

SCIENCE & VIE

MENSUEL - N° 904

JANVIER 1993

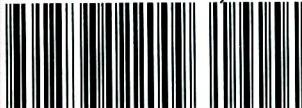
L'HOMME EST-IL UNE FEMME RATÉE ?

La masse
cachée
de l'Univers

Le retour
de la
tuberculose

Comment
capturer
les nouvelles
chaînes TV

M 2578 - 904 - 22,00 F



160 FB - 6,00 TL - 3 can 3,95 - 750 Ptas - 1700 Frs - 30 Dh - 3000 Dt

6 000 L - 4,75 Mts NYC - RCI: 1595 FCPA - 1000 CFP



AVEC LES PLC* ELECTRONIC PHILIPS, VOUS GARDEZ UN ŒIL SUR VOS ÉCONOMIES ET UN ŒIL SUR LE FUTUR.

Les véritables utilisateurs des produits Eclairage Philips, ce sont vos yeux. Et aujourd'hui, vos yeux ont vraiment une bonne raison de briller. Une lampe à économie d'énergie PLC* ELECTRONIC Philips, c'est 5 fois moins d'énergie consommée, une durée de vie 8 fois supérieure à une ampoule classique et un dégagement de chaleur minimum. Elles remplacent déjà les ampoules classiques dans de nombreuses situations (bureaux, cafés, restaurants ...), mais maintenant, c'est surtout chez vous, que vous pouvez les apprécier. PLC* ELECTRONIC Philips, vous n'allez vraiment pas en croire vos yeux.



Philips Lighting



PHILIPS

SCIENCE & VIE

● DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : PAUL DUPUY
Directeur général : JEAN-PIERRE BEAUALET
Directeur général adjoint : FRANÇOIS FAHYS
Directeur financier : JACQUES BÉHAR
Directeur commercial publicité : PATRICIA BRAULT
Directeur marketing et commercial : FRANCIS JALUZOT
Directeur marketing et commercial adjoint : JEAN-CHARLES GUÉRAULT
Directeur des études : ROGER GOLDBERGER

● RÉDACTION

Rédacteur en chef : OLIVIER POSTEL-VINAY
Rédacteur en chef adjoint : GERALD MESSADIÉ
Chef des informations, rédacteur en chef adjoint : JEAN-RENÉ GERMAIN, assisté de MARIE-ANNE GUFFROY
Rédacteur en chef adjoint : GÉRARD MORICE, assisté de MONIQUE VOGT
Rédacteur en chef édition : ÉLIAS AWAD
Secrétaires de rédaction : FRANÇOISE SERGENT, NADINE RAGUET, AGNÈS MARILLIER
Rédacteurs : RENAUD DE LA TAILLE, ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION, JACQUES MARSAUT, PIERRE COURBIER, CHRISTINE MERCIER, JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR, MARIE-LAURE MOINET, ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, DIDIER DUBRANA, HENRI-PIERRE PENEL, MARC MENNESSIER, ISABELLE BOURDILLAT, THIERRY PILORGE, EDOUARD LAUNET
Secrétaires : CATHERINE LE MOAL, PAULE DARCONNAT

● ILLUSTRATION

ANNE LÉVY, JOSETTE SERREAU
Photographe : MILTOS TOSCAS

● CONCEPTION GRAPHIQUE

CHRISTINE VAN DAELÉ
● MAQUETTE
LIONEL CROOSON

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.

Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans

1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15

Tél. : (1) 46 48 48 48. Fax : (1) 46 48 48 67

Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS

Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY, PAUL DUPUY

● RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHÈLE HILLING, assistée de NATHALIE HAPILLON

● SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements et marketing direct : PATRICK-ALEXANDRE SARRADEIL

Vente au numéro : PIERRE BIEURON, assisté de MARIE CRIBIER

Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires)

Belgique : A.M.P., 1 rue de la Petite-Isle, 10.70 Bruxelles

● CORRESPONDANTS

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

● PUBLICITÉ

EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDEC

27 rue de Berri, 75008 Paris. Tél. : (1) 44 35 11 98

Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER

Chef de publicité : KARINE PARENT

● À NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT, tél. : 46 48 48 66

Vente anciens numéros et reliures : CHANTAL POIRIER, tél. : 46 48 47 18

● ABONNEMENT

Relations abonnés : Service abonnements,

1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15

Tél. : (1) 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h)

Au Canada : Periodica Inc. - C. P. 444, Outremont - Québec, Canada H2V 4R6

En Suisse : Naville - Case postale 1211 - Genève 1 - Suisse

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,50 F en timbres-poste français ou réglement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués aux services informatiques des organismes des collectivités, mais avec Science & Vie sauf mention motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.
LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS
COPYRIGHT 1989 SCIENCE & VIE

BULLETIN D'ABONNEMENT

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

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

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

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

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

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

Cochez SVP *Prix de vente chez votre marchand de journaux

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Conformément à la législation en vigueur, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial de notre société.

