de mat par ♜xc1, tous leurs coups devront donc être des échecs ; 2° tant que la Tour reste sur la septième rangée (en f7, g7 ou h7), elle ne peut être prise ni par la Dame, à cause de ♜xc8+, ni par le Roi, à cause de ♜xd7+. Alors ?



La solution... dans le prochain numéro !

Puzzles de dominos

Jeu d'adresse intellectuelle, les puzzles de dominos ne sont pas nés d'hier. Mais on peut regretter de ne pas les rencontrer plus souvent dans les rubriques de jeux mathématiques.

Le principe est simple

Les 28 dominos d'un jeu classique sont disposés de manière à former une grille rectangulaire 7 x 8. Cette grille est recopiée, en indiquant dans chaque case la valeur en points du "dé" (moitié de domino) correspondant. En revanche, les contours des dominos eux-mêmes sont volontairement omis.

Le but du jeu est de retrouver la disposition exacte de

chaque domino dans la grille initiale. Comment résoudre de telles grilles ?

A chacun sa méthode

Une bonne piste consiste à chercher les dominos qui n'admettent que deux positions possibles et de préférence les doubles. Commençons avec la grille ① :

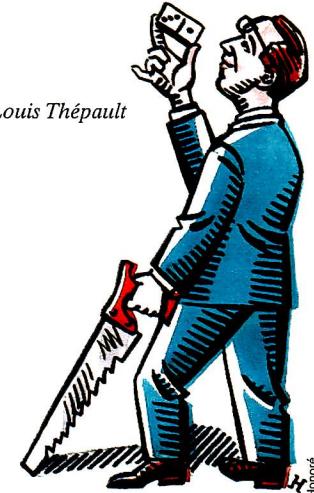
1. Ainsi, si le double zéro est en E1-F1, le zéro de H1 est associé à l'as de G1, le zéro de H2 est alors associé à un quatre mais le zéro de A5 ne peut être associé à aucun dé voisin, le zéro-quatre et le zéro-as étant déjà posés. Le seul emplacement possible du double zéro est donc H1-H2, qu'on matérialise sur la grille.

2. E1 et F1 n'appartiennent donc pas au même domino.

Cela nous autorise à indiquer la ligne de séparation entre ces deux cases.

3. Le double quatre utilise nécessairement la case A3, ce qui nous autorise à marquer la ligne de séparation avec la case B3, etc.

Pas à pas et de cette façon, vous devriez parvenir à résoudre cette première grille. Quand vous y serez parvenus, vous pourrez vous attaquer aux grilles ② et ③.



Honoré

Le fin du fin...

... c'est de les résoudre sans l'aide matérielle d'un jeu, avec simplement de la méthode, un crayon et éventuellement une gomme. Vous verrez, c'est moins difficile que cela ne paraît.

Les trois grilles ①, ② et ③ sont idéales en ce sens que :

- chaque domino pris séparément dispose au moins de deux emplacements distincts sur la grille ;
- chaque grille n'admet qu'une seule solution.

Grille ②

4	2	1	1	6	4	5	3
4	2	1	2	3	0	0	0
0	6	5	1	3	6	0	5
2	1	6	2	6	4	1	0
6	6	4	5	5	3	3	2
3	6	1	3	5	5	0	5
3	0	4	4	1	4	2	2

Grille ③

1	4	0	3	3	0	5	5
3	6	2	5	5	4	6	6
2	0	4	4	5	4	1	1
5	6	0	1	4	4	5	6
5	2	3	0	0	2	0	0
1	6	3	4	3	2	1	6
2	6	2	2	3	3	1	1

Les solutions...
dans le prochain numéro !

Grille ①

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	2	2	6	3	0	0	1	0
2	4	6	1	5	2	3	4	0
3	4	3	1	5	2	0	5	4
4	4	1	5	6	5	4	5	2
5	0	1	5	6	2	3	0	6
6	1	2	3	3	4	0	1	3
7	4	6	1	5	6	6	2	3

Les solutions du n° 920

La preuve par 13

- ABC multiple de 13 entraîne $100A + 10B + C = 13k$ (1)
- BCD multiple de 13 entraîne $100B + 10C + D = 13q$ (2)
- $10 \times [(1) - (2)] \Rightarrow 1000A - D = \text{multiple de } 13$
- $1001A - A - D = \text{multiple de } 13$.

• Comme 1001 est multiple de 13, on déduit $A + D = 13$.

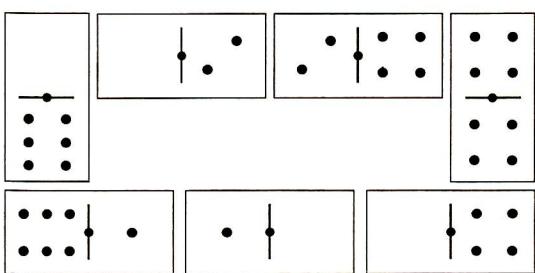
Cette remarque valant aussi pour B et E, C et F, on démontre que, finalement, la somme de deux chiffres symétriques par rapport au centre de la figure est 13. 4 et 9, 5 et 8, 6 et 7 sont les trois seuls couples possibles. Le problème consiste alors à trouver un multiple de 13 composé d'un élément de chacun de ces trois couples, en cherchant, pour les nombres de 400 à 500, l'un des six nombres recherchés commençant par 4. Le seul est 468, qui donne la seule boucle possible 4 6 8 9 7 5 4 6 etc. On vérifie que 468, 689, 897, 975, 754, 546 sont tous multiples de 13.

Pair-impair

Une solution possible est obtenue avec un des éléments égal à 13, qui donne la boucle suivante : 13 - 66 - 33 - 166 - 83 - 416 - 208 - 104 - 52 - 26 - 13 - 66...

Il en existe d'autres, par exemple : 17 - 86 - 46 - 216 - 108 - 54 - 27 - 136 - 68 - 34 - 17...

Domino



SPORTS ET LOISIRS

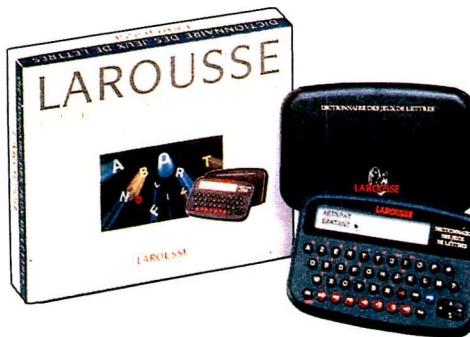
A votre santé ▶

Conçu par la société Sentosphère, Bacchanales est à l'œnologue ce que le Monopoly est à l'investisseur financier. Outre un guide et l'indispensable verre, ce jeu comprend 35 références olfactives qui permettent de découvrir les différents arômes, cinq défauts d'odeurs pour repérer si le vin est bouchonné, quatre saveurs pour apprendre à identifier et décrire le goût des différents vins. En croisant les interprétations de leurs perceptions, les joueurs pourront répondre à la question : quel vin suis-je en train de déguster ? **480 F F.C.**



Des puces et des lettres ▶

Les mots croisés, les anagrammes, le Scrabble et autres exercices de mémoire des lettres et des mots vous passionnent ? Le Larousse électronique des jeux de lettres vous permettra de maîtriser ces jeux. Ce dictionnaire,



avec tous les mots du Petit Larousse 1994, a la taille d'une calculatrice et comporte un écran de 2 lignes de 20 caractères et un clavier azerty.

Plusieurs touches permettent d'accéder aux différentes possibilités de jeu : M Cr (mots croisées), Scr (Scrabble),

Ana (recherche d'anagrammes), obtention de toutes les combinaisons de mots possibles en ajoutant ou retirant une lettre à un mot préalablement mémorisé. De plus, une touche "Jeux" ouvre une série de recherches individuelles (Pendu, Mot le plus long, etc.). **790 F P.S.**

▼ Navigateurs : gardez le cap !

Les navigateurs disposent aujourd'hui de moyens de guidage bien éloignés du bon vieux sextant. En utilisant les données de satellites de radionavigation, le Silva GPS Compass ne se contente pas de répondre à la question "où suis-je ?" en donnant la position en longitude et latitude, il permet également de répondre à l'interrogation "où vais-je ?" par l'intermédiaire d'un compas électronique qui guide son utilisateur en indiquant le cap à tenir par différentes flèches sur l'afficheur. Le traceur électronique Silva Navimap Yeoman reçoit les données du Silva GPS Compass et les transfère sur n'importe quelle carte. On peut alors situer exactement sa position, afficher la route vers un point et sa distance, enfin entrer en mémoire les points de route à l'aide de la souris.