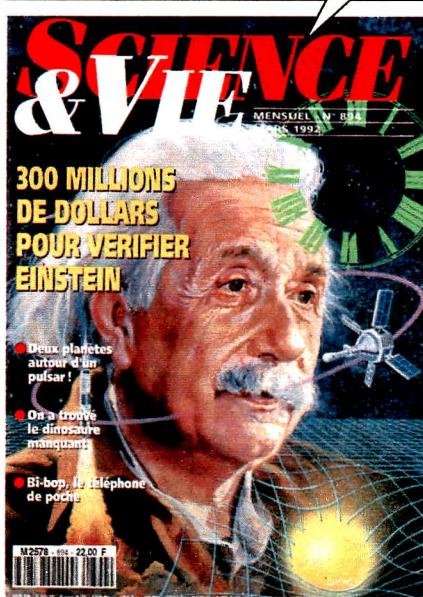
OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1992.

ET RESERVÉE A LA FRANCE METROPOLITaine.

ETRANGER: NOUS CONSULTER RC PARIS B 572 134 773

S&V 904

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

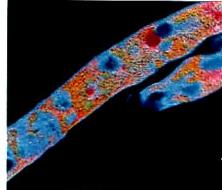


SOMMAIRE



Le fruit du jacquier contre le virus du sida, ou comment il est urgent de protéger ces plantes qui pourraient nous soigner demain.

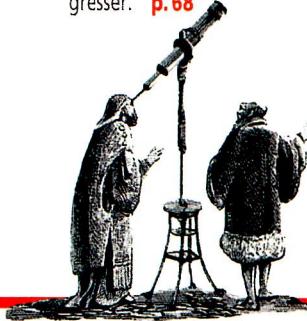
p. 86



Une des plus grandes tueuses de l'humanité, la bactérie de la tuberculose, revient en force aux Etats-Unis.

p.49

Galilée se trompa parfois, mais c'était pour mieux progresser. **p.68**



SAVOIR

La masse cachée de l'Univers

Renaud de La Taille

22

L'homme est-il une femme ratée ?

Gerald Messadié

28

Myc, le gène de la vie et de la mort

Marie-Françoise Lantieri

44

DOSSIER : LA REVANCHE DES MICROBES – 1^{re} PARTIE

La nouvelle menace bactérienne

Le retour de la tuberculose

Jean-Michel Bader

49

Les cadavres ont des antennes

Pierre Rossion

64

Deux erreurs de Galilée

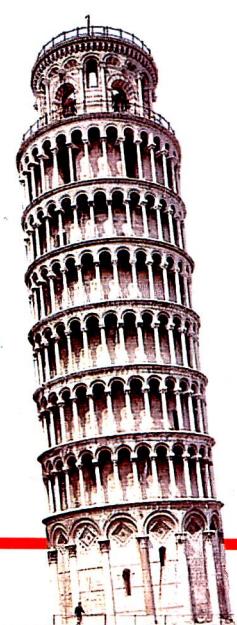
Maurice Arvony

68

Un corset pour la tour

Alain Meunier

74



Encart *Time-Life*, 6 pages, entre la 2^e de couverture et la page 1. Diffusion France métropolitaine avec abonnements.

Encart abonnement *Science & Vie*, 2 pages, entre les pages 84 et 85. Diffusion vente au numéro. France métropolitaine.

POUVOIR

Dans les forêts, à la recherche des médicaments de demain

Edouard Launet

86

L'absurde affaire du papier recyclé

Didier Dubrana

92

Des PCB trouvés à Sermaise

Jacqueline Denis-Lempereur

96

Le crépuscule du caviar

Jean-René Germain

100

Les nouvelles boîtes noires sont des disques durs

Germain Chambost

106

L'expert fait sauter les bouchons

Henri-Pierre Penel

110

Comment capter les nouvelles chaînes TV

Roger Bellone

114

Quand le béton se prend pour de la pierre

Gérard Morice

118

Le dernier constructeur d'avions en bois

Gérard Morice

120

Qu'est-ce qui la menace le plus : la chute, ou les travaux envisagés pour la sauver ? **p. 74**



Fiabilité, rapidité, confort, les avions en bois ont une classe inégalable.

p. 120



Le télescope Hubble détecte les astres invisibles.
Ils occuperait 90 % de notre Univers.