6 900 F le Silva GPS Compass et **2 270 F** le Navimap Yeoman. F.C.

Dirigé par
Roger
Bellone



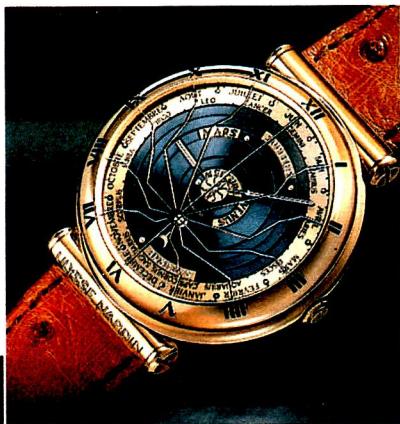
Tout le système solaire au poignet ! ▼

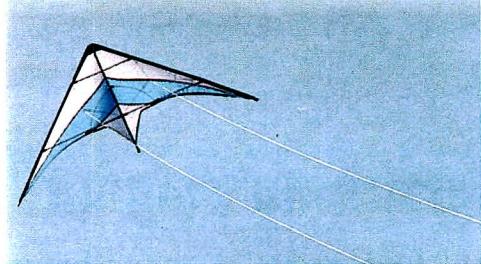
L'Astrolabium, le Planétarium et le Tellurium Kepler de l'horloger suisse Ulysse Nardin sont des montres auxquelles on peut demander la Lune. Le pianisphère du cadran de l'Astrolabium représente la voûte céleste, vue d'un certain point défini par l'acheteur et programmé par l'horloger. L'araignée, elle, simule la voûte

étoilée. En plaçant l'aiguille représentant le Soleil dans la direction de l'astre lui-même, la montre fournit la position exacte de la Lune dans le ciel à cet instant. Elle indique aussi les points cardinaux, les phases de Lune, les éclipses lunaires et solaires, elle calcule les distances variables entre la Terre,

le Soleil et la Lune, les heures du lever et du coucher du Soleil, les plages de l'aube et du crépuscule. Le Planétarium met en scène le mouvement de la Terre dans le système solaire. Autour du Soleil, placé au centre du cadran, gravitent les planètes. En orbite autour de la Terre, son unique satellite naturel, la Lune. Chaque planète se situe sur un disque différent, avec un sens de rotation et une vitesse propre. A chaque instant, l'observateur connaît donc la position de toutes les planètes dans le système solaire. L'araignée gravée sur le cadran permet le calcul de la position des

planètes entre elles et leur position zodiacale. Le Tellurium présente une projection de la Terre, centrée sur le pôle Nord, et le Soleil à midi. Un ressort court sur l'image de notre planète : il s'arque en cours d'année du tropique du Capricorne jusqu'au tropique du Cancer, et inversement. Ce qui permet d'avoir une vision précise des zones plongées dans l'obscurité. Le lever du Soleil et son coucher sont alors clairement définis en n'importe quel point de la Terre. Renseignements chez Chronopassion, au (1) 42 60 50 72). Entre 250 000 F et 600 000 F. F.V.





▲ Vol silencieux

Voici pour les beaux jours d'été un élégant cerf-volant pilotable (Raft de Paimpol-Voiles) et mesurant 1,80 m x 0,85 m. Selon la force du vent, il suffit de tendre les nerfs de chute au minimum pour stopper toutes vibrations de la voile et assurer un vol silencieux. De plus, grâce au "Bifinger", système permettant d'obtenir une tension optimale de la voile dans toutes les conditions de vol, y compris les rafales, on peut améliorer les performances du cerf-volant et réussir aisément un décollage immédiat. **700 F** F.C.



▼ Des montres pour le cœur, le temps et la plongée

Les sportifs sont friands de ces montres qui savent tout calculer et se faire oublier. Orec a développé la montre Sport Tester en collaboration avec des médecins, des entraîneurs et des athlètes. Elle fait office d'electrocardiogramme : il suffit de se fixer autour du thorax une ceinture qui transmet par radio les pulsations cardiaques au boîtier de la montre. Celle-ci peut les afficher sur le cadran ou les mémoriser. Il ne reste plus qu'à la brancher, grâce à une interface fournie, à un ordinateur ou un minitel pour lire, traiter ou imprimer les données. Même

idée chez Citizen, dont le dernier modèle, l'Hyper Aqualand, s'adresse aux professionnels de la plongée. Grâce à ses capteurs, elle affiche à tout moment la température ambiante. Elle possède un profondimètre et une alarme programmable pour plonger en toute sécurité. Elle enregistre toutes les informations relatives aux 30 dernières plongées (jusqu'à 200 m) et les transmet, toujours avec une interface, à n'importe quel ordinateur. **5 400 F** la Sport Tester (dont 2 440 F l'interface) et **4 850 F** la Citizen (dont 1 000 F l'interface). **F.V.**

▼ Un scooter sous-marin

Pour les grands amateurs de plongée sous-marine, voici le Sea Shuttle de Scubapro, un petit scooter de plongée de moins de 20 kg. Doté d'un moteur électrique de 65 W capable d'assurer un déplacement sous l'eau à 3,5 km/h, l'engin est alimenté par une batterie de 12 V-24 Ah. Utilisable aussi bien en

surface qu'en plongée, il permet de descendre à 40 m. Le Sea Shuttle procure une grande liberté de déplacement subaquatique, réduit les efforts physiques, donc la consommation d'air. Il est toutefois recommandé de suivre un cours de plongée dispensé par un moniteur qualifié pour pouvoir l'utiliser sans risque. **5 700 F** F.B.

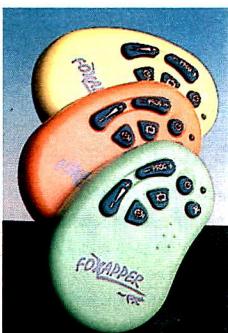


AUDIOVISUEL



▲ Des fondus qui s'enchaînent en douceur !

La firme allemande Rollei produit depuis plus de quinze ans un projecteur de diapositives permettant les fondus enchaînés grâce à la présence de deux objectifs. Un nouveau modèle, le Rolleivision Twin MSC 300, dispose de systèmes mécaniques et optiques totalement modifiés : les deux passe-vues sont commandés par servomoteurs de façon autonome, une soufflerie injecte de l'air transversalement sur les diapositives pour les refroidir et chaque objectif est équipé de l'autofocus. Toutes les fonctions sont gérées par microprocesseur, les vibrations et les bruits de l'ancien modèle sont ainsi éliminés. Le MSC 300 offre toutes les possibilités de programmation du rythme de défilement des images et de leur synchronisation avec le son. Un spectacle de 120 ou 400 diapositives peut être mémorisé. **14 000 F P.S.**



◀ La télévision au doigt et à l'œil

Les télécommandes universelles sont généralement compliquées et malcommodes à cause de leur nombre élevé de boutons. Une firme parisienne a cherché à les simplifier et propose la Foxapper, télécommande unique pour téléviseur et démodulateur câble/satellite. Elle ne

comporte que six boutons et pour faciliter les réglages contient une librairie de codes à infrarouge préprogrammés, couvrant la plupart des téléviseurs (200 marques) et des démodulateurs de satellite/câble (100 marques). Disponible en trois couleurs. **190 F F.B.**

▼ Des batteries qui durent plus longtemps

Duracell lance un nouveau type de batteries au nickel-hydrure. Destinées à remplacer les classiques batteries au nickel-cadmium des caméscopes, elles ont une durée d'utilisation qui peut être de 40 % supérieure.

Cette amélioration repose sur un nouvel alliage qui stocke l'hydrogène, éliminant ainsi le cadmium et ses inconvénients :

la recharge d'une batterie nickel-cadmium partiellement déchargée réduit sa capacité future et donc

sa durée

d'utilisation.

Ce phénomène communément appelé "effet mémoire" est dû au cadmium.

Avec le nickel-hydrure, cet effet mémoire est supprimé : les batteries peuvent être rechargeées à tout moment sans conséquence sur leur durée d'utilisation future. Il suffit simplement de compléter leur charge avant chaque utilisation.

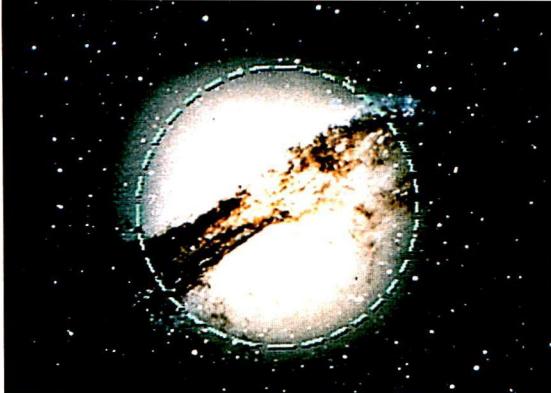
Les nouvelles batteries sont disponibles pour la plupart des caméscopes. Selon le modèle, **295 à 495 F F.B.**



Le ciel étoilé sur votre téléviseur ▶

Avec "CDI Astronomie", Flammarion propose aux possesseurs de lecteur de disques compacts interactifs la possibilité d'observer le ciel sur l'écran de leur téléviseur. Après avoir choisi entre les modes "novice" et "expert", en fonction du niveau de ses connaissances en astronomie, on définit à l'aide de la télécommande les date, heure et lieu d'observation.

Le ciel correspondant à ces diverses données s'affiche alors à l'écran. En cliquant sur une étoile, on a accès à des informations détaillées la concernant (température, masse, luminosité). "CDI Astronomie" intègre un système illustré d'aide à la compréhension des paramètres (latitude, longitude, temps sidéral, etc.) incontournables de l'astronomie. Ce CDI



contient également plusieurs centaines de séquences vidéo commentées sur l'Univers et la science astronomique.

695 F O.C.



▲ Un changeur de CD dans la boîte à gants

Alpine présente un petit changeur de disques compacts (modèle 5960) pour autoradio qui mesure 25 cm x 6 cm x 15 cm. Il peut donc être facilement intégré dans l'habitacle de la plupart des véhicules, et non plus dans le coffre comme pour une installation conventionnelle. Ainsi, il n'est plus besoin de sortir de voiture pour changer le magasin de disques. Ce changeur contient 6 CD, mais l'on peut doubler ou tripler cette capacité avec des magasins complémentaires.

2 990 F

F.B.



La photo convertie en vidéo ▶

Le Fotovix II-XS, dernier modèle de chez Tamron pour le transfert des photos (négatifs et diapositives) sur cassette vidéo, peut recevoir les films 24 x 36 et, grâce à un convertisseur, la plupart des grands formats (du 4,5 x 6 au 20 x 25). Les performances de ce nouvel appareil sont sensiblement améliorées : capteur CCD de 470 000 pixels, définition de 400 lignes, sorties PAL ou Y/C (S-Vidéo) et système de correction agissant sur une plus large plage de couleurs. La fonction de conversion négatif/positif permet de visualiser, de monter, de recadrer et d'enregistrer les images sur bande vidéo pour la réalisation de programmes audiovisuels. L'emploi du dispositif Editor II, pour le recadrage et le masquage du fond d'une vue, autorise des présentations personnelles et très soignées de chaque image. **15 800 F**

P.S.

▼ Un autofocus vraiment très accommodant

L'Olympus Superzoom 80 Wide, appareil 24 x 36 compact, se caractérise par son zoom 4,5/28 mm - 7,8/80 mm. Quoiqu'ayant une position super grand angle, il devrait assurer une bonne netteté d'image dans les angles à toutes les distances (de 0,80 m à l'infini), grâce à la présence d'une lentille asphérique en verre. La mise au point automatique est des plus précises, car elle s'effectue sur 594 paliers, avec des mesures en trois points du champ au moyen de trois faisceaux infrarouges. L'obturateur couvre les vitesses de 2 s à 1/600 s. Quatre modes de programmation d'exposition (infini, scènes de nuit, spot, rafale) assistent la prise de vue, et le flash intégré

comporte quatre modes de fonctionnement.

Le Superzoom 80 accepte les films codés DX de 50 à 3200 ISO. Enfin, c'est un appareil qui ne craint ni la pluie, ni la neige, ni les projections d'eau de mer sur la plage ou sur un bateau. **2 590 F**

P.S.



MAISON ET JARDIN

Quatre produits pour un plus beau jardin

Fertiligène, marque de Rhône-Poulenc, devance les attentes des jardiniers avec une palette de nouveaux produits : "Fertiligène Engrais bleuissant hortensia" luttera activement, grâce au fer qu'il contient, contre la chlorose des feuilles et renforcera le bleu des hortensias dont la couleur a dégénéré ; "Fertiligène Engrais agrume", riche en oligo-éléments - principalement magnésium et phosphore -, préviendra également de la chlorose et participera à la bonne tenue des fruits ; "Fertiligène Vers des légumes" éliminera les vers de la mouche, les

vers blancs et taupins sur les cultures légumières et florales ; enfin, "Trio" complète la gamme des améliorants du sol. Grâce à sa forte teneur en matière organique (29 %) qui se transforme en humus sous l'activité microbienne, il a une triple action : reconstituer le sol, le nourrir et stimuler l'activité microbienne des terres épuisées. Trio convient à tous types de cultures. Engrais bleuissant hortensia **30,50 F** l'étui de 600 g, Engrais Agrume **25,20 F** l'étui de 800 g, Fertiligène Vers des légumes **31,20 F** la boîte de 500 g, Trio **28 F** les 8 kg. S.F.



▲ La douille télescopique marie le nouveau à l'ancien

Il est fréquent que les cotes d'un robinet de radiateur à changer ne correspondent pas à celles de l'ancien modèle. Apparaît alors un jeu qu'il faut rattraper en

démontant le radiateur ou en utilisant des tubes coudés disgracieux. La société Giacomini a mis au point une douille télescopique (R 173) réalisée en laiton frappé,

qui permet d'effectuer le raccordement très rapidement tout en garantissant une finition et une étanchéité parfaites. Il suffit en effet d'ajuster la douille à la

longueur nécessaire et de la fixer entre le robinet et l'arrivée du tube. L'opération ne prend que quelques minutes. (En version 3/4 de pouce). **45 F** S.F.

Ainsi vient la vie

Montparnasse Multimédia, Arborescence et JRJ production proposent "Ainsi vient la vie", un CD-ROM décrivant chaque étape de la conception d'un être humain, de la fécondation à la naissance. Outre les conseils pratiques pour la femme enceinte et les informations utiles pour les futurs parents, ce CD contient un lexique de 100 entrées (amniotique, blastocyste etc.), un glossaire de 20 thèmes (la fécondation, la césarienne etc.), un répertoire de 50 questions (Comment lire une échographie ?, A partir de quand peut-on connaître le sexe de son enfant ? etc.). En tout 10 animations, 25 séquences vidéo, près de 300 images (échographies, photos, dessins), 200 pages de texte et une demi-heure de son. Enfin, l'utilisateur peut choisir de se laisser guider et ainsi découvrir des programmes pré-établis ("La croissance des membres", "Les systèmes auditifs"...).

Versions PC et Macintosh.

Distribué par Euro CD. 390 F O.C.



► La machine à poncer dans les coins

La ponceuse Delta, de Bosh, doit son nom à la forme triangulaire de son plateau. Celui-ci assure ainsi un décapage parfait, même dans les recoins d'accès difficile. Son dispositif auto-agrippant permet de remplacer des feuilles abrasives en un clin d'œil. La ponceuse Delta est dotée du système Bosch SDS autorisant le changement du plateau de ponçage ou sa rotation de 120° sans aucun outil. Elle est également équipée d'un aspirateur des poussières de ponçage. Bois tendre ou dur, plastique ou verre, quel que soit le matériau travaillé, le variateur électronique (6 500 à 13 000 t/min) et la présélection de la vitesse de vibration assurent toujours une finition adaptée. 629 F S.F.