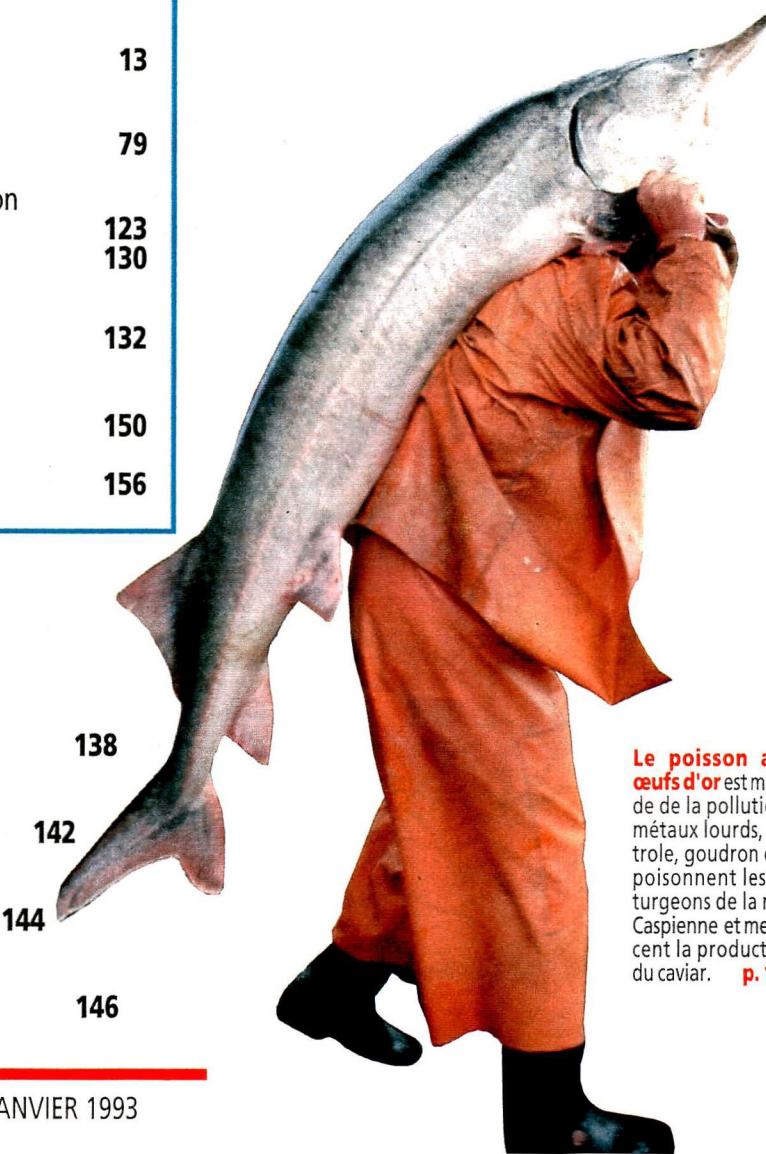
p. 22

RUBRIQUES

Courrier	6
Echos de la recherche <i>Dirigés par Gerald Messadié</i>	13
Echos de l'industrie <i>Dirigés par Edouard Launet</i>	79
Carrefour de l'innovation <i>Dirigé par Gérard Morice</i>	123
Des marchés à saisir	130
Les objets du mois <i>Dirigés par Roger Bellone</i>	132
Science & Vie a lu pour vous	150
Agenda	156

▲ SCIENCE & JEUX

Physique amusante <i>par Renaud de La Taille</i>	138
Électronique <i>par Henri-Pierre Penel</i>	142
Informatique <i>par Henri-Pierre Penel</i>	144
Journal de l'astronome <i>par Yves Delaize</i>	146



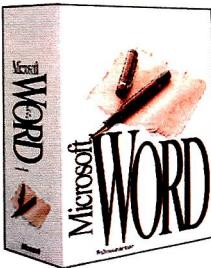
Le poisson aux œufs d'or est malade de la pollution : métaux lourds, pétrole, goudron empoisonnent les esturgeons de la mer Caspienne et menacent la production du caviar.

p. 100

Jusqu'au 15

Embarquement immédiat ou Microsoft Excel... 1 an de micro

**Microsoft Word 2 pour Windows ou
Microsoft Word 5 pour Macintosh : le traitement
de texte "Plus facile. Tous les jours".**



Word est le premier traitement de texte totalement adapté à vos habitudes de travail. Il est si simple à utiliser que même un débutant peut se servir immédiatement de ses nombreuses fonctions. Avec la barre d'icônes toujours à portée de la main, il vous suffit d'un clic pour créer un nouveau document, mettre un paragraphe en retrait, créer un dessin ou vérifier l'orthographe... Vous semble-t-il possible de faire plus simple ? Et pour la mise en forme ? Un jeu d'enfant ! Quelques clics... et le tour est joué !



janvier 1993

avec Microsoft Word* Nous vous offrons "First Class".



**Microsoft Excel 4 pour Windows
ou Macintosh : "le Tableur Minute".**



Pour simplifier vos travaux quotidiens, Excel anticipe vos besoins, déduit les informations, propose une assistance au moment opportun... Des tâches qui auraient pris des heures sont réalisées en un temps record ! Une minute suffit pour réaliser un tableau et le mettre en forme. Les barres d'outils vous donnent accès aux fonctions les plus couramment utilisées : calcul, graphiques, dessin... Avec son Gestionnaire de Scénarios, son Assistant Tableaux croisés, son Solveur et ses Classeurs, ce tableur surdoué est l'outil idéal des décideurs.

**Cette offre exceptionnelle* est aussi valable
pour l'achat d'un Microsoft Office
pour Windows ou Macintosh.**

Les logiciels Microsoft Office réunissent pour vous Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint et Microsoft Mail-Licence Utilisateur.