TELECOMMUNICATIONS

Des téléphones sans fil portant à 400 m

Lisses et ronds comme des galets façonnés par la mer, les téléphones de la nouvelle gamme Matra Nautilus sont conçus pour une utilisation plus commode. Les touches de fonction, d'un nombre réduit, sont larges et lumineuses. Les deux premiers modèles commercialisés (Nautilus 100 et 200) ont une portée de 400 m. L'antenne télescopique peut ne pas être déployée sur les courtes distances. Dix numéros sont mémorisables. La version 200, d'une autonomie de 30 h en veille et de 6 h 30 en conversation, se distingue par son système anti-souffle efficace de 0 à 400 m (les signaux faibles sont amplifiés et les signaux forts atténués afin d'obtenir une dynamique sonore homogène). La version 100 se caractérise par une plus grande autonomie (120 h) en veille, par une touche commandant un numéro mémorisé et par sa touche R2 destinée au service "signal d'appel" de France Télécom.

1 190 F le Nautilus 200 et 690 F le Nautilus 100. P.S.



Ont participé à la rédaction de ces informations : Olivier Cadou, Stéphan Faudeux, Florence Bellone, Frédérique Chapuis, Frédérique Verley et Paule Sully.

RECTIFICATIF
Le prix du nettoyeur Tornado Multyvap annoncé dans le n° 919 est en fait de 2 990 F.

▼ Informatique pour non-voyants



L'accès des équipements de communication aux non-voyants est facilité par la société Eurobraille. Son Clio-pupiBraille 20 est la première interface-utilisateur en braille (il remplace le clavier et l'écran). Le non-voyant peut donc dialoguer sur divers réseaux. Le pupitre est composé

d'une vingtaine de lamelles piézo-électriques se tordant lorsqu'on leur applique une tension électrique ; elles sont surmontées de picots en plastique que le non-voyant sent tactilement. Le Clio-pupiBraille peut aussi se connecter à un central téléphonique pour servir de pupitre opérateur

aveugle. De plus, il possède des fonctions internes facilitant la vie courante des non-voyants : un traitement de texte, un tableur, un agenda, une horloge ou bien encore une calculatrice. (Peut être pris en charge par l'Agefiph dans le cadre d'une installation en entreprise.) 94 950 F S.F.



+ N'apprenez pas à
faire des photos,
faites des photos.

On n'achète pas un appareil photo pour avoir un appareil photo mais pour prendre des photos. C'est en partant de ce simple constat qu'Olympus a créé l'IS-100, un appareil dont vous maîtriserez très vite tous les aspects : visée reflex, autofocus, flash, zoom intégré 28-110 mm idéal à la fois pour le paysage et le portrait. Et, pour donner encore plus d'impact à vos images, Olympus a équipé l'IS-100 d'un sélecteur de modes résultats particulièrement fonctionnel : photo de sport, scène de nuit, paysage ou portrait. Vous accédez directement à la meilleure combinaison possible par une simple pression sur une touche. Finalement, Olympus livre un mode d'emploi avec l'IS-100 mais vous vous demanderez sûrement pourquoi. Prix indicatif : 2990F. TTC. 3615 Olympus, 1,27 F. la min.

REFLEX TOUT INTEGRÉ IS-100

OLYMPUS

LIVRES

*Frantz Thille,
Michel Breuil
et Jean-Paul Mayeur*

Animaux du Kenya et de la Tanzanie

L'Harmattan, 1993, 288 p.,
160 F

Il ne s'agit pas là d'un simple guide d'identification des espèces. Plutôt que de donner les clés de reconnaissance de la totalité des espèces de la région concernée, comme le font la plupart des guides de terrain, les auteurs ont choisi de présenter les principales espèces de mammifères, d'oiseaux et de reptiles, habitants des parcs et réserves du Kenya et de la Tanzanie.

Pas question, donc, d'y trouver toutes les espèces de vertébrés et d'invertébrés de ces deux pays. Le choix a porté sur les animaux les plus facilement observables, donc généralement les plus gros et les diurnes plutôt que les nocturnes. Un des points forts de ce livre réside dans la présentation approfondie de l'écologie des milieux rencontrés et des adaptations physiologiques des animaux aux conditions particulières dans lesquelles ils vivent (chaleur, sécheresse...), à laquelle sont consacrées les quelque quarante premières pages. Les espèces, classées par grands groupes, sont ensuite à leur tour présentées avec force détails sur leurs vies et mœurs.

On appréciera aussi, encore plus que les photos en couleurs, les dessins au crayon de Jean-Paul Mayeur, réalisés à partir de croquis de terrain et qui ne sont pas étrangers au charme de ce livre. Dommage que l'éditeur n'ait, pour sa part,

pas cru bon de faire son travail jusqu'au bout : trop souvent, les espaces entre les mots sont à géométrie variable, ce qui donne une désagréable impression de flottement du texte, trop nombreuses sont les fautes d'orthographe que l'on a laissé passer, les majuscules qui manquent en début de phrase...

Il n'en reste pas moins un livre particulièrement agréable et facile à consulter, qui a l'avantage de tenir sans problème dans le sac à dos du voyageur. Dernier atout : les annexes en fin d'ouvrage, donnant, notamment pour les mammifères, l'équivalence entre les noms français, anglais, latins et swahili, leurs principales caractéristiques morphologiques et écologiques, les empreintes de pas de quelques-uns d'entre eux et la facilité de leur observation dans les parcs. Au total, une véritable mine de renseignements sur les espèces animales et les milieux des parcs et réserves d'Afrique de l'Est.

Thierry Pilorge

*Jeanne-Chantal Stanek,
Marie-Hélène Martin
et Nora Grundman*

Le Petit Futé, country guide, Viêt-nam

Olivier Orban, 270 p., 89 F

Ce qu'on attend d'un guide de voyage, c'est qu'il soit léger, solide, complet, à jour et sans erreurs. Et, si possible, qu'il se distingue des autres guides. Alors que le Viêt-nam s'affirme comme l'une des destinations favorites des Français, *le Petit Futé* répond à cette attente. Comme nous connaissons personnellement ce pays, il

était tentant de chercher l'erreur. Nous avons été agréablement surpris. Les auteurs se sont extrêmement bien renseignés. Un exemple entre mille, la précision du cours de la monnaie locale : entre 10 570 et 10 610 dongs pour 1 dollar en 1993. On ajoutera seulement que le cours officiel est maintenant, à quelques dongs près, celui du change au noir, ce qui n'était pas le cas ces dernières années.

L'ouvrage est sobrement illustré, c'est autant de pages gagnées pour le texte. On aurait cependant aimé que la reliure soit un peu plus résistante à l'usage. Suprême élégance : la rubrique "bibliographie" indique les autres guides du Viêt-nam actuellement disponibles sur le marché. C'est tellement inhabituel que cela mérite d'être signalé.

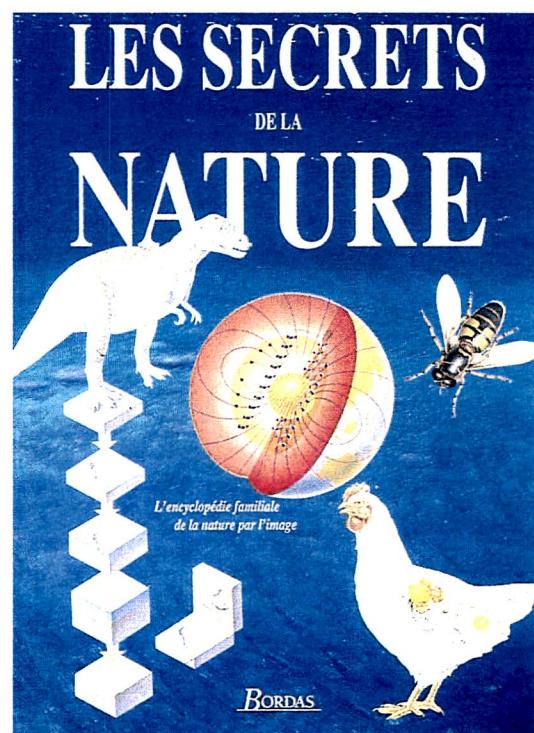
Pierre Rossion

Les Secrets de la nature

Bordas, alb. coul. 352 p., 189 F

Une remarquable illustration générale de la dynamique du monde : ce qui provoque les phénomènes atmosphériques, comment les virus provoquent les maladies, de quelle manière se reproduisent les amphibiens, quel est le fonctionnement de la propulsion à réaction de certains animaux marins, comment se créent les couleurs dans la nature, comment la vie s'est adaptée dans les estuaires, etc. Pour chaque sujet, des images, des photos et un schéma de la meilleure qualité. Un petit regret cependant : pas de physique, de chimie ni d'astronomie. Mais suffisamment de science, en tout cas, pour passionner même ceux qui croient savoir.