**La Carte Microsoft Amplitude
gratuitement pendant 1 an.**



**Un cadeau d'une valeur
de 1200 francs HT* :**

"Pour vivre une micro au-dessus !", Microsoft vous offre votre Carte Microsoft Amplitude personnalisée. Pour tout achat d'un Microsoft Word*, d'un Microsoft Excel* ou d'un Microsoft Office* entre le 16 novembre 92 et le 15 janvier 93, vous allez ainsi profiter gratuitement pendant 1 an, de tous les avantages d'une micro "First Class" :

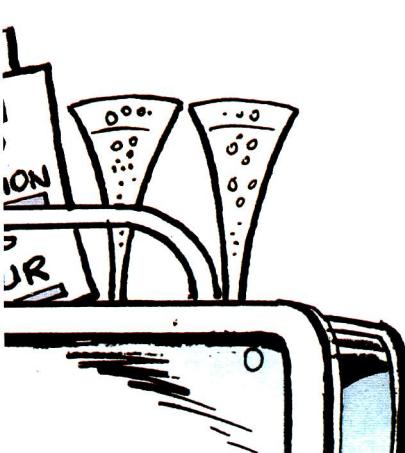
- Un accès prioritaire au Service Technique Microsoft et une assistance personnalisée grâce à une équipe performante, dédiée aux possesseurs de la Carte Microsoft Amplitude.
- De nombreux avantages sur les produits de Microsoft et de nombreux partenaires du monde de l'informatique.
- Une information complète et privilégiée avec le magazine Microsoft Horizons et, en exclusivité pour les possesseurs de la Carte Microsoft Amplitude, son supplément pratique.

* Offre réservée aux professionnels (entreprises, professions libérales, administrations...), valable en France du 16/11/92 au 15/01/93, pour les versions complètes monoposte en environnement Windows et Macintosh. La Carte Microsoft Amplitude sera commercialisée en mars 1993 au prix de 1200 F HT.

**Pour connaître votre revendeur le plus proche,
tapez 3616 Microsoft sur votre minitel. Pour plus
d'informations sur cette offre exceptionnelle, appe-
lez le Service Clients Microsoft au (1) 69 29 11 11.**

Microsoft

LES LOGICIELS QUI DONNENT DES AILES.

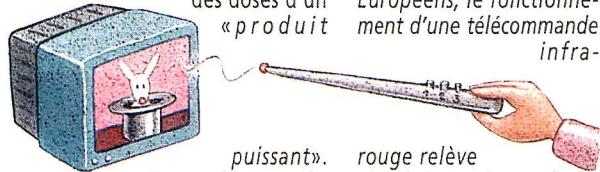


COURRIER

«Des millions de gens sauvés par le blurg !»

C'est le titre choisi par notre lecteur lui-même, le Lt L.S., des Forces belges en Allemagne. Ce correspondant rapporte les cas de deux personnes atteintes de maladies du système respiratoire, l'une d'une grave maladie pulmonaire, l'autre d'une grippe. Toutes deux auraient été guéries par des produits homéopathiques, l'une par de «fortes doses d'un nouveau produit», l'autre par des doses d'un

«produit



puissant».

Le premier put quitter l'hôpital après ce traitement. Nous avouons ignorer ce que pourraient être de «fortes doses», et encore moins ce que pourraient être des «produits puissants», les deux qualificatifs ne semblant pas correspondre aux principes de l'homéopathie.

En ce qui concerne la grippe, il est connu que celle-ci suit un cours de 5 à 6 jours, homéopathie ou non. En ce qui touche à la «grave maladie pulmonaire», il faudrait encore savoir laquelle, et avoir le suivi de ce malade. Nous ne sachons pas, par exemple, que l'homéopathie puisse guérir la tuberculose, ni que l'effet placebo le puisse non plus.

Notre correspondant écrit : «"Science & Vie" devrait entretenir le mystère de l'efficacité de cette thérapeutique.» C'est un point de vue que nous étudierons. Ce lecteur semble nourrir un sentiment ambigu à l'égard de l'homéopathie, puisqu'il demande qu'on lui permette de nous «féliciter pour l'article de Pierre Rossion [n° 899]. L'information à caractère scientifique a trop tendance à rester confinée aux seuls initiés détenteurs d'un doctorat ou d'une licence. Il est regrettable que, pour la grande majorité des Européens, le fonctionnement d'une télécommande infra-

rouge relève plus de la magie que de la physique.»

Glutamate et diabète : une appréciation de spécialiste

En raison du caractère officiel de la lettre suivante, nous indiquons en toutes lettres le nom de l'auteur, le Pr J.C. Dillon, du département de nutrition humaine de l'Institut national agronomique Paris-Grignon.

«En tant que médecin et nutritionniste, mon attention a été attirée par votre article "Le glutamate peut-il donner le diabète?", paru dans votre numéro d'août, et dans lequel vous rappor-

tez le travail de deux chercheurs montpelliérains. [N.B. : cet article, intitulé "La roulette russe du restaurateur chinois", est paru dans notre n° 899, p. 58].