Gerald Messadié



Yves Jeanneret
Ecrire la science

PUF, 398 p., 198 F

Voici donc, sur le métier que nous pratiquons à *Science & Vie*, une belle étude de normalien. Que l'on se rassure : comme il se doit, l'auteur conclut (c'est en quatrième de couverture) que «la vulgarisation écrite s'avère particulièrement révélatrice du caractère utopique et mystificateur de l'idée de "société communicationnelle"». Et nous y apprenons que cette vulgarisation serait gouvernée par «une véritable poétique». Lecteur, tant qu'à lire de la poésie, lis donc Hugo ou Baudelaire, si tu en crois Jeanneret.

Notons d'emblée que la communication nous paraît antinomique de l'information, et passons aux affaires sérieuses. Jeanneret nous semble partir sur des prémisses fausses. Il cite ainsi une journaliste : «Lorsqu'un journaliste se présente dans un laboratoire [...] il y a une barrière invisible qui se met en place par la façon qu'a le scientifique de présenter les choses, une barrière telle que non seulement le journaliste ne comprend rien, mais souvent il n'ose même plus poser de questions.»

Or, c'est là se moquer du monde : si un journaliste est incompté en génétique, par exemple, il ne va pas dans un laboratoire de génétique, à moins que son rédacteur en chef ait perdu la tête. Les journalistes de *Science & Vie*, et sans doute aussi du reste de la presse scientifique, ont la prudence de ne traiter que les sujets des domaines où ils ont des notions sérieuses. Nous avons interrogé un nombre

considérable de spécialistes, de l'astronomie à la zoologie, et, contrairement à ce qu'avance cette citation, nous avons reçu dans l'immense majorité des cas un accueil d'emblée ouvert (car un chercheur n'a aucune raison de recevoir quelqu'un si c'est pour l'enfaminer). Et cet accueil s'ouvre encore en proportion de la compétence du journaliste.

Il existe, à coup sûr, quelques mandarins qui s'enferment dans un sabir ridicule, mais, contrairement à ce qu'on nous laisse entendre là, ils sont une minorité. C'est pourtant sur de telles prémisses, donc, que s'engage Jeanneret pour tenter de faire du bouche-à-bouche sur ce cadavre qu'est l'impossibilité essentielle de tenir un discours scientifique clair. Vulgariser, pour lui, c'est trahir.

Une citation de Louis Armand, qui précède celle que nous avons évoquée, comporte une bien autre leçon : «La compréhension de la technique permet d'échapper à ceux dont la spécialité est de tromper les ministres et les citoyens par des exposés éso-tériques et qui ont le cynisme de s'en vanter entre eux.» Et ça, c'est autrement grave : cela démontre que la pratique du sabir est dangereuse, comme nous l'avons toujours soutenu dans ces colonnes, puisqu'elle peut servir de masque à des charlatans ou à des gens malhonnêtes. Mais ça ne signifie absolument pas, comme l'entend Jeanneret, que la science soit intraduisible en langage clair.

Un peu plus loin, l'auteur se gausse de l'idée selon laquelle le vocabulaire scientifique serait «un parasite superficiel de la pensée». Vieille astuce que celle qui consiste à caricatu-

rer un principe pour mieux l'attaquer : personne, dans notre métier, n'entend bannir le langage scientifique pour lui substituer un langage exclusivement usuel ; nos lecteurs peuvent en témoigner. Il s'agit, plus simplement, de ne pas encombrer à l'excès le discours de termes techniques ou, si l'on est contraint de les utiliser, de les expliquer.

Mais expliquer, quelle prétention, s'il faut en croire Jeanneret ! Prenant ainsi un passage explicatif sur la pile, de Louis Figuier, grand vulgarisateur du début de ce siècle, Jeanneret dénonce «ce jeu de soumission ambiguë du vulgarisateur au langage de la science». Plus loin, il dira que la vulgarisation scientifique «singe le roma-

nesque». Allons ! Fort bien, supposons, pour faire plaisir à Jeanneret, que la vulgarisation scientifique disparaîsse. Que se passera-t-il ? Exactement ce qu'il y a deux ans dénonçait la revue *Nature* : les scientifiques ne se comprendront plus entre eux. Car c'est là le nœud de l'affaire : le jargon a commis de tels excès qu'un biologiste ne comprend plus le discours d'un anthropologue, ni un astronome celui d'un mathématicien. Là, Jeanneret sera encore plus content : la diffusion des revues scientifiques académiques ayant déclenché en fonction de leur abus du jargon, il n'y aura même plus de ces revues-là. Même plus d'éditeurs pour des livres comme celui-là. Ah ! tristesse du savoir ! G.M. ►



POURQUOI ACCEPTER D'ÊTRE CHAUVE ?

La chirurgie Esthétique vous permet par une technique sûre, efficace et indolore, de retrouver définitivement vos vrais cheveux.

Grâce à un progrès technique spectaculaire, les MICROGREFFES permettent de reconstituer la ligne frontale de façon naturelle.

**Clinique du Rond-Point des Champs-Elysées
61, av. F.D. ROOSEVELT, 75008 PARIS
43.59.49.06 / 43.59.71.63
Sur Minitel : 3615 CLINFORM**

*Documentation sous pli confidentiel, envoyée sur demande.
Informations et consultation sur R.V.*

NOM

ADRESSE

SV 694

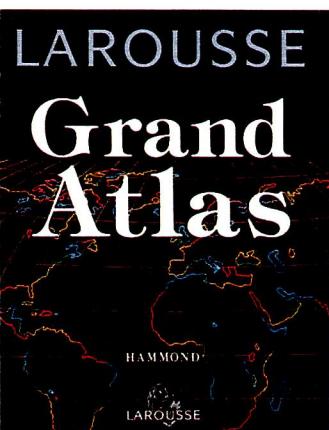
suite de la page 175

Grand Atlas

Hammond-Larousse, 400 F

«Le cœur d'une ville change plus vite hélas que le cœur d'un mortel», écrivait Baudelaire il y a plus d'un siècle. Et que dire des atlas ! D'un an l'autre, des pays disparaissent, d'autres apparaissent, des frontières changent, Léningrad redevient Saint-Pétersbourg, et l'on ne sait plus si Dantzig, pour laquelle certains refusaient de mourir, est désormais Gdansk ou pas. Pour savoir donc où se trouve le Zimbabwe et s'il est ou non voisin de la Zambie ou du Mozambique, un remède universel : l'atlas Hammond-Larousse.

Sans doute comporte-t-il quelques bizarries, comme tous les atlas d'origine anglo-saxonne : la France est ainsi partagée en France du nord-ouest et du sud-est, entre lesquelles s'intercale la Suisse ! Et comme les Etats-Unis sont un grand pays, on leur a dévolu une trentaine de pages, dont une pour la région New York-Washington. Mais le tour de l'ancienne URSS est fait en six pages. Il est vrai que c'est moins fréquenté.



Les cartes thématiques et les tableaux sont bien conçus. On y apprend avec intérêt que l'année japonaise de travail compte 2 116 heures, mais la française, 1 771 heures. Et que le PNB du Quatar a diminué de 11,4 % au cours de la dernière décennie. *G.M.*

Albert Einstein et Mileva Maric Lettres d'amour et de science

Seuil, 162 p., 99 F

Extrait d'une lettre d'Albert : «On peut de cette façon déterminer un grand nombre de ca, qui pourraient être utilisés pour vérifier approximativement l'hypothèse d'une parenté avec la gravitation. Il est possible que ce soient plutôt les grandeurs

$(\gamma-Td)/dt$

volume d'énergie

et les intégrales de la théorie des gaz qui pourraient nous renseigner sur la loi d'action elle-même. Est-ce que tu pourrais m'envoyer le livre sur la chaleur de Kirchhoff ?»