»Ceux-ci ont récemment mis en évidence, au niveau des cellules bêta du pancréas de rat, l'existence de récepteurs à l'acide glutamique, et vous posez une question qui, évidemment, ne peut manquer de venir à l'esprit de vos lecteurs.

»A cette question, je pense qu'on peut répondre par la négative, au vu des résultats de plusieurs études effectuées chez l'homme.

»Premièrement : on a montré, il y a plusieurs années déjà, que l'ingestion des protéines dans le sang déclenche chez l'homme une élévation de l'insulinémie dans la demi-heure qui suit le repas.

»Par la suite, des études *in vitro* ont montré que les différents acides aminés étaient plus ou moins insulino-sécrétateurs : en tête, viennent les acides aminés basiques, leucine, arginine, lysine, puis les acides aminés neutres, tels qu'alanine et thréonine, enfin les acides aminés acides, dont l'acide glutamique (Floyd, 1966).

»Ainsi, l'élévation de l'insulinémie après un repas est-elle bien un phénomène physiologique, nécessaire à l'assimilation des acides aminés de l'alimentation par les cellules de l'organisme.

»La mise en évidence de récepteurs à l'acide glutamique au niveau du pancréas par les chercheurs français vient confirmer des données bien connues en physiologie et, contrairement à ce que vous semblez indiquer, n'a en soi rien d'inquiétant ; c'est au contraire l'absence de récepteurs au

niveau du pancréas qui mettrait sérieusement en danger la capacité de l'homme à stocker les acides aminés après le repas.»

»Deuxièmement : cette élévation de l'insulinémie est-elle de nature à déséquilibrer le métabolisme des glucides, à perturber la glycémie et, pourquoi pas, à entraîner un diabète ?

»Les auteurs qui ont mis en évidence une hyper-sécrétion d'insuline après afflux d'acides aminés au pancréas se sont étonnés que la glycémie reste stable après un repas de viande.

Muller, en 1970, en a donné l'explication. Cet auteur a montré que l'afflux d'acides aminés provoquait non seulement une réponse des cellules bêta insulino-sécrétrices, mais également une stimulation des cellules alpha et une sécrétion de glucagon, hormone hyperglycémante ; ainsi s'explique que la glycémie ne varie pas après un repas de viande...

»De sorte qu'il n'y a pas lieu de craindre d'effet de l'hyperinsulinémie, puisque celle-ci s'accompagne d'une sécrétion de glucagon, laquelle ramène la glycémie à la normale.

»Ainsi, l'élévation de l'insulinémie après un repas est-elle bien un phénomène physiologique, nécessaire à l'assimilation des acides aminés de l'alimentation par les cellules de l'organisme.

»Troisièmement : et le glutamate alimentaire ? Comme vous le rappelez, "le glutamate ne passe apparemment pas très bien de l'intestin dans le sang". En effet, dans les conditions alimentaires qui sont les nôtres, on ne retrouve pas d'acide glutamique dans le sang, car l'intestin

se charge de le métaboliser ; aussi n'y a-t-il aucune chance qu'il puisse exercer un effet sur le pancréas *in vivo*. Cet effet insulino-sécréteur, nous le devons à d'autres acides aminés et neutres, tout spécialement la leucine.

«En résumé, les résultats que vous rapportez ont été obtenus sur pancréas isolé et ne s'appliquent pas à l'organisme humain, en raison des multiples systèmes de régulation métabolique dont il est pourvu. Il n'y a à mon avis aucun argument qui puisse faire craindre une relation quelconque entre ingestion d'acide glutamique ou de glutamate de sodium et de survenue d'un diabète.»

L'argumentation du Pr Dillon se veut rassurante. En fait, il nous faut observer que le glutamate passe bien dans le sang, comme l'indiquait notre article "La roulette russe du restaurant chinois", puisqu'il atteint, entre autres, le cerveau, où il cause des dommages appréciables.

En ce qui concerne le risque de diabète, l'hypothèse n'est pas de notre fait, mais de celui de nombreux chercheurs français et américains. Nous avons exposé les raisons qu'il y a de craindre un effet diabétogène du glutamate.

Rectificatif

Nous recevons du Dr Pierre Simon, gynécologue-obstétricien, la lettre suivante :

«J'ai été surpris par le compte-rendu de notre conversation téléphonique concernant le génome ("Science & Vie" n° 902, p. 37). Dans mon propos liminaire, j'ai bien spécifié

que mes déclarations n'engageaient que moi-même et en aucune façon la Grande Loge de France. En vertu du droit qui régit la presse et dont j'entends user, je vous demande de bien vouloir insérer ce rectificatif dans votre prochain numéro, en même place.

«Votre interprétation de la vie qui se gérerait comme une entreprise me paraît d'un goût douteux et peu digne d'une revue qui se voudrait sérieuse. Quant à la Franc-maçonnerie, apprenez qu'elle n'a qu'un dogme : c'est de ne point en avoir.»



Et le temps, dans tout ça ?