On n'a pas la réponse de Mileva ; il est vrai qu'on n'a, dans ce recueil, que dix lettres d'elle sur le total de cinquante-quatre qui composent l'ouvrage. *G.M.*

Eric Weber Faune et Flore des Alpes

JCM, 4 bis rue Bourg-la-Reine, 91630 Leudeville, 126 p., 99 F + 10 F de port

Cet album est une introduction aux mondes animal et végétal alpins tels que le promeneur

peut les découvrir lui-même. Il ne prétend pas être exhaustif, car il est impossible de décrire en un peu plus de cent pages la richesse de l'écosystème montagnard. Mais il offre un choix juste des espèces décrites et parvient ainsi à nous guider dans la faune et la flore montagnardes.

Commençons par la description de l'écologie des grands mammifères emblématiques des Alpes, comme le bouquetin ou le chamois. On apprend ainsi que l'hermine (*Mustela erminea L.*) est un animal bien résistant : elle peut vivre dans les éboulis et amas de pierres de l'étage neigeux, ("nival") à 3 000 m d'altitude.

Les oiseaux ont la part belle : du grand tétras à l'aigle royal en passant par la gélinolette ou le hibou-grand duc, l'auteur dresse pour chaque espèce une fiche complète, agrémentée d'anecdotes, comme celle sur «la manie du grand tétras de se poudrer en grattant vigoureusement le sol ou même en se roulant directement dans la poussière».

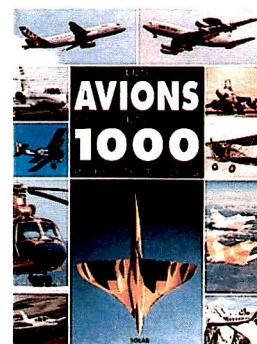
Dans la deuxième partie, l'auteur aborde la flore, qui, comme la faune, doit s'adapter à l'environnement, affronter le froid, les écarts de température, la raréfaction de l'oxygène, les fortes pentes et les avalanches. C'est sans conteste à l'étage alpin, là où la forêt cède la place aux herbages exposés aux agressions de tous ordres que, paradoxalement, les espèces sont les plus belles. Cependant, la photo d'un magnifique lys martagon prouve que le milieu forestier possède lui aussi ses joyaux. Comme pour la faune, des fiches signalétiques permettent d'identifier les différentes plantes de montagne :

de l'edelweiss au crocus en passant par les lichens, ces curieuses "fleurs des rochers". Un livre à emporter à la montagne. Quitte à en racheter un autre si on l'a trop abîmé !

Didier Dubrana

Les Avions en 1 000 photos

Solar, alb. coul. 128 p., 140 F



Un régal pour les amateurs d'aviation. Le lecteur y retrouvera les lignes, déjà si pures, du Deperdussin de course de 1922 ou du Dewoitine D 510, les formes bulbeuses du Boeing P 26 "Peashooter" de 1932, l'archaïque Fokker triplan de 1917, cher au Baron rouge, le superbe Reggiani 2005 de Caproni, datant de 1939, le Tupolev ANT 20 bis de 1934, magnifiquement profilé avec ses six moteurs (capable d'emporter neuf passagers à 175 km/h !), l'extravagant hydravion Caproni Ca 60 Transaereo, sorte de pont de Tancarville volant, le superbe hydravion (encore) Macchi F 39, qui, en 1926, atteignait déjà 415 km/h, l'insensé Gee Bee R 1 de 1926 (475 km/h), une sorte de mégot de cigare ensorcelé... Un musée de poche ! *G.M.*

René Frydman
L'Art de faire autrement des enfants comme tout le monde

Robert Laffont, 360 p., 129 F

Il n'est pas question ici de méthodes permettant d'orienter le choix du sexe de l'enfant à naître, mais de techniques donnant la possibilité d'avoir un enfant malgré la stérilité de l'un des partenaires. Depuis la naissance d'Amandine, le premier bébé éprouvette français, en 1982, dont l'auteur fut à l'origine, les choses ont beaucoup évolué. En revanche, les problèmes éthiques soulevés n'ont toujours pas été résolus. D'où un vrai débat, auquel il faudra bien un jour s'attaquer.

Pour l'auteur, le choix est sans ambiguïté. Opposé à toute forme de dogmatisme religieux, il est enclin à privilégier la vie dans ce qu'elle a de surprenant : «L'absence de rapport sexuel à l'origine de la conception d'un enfant me paraît moins inquiétante pour l'avenir de cet enfant que l'absence d'amour.» Et de citer l'exemple d'un couple qui, bien que le mari se retrouve paraplégique, et donc impuissant, à la suite d'un accident de voiture, continue malgré tout de désirer un enfant, par fécondation *in vitro*.

Exemple extrême, cité lors d'une conférence faite au Vatican, à l'Académie scientifique pontificale, et pour lequel l'auteur n'a pas obtenu gain de cause auprès des autorités catholiques. Cette prudence pourrait s'expliquer par le fait que, depuis l'apparition de la fécondation artificielle classique, d'autres techniques

sont apparues, permettant toutes les dérives possibles.

Alors, ouvrir la porte à l'une, n'est-ce pas ouvrir la porte aux autres ? Jacques Testard, qui est avec Jacques Frydman le «père» d'Amandine, le pense, d'où ses positions, désormais réservées, à l'égard des procréations médicalement assistées. N'est-ce pas, à l'heure actuelle, la position la plus sage, quand on sait que les comités d'éthique sont incapables à ce jour de définir une ligne de conduite satisfaisante pour tout le monde ? *P.R.*

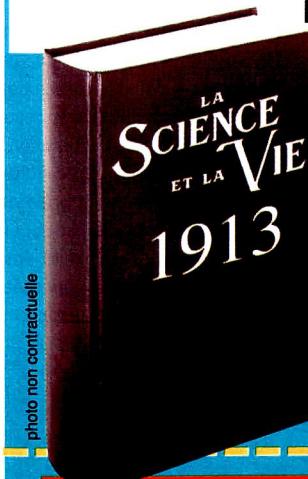
Histoire critique du xx^e siècle

Atlas Hachette, 192 p., 250 F

L'ambition de ce livre est de nous permettre d'y voir plus clair dans les crises qui agitent le monde en cette fin de siècle – et de millénaire. D'après les auteurs, cela devient possible depuis la fin de l'équilibre bipolaire Etats-Unis/URSS, qui masquait les véritables problèmes. L'ouvrage est organisé de manière *grosso modo* chronologique. Au sein de chaque période, chaque double page traite un thème donné : «L'Allemagne paiera» et «La guerre hors la loi» pour la période 1919-1932 ; «Staline, complices et victimes – 1945-1956» ; «Les trente glorieuses – 1945-1975», etc. Pour chacun de ces thèmes, un texte explique les faits qui s'y rapportent, une chronologie rappelle les dates importantes et les événements essentiels. Chaque thème est illustré de photos, dessins, diagrammes, etc. Un ouvrage de base qui montre, une fois de

1913 - 1993 SPECIAL ANNIVERSAIRE :

**OFFREZ-VOUS LA
COLLECTION DES
9 PREMIERS NUMÉROS DE
LA SCIENCE ET LA VIE
PARUS EN 1913 ET ENFIN
REEDITES.**



Cette réédition exceptionnelle réunit en un superbe volume relié façon cuir 1300 pages environ d'actualité scientifique et technique d'une année charnière de notre histoire.

BON DE SOUSCRIPTION

à retourner à **Science & Vie**
1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cédex 15

OUI, je commande la réédition en un volume relié façon cuir des 9 premiers numéros de **La Science et La Vie** (année 1913) au prix unitaire de **370 F** (TVA à 5,5%) + **25 F** de frais de port pour la France métropolitaine.

*Je joins mon règlement libellé à l'ordre de **Science & Vie** d'un montant total de 395 F TTC.*

NOM

PRÉNOM

ADRESSE

CODE POSTAL

VILLE

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

Offre réservée à la France métropolitaine.
Etranger, nous consulter au (33-1) 46 48 47 08.

SV 921

RCS Paris B 572 134 773

suite de la page 177

plus, comme le souligne René Rémond dans la préface, que toutes les questions qui s'imposent à nous actuellement (faim, sida, guerres, chômage, pauvreté...) ne sauraient être abordées, et encore moins résolues, à une échelle autre que planétaire.