«Depuis le big bang, l'univers ne cesse d'explorer, observe M. R.C., de Nice, c'est-à-dire que les dimensions de l'espace ne font que grandir et les galaxies, par exemple, s'éloignent toujours les unes des autres. Si les dimensions de l'Univers n'ont fait que s'étendre, qu'en est-il pour le temps ? Si vous ne trouvez pas cette question trop stupide, merci de me répondre.»

La question n'est pas du tout stupide : le temps étant une coordonnée de l'espace-temps, il a subi l'extension de celui-ci. C'est-à-dire que, pour nous, en 1992, une heure dans le temps qui suit le big bang serait un instant infinitésimal.



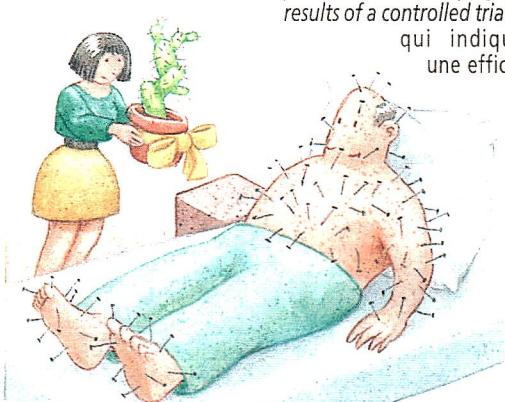
La Lune et l'hydromel

«On sait que la Lune influence sur les marées. De quelle(s) façon(s) ? Le corps humain étant composé de 70 % d'eau, la Lune pourrait-elle avoir une influence sur le comportement comme le prétendent certains ?», demande M. S.S., de Soissons, étudiant en faculté de sciences.

La Lune n'"/influe" pas sur les marées : elle les provoque (voir, à ce sujet, l'encadré p.71). Elle cause aussi des marées terrestres et elle a bien d'autres effets

«La tradition dit que quelqu'un qui s'est saoulé à l'hydromel tombe toujours (j'aurais dit "préférablement") en arrière. Qu'en est-il ?»

L'hydromel, à base d'eau et de miel fermenté, se boit très peu de nos jours, les observations sont donc anciennes et il semble douteux que l'intoxication par ce breuvage ait des effets différents des autres boissons alcoolisées.



Blurgologie

M. J.M., d'Ingolstadt, nous écrit : «J'apprécie "Science & Vie". Vous présentez des sujets scientifiques, et vous dénoncez de plus en plus les croyances abusives. Je vous approuve à cent pour cent. Car je trouve énorme tout ce que les gens peuvent croire sans savoir si c'est fondé ou non : mémoire de l'eau, homéopathie, sourciers, ronds dans les céréales, graphologie, Nostradamus, astrologie et tout autre thème de la "blurgologie". Je suis encore sceptique sur les sujets suivants et n'ai pas trouvé de réponse dans "Science & Vie" : les cures thermales, les ioniseurs et l'acupuncture.»

Le premier et le troisième de ces sujets ont été traités dans le n° 150 du hors-série trimestriel de *Science & Vie* sur "Les médecines parallèles". Les ioniseurs ont été traités également par nous il y a plusieurs années. Il s'agit de trois sujets dont les fondements scientifiques sont nettement moins riches que le succès.

Il nous faut toutefois signaler une étude récente parue dans *The British Medical Journal* du 21 novembre 1992, "Electroacupuncture in fibromyalgia : results of a controlled trial", qui indique une efficacité

cité appréciable de l'électro-acupuncture dans une affection douloureuse dont la nosologie est toutefois vague : le syndrome myalgique des gens âgés avec réaction systémique, dit aussi pseudo-polyarthrite rhizomélique, classé parmi les complexes immuns. L'électro-acupuncture aurait atténué les douleurs.

Poêles en Téflon

«Est-ce que, oui ou non, il y a du danger à utiliser régulièrement des



poêles en Téflon ?», demande Mme N.L., de Bordeaux. Il est conseillé de nettoyer ces poêles sans user de surfaces ou produits abrasifs, pour éviter d'arracher des fragments de la couche de Téflon. Nous n'avons cependant pas connaissance de dangers qui découleraient de l'absorption de cette substance inerte.

Fusion froide : un lecteur propose une explication

M. J.H., médecin vétérinaire de Saint-Germain-en-Laye, écrit :

«Il y a quelques années que je suis dans votre revue les hauts et les bas de la fusion froide, et bien qu'étant béotien en la matière, je vous soumets l'hypothèse

que voici. J'ai remarqué deux points :

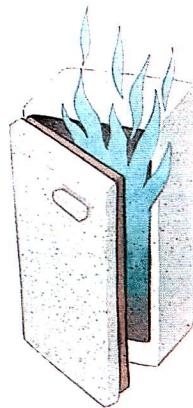
»1. L'électrode de palladium est, dans tous les cas, préparée ou chargée ; cela signifie qu'elle a absorbé une grande quantité de deutérium, qui est potentiellement un combustible susceptible de réagir, par exemple avec l'oxygène, pour libérer de l'énergie sous forme de calories.

»2. L'anode varie selon les descriptions ; elle est tantôt en platine, et entoure le palladium, et tantôt c'est une grille de nickel qui entoure également la cathode. D'après Fleischmann, la forme enveloppante de l'anode est nécessaire.

»Mon hypothèse est la suivante : de l'oxygène se dégage à l'anode, après mise du système sous tension, et en raison du contact étroit avec la cathode chargée de deutérium, il se produit par catalyse (le palladium et le platine étant des catalyseurs) une réaction de combustion sans flamme, d'où dégagement de chaleur supérieur à l'énergie apportée, puisque l'hydrogène était déjà présent. En cas de mauvais fonctionnement, bien sûr, la combustion peut être explosive, ce qui s'est déjà produit et a entraîné, je crois, un mort.

»En ce qui concerne les neutrons ou les rayons gamma produits, il semble que leur mesure ait souvent posé des problèmes. L'expérience devrait pouvoir être réalisée également avec de l'hydrogène, de l'eau ordinaire et un électrolyte banal.»

C'est en 1834 que Faraday a démontré le pouvoir catalyseur du platine dans la recombinaison de l'oxygène et de l'hydrogène résultant de la catalyse de l'eau. La pre-



mière observation à faire est que, s'il y avait dégagement d'oxygène, comme le présente le modèle de ce lecteur, il y aurait recombinaison immédiate avec des atomes d'hydrogène du deutérium pour donner de l'eau (d'où viendrait autrement l'oxygène ?). En fin de réaction, on obtiendrait donc de l'eau et de l'hydrogène, ce qui ne semble pas avoir été le cas. La deuxième observation est que le dégagement de chaleur observé ne se produit absolument pas avec de l'eau ordinaire : les avis sont unanimes sur ce point.

La troisième observation est que les derniers rapports sur des expériences réussies de fusion froide ne signalent ni neutrons, ni rayonnement gamma. La quatrième est que, si le modèle de notre lecteur était valable, la catalyse du deutérium fournirait quand même de l'énergie bon marché.

Questions graves, vocabulaire et réponses flous

«Tout au long de vos numéros, nous défendez âprement un ensemble d'idées issues en droite ligne, semble-t-il, du positivisme, et selon lesquelles les vérités de ce bas-monde doivent, pour mériter cette appellation,

pouvoir subir l'épreuve de l'expérimentation», écrit sur un ton évident de reproche M. R.F. de Sèvres.

Ce lecteur semble méconnaître le fait que *Science & Vie* est une revue scientifique, et que par une convention généralement acceptée, et formulée par Claude Bernard, la science tient, en effet, que toute loi de la nature et, partant, ce qu'on appelle "science", doit pouvoir être vérifiée par l'expérimentation. C'est ainsi qu'on peut construire des autos et des avions, fabriquer des médicaments et des montres agréablement exactes. Chacun a le droit de penser ce qu'il veut, mais s'il avance que la Terre est plate ou, comme l'avait affirmé James Ussher, primat d'Irlande, en 1650, que le monde a été créé le 23 octobre de l'an 4004 avant notre ère, il se verra évidemment rejeté par la communauté scientifique.

«Le cardinal Josef Ratzinger, prélat de la Congrégation, dans un entretien avec un journaliste du "Monde" (17 novembre 1992), s'en prend vigoureusement à cette vision des choses, dans laquelle il voit une des causes de la crise de la foi», poursuit ce correspondant.

S'il en était ainsi, ce prélat eût dû adresser ses reproches à son supérieur, le pape, qui vient de reconnaître officiellement les torts de l'Eglise dans l'affaire Galilée et de déclarer spécifiquement que l'Eglise ne doit pas s'occuper des affaires de la science. En tout état de cause, la science, elle, ne s'occupe pas de la foi, et nous non plus.

(suite du texte page 10)





**Parce que l'équilibre du monde vivant repose sur sa diversité,
nous aidons à préserver des variétés fruitières rares.**

Cette pêche n'est pas une pêche ordinaire. C'est une pêche sanguine de Manosque dont l'aire de culture se limitait au Sud des Alpes de Haute-Provence. Aujourd'hui cette variété, comme des milliers d'autres, n'est plus cultivée parce qu'elle ne satisfait pas à certaines exigences commerciales comme la résistance au transport ou la couleur. Si nous prenons l'exemple du pêcher, on peut ainsi distinguer deux grands groupes : les variétés commerciales (une trentaine) et les variétés d'amateurs (plus de trois cents variétés anciennes et locales). Les variétés commerciales d'aujourd'hui sont loin d'être représentatives de la diversité de l'espèce. Elles ont subi une forte sélection qui les a orientées vers une structure homogène obéissant aux normes de la chaîne production-commercialisation. Leur base génétique, devenue très étroite, réduit considérablement les possibilités d'adaptation à des exigences nouvelles. C'est pourquoi il est important de conserver ce qu'on appelle couramment les « vieilles variétés ». C'est l'objet de la collaboration entre la Fondation TOTAL et le Conservatoire Botanique National de Porquerolles. Et ce qui est fait pour les pêchers l'est également pour les amandiers, les figuiers, les oliviers et plus généralement toutes les plantes méditerranéennes sauvages ou cultivées. Parce qu'il est désormais bien établi que l'équilibre du monde vivant repose sur sa complexité et le grand nombre de ses composants.