T.P.

Bruno Jarroson **Décider ou ne pas décider ?**

Maxima, 248 p., 148 F

On nous a rebattu les oreilles, ces dernières années, des "décideurs", c'est-à-dire de ces êtres mythiques autant que puissants qui prennent des décisions pour le bien commun. Tou-

jours en vedette au moment de la décision, ils se replient dans un anonymat commode quand il s'agit de désigner des responsabilités et, pourquoi pas, des culpabilités. Diverses affaires récentes viendront à l'esprit du lecteur, mais ne polémiquons pas. Ingénieur Supélec et professeur de philosophie des sciences, Bruno Jarroson taille des croupières à ces gourous.

Le mythe de la décision scientifique en prend un coup : le décideur passe peu de temps à décider et beaucoup à faire de la figuration ; l'information ne joue qu'un faible rôle dans sa prise de décision, car elle est occultée par l'intuition, et elle n'est pas objective mais orientée. Qu'importe, d'ailleurs, parce

qu'elle «fait référence à des systèmes de valeurs incommensurables».

Recommandons dans ces pages vengeresses celles qui sont consacrées aux méthodes de décision : il y a celle du moindre regret (minimiser les risques), celle de la meilleure espérance mathématique (qui se fonde sur l'expérience passée, donc irreproductible), la méthode du gros lot (celle du "gagneur-né") et la méthode mixte (c'est celle qui fait intervenir un peu d'esprit de finesse).

A quoi tient ce système bizarre ? A une représentation du réel baptisée "modélisation" ou encore, "outil d'aide à la décision" ; elle a l'air rationnel, c'est-à-dire qu'elle est rarement raisonnable. En effet, elle est entièrement théorique, et elle fait l'impasse sur le fait qu'une théorie ne vaut qu'autant qu'elle se raccroche sans cesse à la réalité. Or, si la France présente cette singularité, parmi tant d'autres, c'est qu'elle élève d'emblée des théoriciens (lisez ici : diplômés de grandes écoles) à l'échelon supérieur de la décision (parlons donc sabir : au niveau décisionnel), alors que les autres pays n'hissent que ceux qui ont déjà fait leurs preuves aux plus bas échelons des entreprises et administrations. Le propre d'un diplômé est de se servir de son savoir qui est forcément virtuel. D'où ce goût immoderé pour la modélisation à l'anglo-saxonne. Hélas ! «les comptes d'exploitation ne théorisent pas et les théories les laissent comme ils sont».

Voilà donc un livre qui court bien des risques d'être voué au silence délibéré, parce qu'il dénonce les travers graves des grands initiés.

G.M.

Nina Catach **La Ponctuation**

PUF "Que sais-je ?", 128 p., 40 F

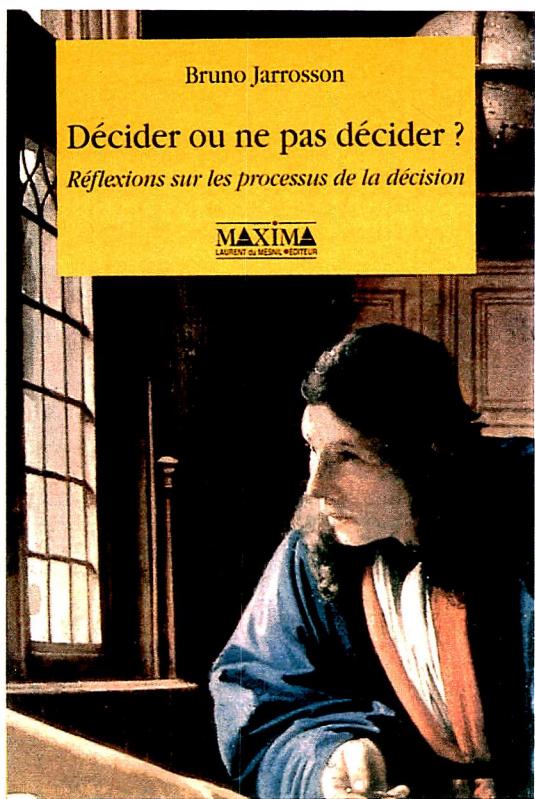
Exquise idée, heureuse étude : «Ponctuer est un commentaire, mais également une interprétation métalinguistique.» «Le boulanger cuit son pain la nuit et se couche tôt» ne comporte pas le même message que : «Le boulanger cuit son pain, la nuit, et se couche, tôt.» La ponctuation donne le ton et crée une hiérarchie dans la phrase. Les règles de la ponctuation ne sont donc pas plus immuables qu'elles ne sont fantaisistes. Et il faut bien tolérer que Michelet use de la virgule deux fois plus que tout autre, comme le relevait déjà Pierre Larousse. Un livre à conserver précieusement. G.M.

Claude Traunecker **Les Dieux de l'Egypte**

PUF "Que sais-je ?", 127 p., 40 F

Il convient de signaler la nouvelle édition de cet ouvrage, dont la modestie laisse mal deviner la qualité. En effet, c'est le plus complet, le plus rigoureux et le plus accessible sur ce sujet extrêmement complexe. Contrairement à ce que l'on enseigne parfois, le panthéon égyptien ne fut stable ni dans l'espace ni dans l'histoire. L'auteur permet au profane de saisir le fil conducteur des évolutions des dieux égyptiens et de leurs significations successives. Ces 125 pages servent en plus de guide à la découverte de la civilisation de l'Egypte ancienne.

Gérard Morice



Drs Marina Carrère
d'Encausse
et Nicolas Evrard

Le Gène sacré

Julliard, 218 p., 110 F

Ariel Blocker
et Lionel Salem

L'Homme génétique

Dunod, 320 p., 135 F

Pour le premier de ces ouvrages, il ne faut pas trop en promettre en ce qui touche aux "miracles" de la génétique, et on ne guérira pas les gens d'un coup, surtout du cancer, en tripotant un peu leurs gènes. Exposé sans prétentions, pour un public peu informé.

Le second ouvrage, plus approfondi et d'un niveau scien-

tifique plus élevé, explique ce qu'est vraiment la génétique, ses promesses et ses limites, et conclut qu'il ne faut pas non plus s'imaginer qu'il sera un jour possible de tripoter impunément ses gènes pour guérir telle ou telle maladie. Cela pourrait, en effet, déclencher des désordres aux conséquences imprévisibles.

livres) vient de consacrer un ouvrage aux singularités discrètes du confort. Il y a moins d'un siècle, en effet, il fallait, pour satisfaire des besoins naturels, sortir sur le palier, par tous les temps. Pour prendre un bain, il fallait soit faire chauffer de l'eau à la maison, dans des bassines qu'on versait ensuite dans la baignoire, ce qui supposait une belle domesticité, soit appeler une entreprise spécialisée qui montait à l'étage la baignoire et le réchaud. Pas d'aspirateur, mais le balai, pas de machine à laver le linge, mais la cuisson en chaudron de buanderie, pas de robot mixeur, mais l'huile de coude. Enfin, pas de tranquillisants, ni d'anxiolytiques, mais des tisanes et des bonnes paroles. Gageons que n'importe

lequel de nos contemporains se croirait en enfer s'il reculait soudain dans le temps pour supporter ces contraintes affreuses. Nous croyons, en effet, que nos comforts sont "naturels".

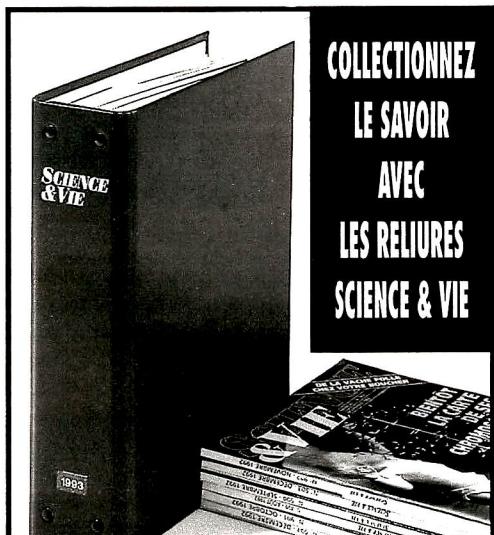
Le numéro que voilà comporte dix-sept articles, variés et d'un intérêt variable. L'un des plus séduisants, parce qu'il offre la plus vaste perspective, est sans doute celui de Jean Poirier sur "La polyculture du bien-être". Celui de Jacques Pezeu-Massabuau distingue utilement confort et bien-être. Divers rappels sur l'évolution historique des accessoires et coutumes (ainsi de l'oreiller en bois des Egyptiens, impensable à notre époque, ou des bretelles, qui vont et viennent dans la mode) font immanquablement sourire.

G.M. ■

Confort moderne Une nouvelle culture du bien-être

Autrement, 216 p., 120 F

Dans la série "Sciences en société", notre semi-confrère Autrement ("semi" parce que ses numéros sont en fait des



**COLLECTIONNEZ
LE SAVOIR
AVEC
LES RELIURES
SCIENCE & VIE**

BON DE COMMANDE
à compléter et à retourner payement 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

3615 SCIENCE & VIE

● Cinq ans de Science & Vie
sur votre Minitel !
(texte intégral avec système de
sélection selon vos critères).

● Astronomie, le "ciel
observable" et la boutique de
"La Maison de l'Astronomie"
(ventes sur minitel).

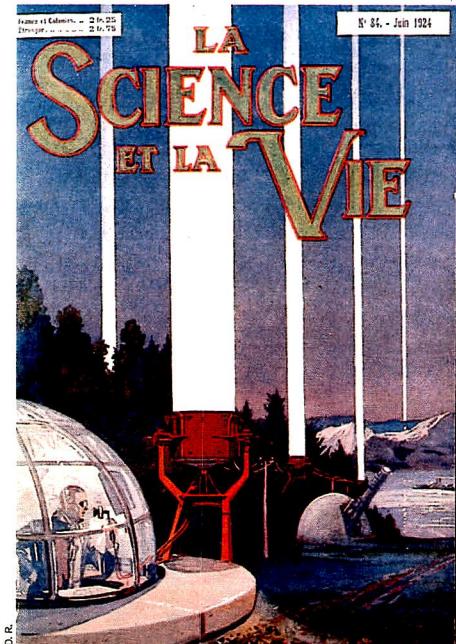
● Santé ? Un médecin répond à
vos questions.

● Acheter ou vendre ?
Les petites annonces
de Science & Vie.

Science & Vie IL Y A...

Par Marielle Véteau

...70 ANS



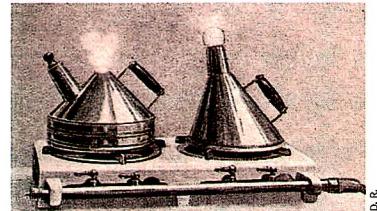
Juin 1924

«M. H. Gernsback, membre de la société américaine de physique, estime qu'il suffirait de mille lumières émises par de puissants arcs voltaïques à électrodes à charbon, selon le principe du photophone de M. Bell, qui véhicule les sons par un rayon de lumière, pour qu'un Martien équipé d'un supertélescope puisse les apercevoir.»



Une nouvelle machine pour préparer les feuilles de tabac destinées aux cigares

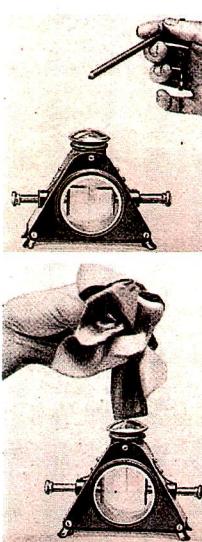
«Pour résoudre le problème posé par les nervures des feuilles de tabac de Havane ou de Sumatra, impossibles à enruler, M. Belot, directeur de la Manufacture nationale des Tabacs, a mis au point une machine dont la calandre, chauffée à environ 100 degrés, lamine si bien les nervures qu'elles ne font plus la moindre saillie.»



Les bouilloires qui sifflent

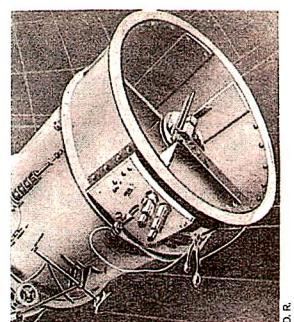
«Lorsque l'eau arrive

à ébullition, ces bouilloires émettent un siflement caractéristique, grâce aux sifflets logés dans les orifices de remplissage ou de versage. Leur base, large et plate, leur forme, conique ou tronconique, réduisent le temps de chauffage par une plus grande surface de chauffe et une moindre surface refroidie par l'air ambiant.»



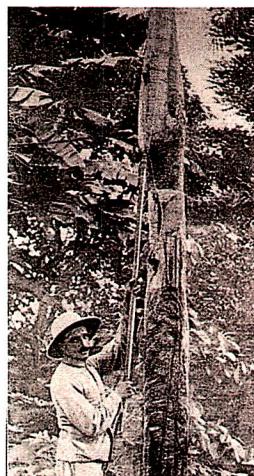
Pour distinguer les bons tissus des mauvais

«Les tissus étant plus ou moins conducteurs d'électricité selon leur composition, il est désormais possible d'en connaître la qualité à l'aide du "exilscope". Au moyen d'un bâton d'ébonite, on charge l'instrument d'électricité statique : les feuilles d'or se soulèvent. Puis, on passe légèrement le tissu sur la calotte : s'il contient du coton les feuilles retombent.»



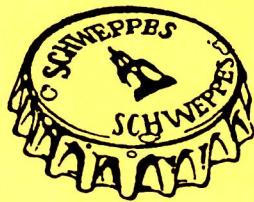
Comment on mesure la chaleur rayonnée par les étoiles

«A l'aide d'un thermocouple bismuth-platine placé dans le foyer d'un télescope astronomique, le Dr Coblenz a mesuré l'énergie rayonnée par des centaines d'étoiles, dont la température superficielle ne dépasse pas 10 000 degrés centigrades et n'est pas inférieure à 3 000 degrés. La température des noyaux varierait entre 2 et 20 millions de degrés.»



L'essor formidable de l'industrie du caoutchouc

«La production caoutchoutière mondiale s'est fortement accrue ces dernières années : de 36 000 tonnes, elle est passée à 408 000. Une des utilisations les plus considérables est celle des pneumatiques qui équipent les automobiles, mais toutes les industries font appel, désormais, au caoutchouc, qui marque une étape importante dans l'histoire des progrès scientifiques.»



*Schweppes
vous invite à...*



1994

**2 Entrées Gratuites,
2 Schweppes Gratuits
et de Nombreux Cadeaux.**

VENDREDI 24 JUIN 1994

LA NUIT DU BAC Schweppes

La "NUIT DU BAC SCHWEPPES" est une grande soirée offerte par Schweppes et FUN Radio à tous ceux qui veulent fêter la fin des épreuves du bac 1994 dans les meilleures discothèques de France.

Comment participer :

- 1) Consultez le 36-15 Schweppes sur votre minitel pour connaître l'adresse de la discothèque sélectionnée la plus proche de chez vous.
- 2) Le Vendredi 24 juin, présentez-vous* à la discothèque muni de votre convocation au bac, elle vous donne droit à 2 entrées gratuites, 2 Schweppes gratuits et une avalanche de cadeaux.
- 3) Profitez au maximum de cette soirée ... vous l'avez bien mérité tout de même!

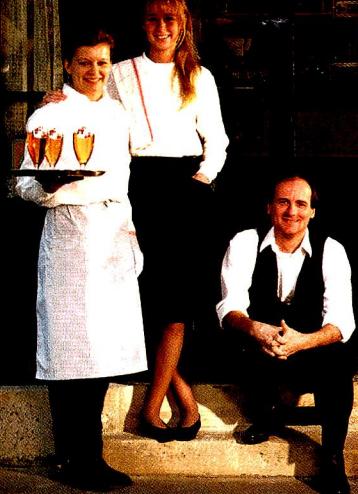
*Pour les élèves de terminale âgés de 18 ans minimum, munis de l'original de leur convocation au baccalauréat 1994.

AVEC
FUN
Radio

36 15 SCHWEPPES



LES TROIS COPAINS



* Les Trois Copains
5 rue du Vieux Versailles
75000 Versailles

Les Trois Copains * et Kronenbourg.



BIÈRE, 4,7% ALC. VOL. L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.