**F O N D A T I O N
D ' E N T R E P R I S E**

TOTAL

«Le divorce entre la foi et la modernité s'explique, dit-il, par l'envahissement du relativisme et du subjectivisme, conséquence inévitable d'un monde écrasé par les préten- dues certitudes de la science naturelle ou appliquée.»

Faut-il donc entendre une fois de plus qu'il n'est pas certain que la Terre tourne autour du Soleil ? Ou bien que les gènes ne sont pas constitués d'ADN ? Ni que ces gènes suivent des lois complexes, mais précises ? En tout état de cause, il faut nous étonner que ce lecteur, nous ayant précédemment taxé de positivisme, nous accuse implicitement de relativisme et de subjectivisme. Ces deux attitudes, en effet, tendent à tempérer justement les certitudes scientifiques.

Après avoir opposé l'attitude rationnelle d'Auguste Comte à celle de Josef Ratzinger, ce lecteur demande : «Faut-il laisser à la seule "irrationalité" la connaissance de Dieu ? Faut-il laisser à la seule science, ignorante de la foi, la connaissance de la physique, que l'on n'aperçoit pas avoir pour ambition de s'intéresser au comment et au pourquoi ?»

L'expérience des siècles récents nous a instruit sur les dangers qu'il y a à assujettir des idéologies à la science ou l'inverse. C'est ainsi que les efforts absurdes d'un Lyssenko pour "faire obéir" la biologie au marxisme-léninisme ne valent guère à notre avis beaucoup mieux que les discours à prétention scientifique sur les desseins de la Providence (témoin, l'explication de Bernardin de Saint-Pierre, selon qui les côtes du melon avaient été conçues par la Providence pour qu'on puisse manger

ce fruit en famille). La science, au moins, a le mérite de ne pas prétendre se mêler de ce qui n'est pas son domaine. Et peut-être, en effet, vaut-il mieux conserver les frontières péniblement acquises entre science et idéologies.

Mais relevons enfin que la science, justement, s'intéresse essentiellement au pourquoi et au comment : c'est ainsi qu'elle s'efforce de savoir comment et pourquoi un électron change d'orbite dans certaines circonstances...

Feu sur l'astéroïde ! Un lecteur s'inquiète

Evoquant le type de parade contre un astéroïde me-



naçant la Terre, qui consisterait à faire dévier ou exploser celui-ci par des missiles à très longue portée, M. J.H., de Saint-Doulchard, s'inquiète : «Ne faut-il pas craindre que les interférences entre des explosions nucléaires rapprochées dans l'espace et dans le temps ne provoquent des effets imprévisibles ? A-t-on pris en compte l'impulsion électromagnétique qui en découlerait ?»

Tout dépend évidemment de la distance à laquelle se trouverait l'astéroïde et de ses dimensions. Un gros astéroïde ne serait sans doute pas susceptible d'être détruit, mais la dé-



Effets de l'alcool sur le fœtus : anniversaire d'une découverte

flagration de plusieurs bombes H pourrait le faire suffisamment dévier pour que sa menace soit annulée. Un plus petit pourrait, lui, être pulvérisé. On ne peut exclure le risque de contrecoups, mais on ne peut davantage méconnaître que ceux-ci vaudraient mieux qu'une destruction quasi totale.

Trop, c'est trop (II)

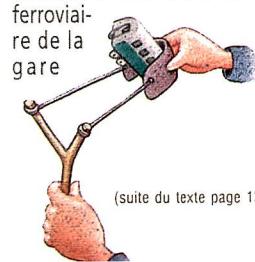
«Vous écrivez, dans votre n° 902, p. 6 : "Ce sont les scientifiques qui ont, par exemple, rendu l'air de Londres respirable..." Et qui donc l'avait rendu irrespirable ?», objecte M. P.L., de Toulouse. Certes pas les scientifiques, mais les industriels. «Vu l'hécatombe d'espèces vivantes qu'on peut sans difficulté lier au progrès scientifique et technique, j'ai du mal à croire que science et vie fassent toujours bon ménage.»

Les hécatombes d'espèces vivantes peuvent être liées au progrès technologique, mais il y en a eu bien auparavant, comme en témoignent les cas du moa et du dodo, exterminés depuis des siècles et jusqu'au XVII^e siècle avec le seul secours de l'arc et de la flèche. Et il est ingrat de taxer savants et techniciens de causer la disparition d'espèces animales, eux qui s'opposent si souvent aux pouvoirs publics pour protéger des espèces parfois modestes.

Il est rare de recevoir une lettre émanant de cinq médecins à la fois ; c'est pourtant le cas de celle que nous envoie le centre hospitalier de Roubaix, qui nous rappelle que les effets de l'alcool sur le fœtus (embryofœtopathie alcoolique) ont été établis il y a vingt-cinq ans par le Dr Paul Lemoine, de Nantes. Ces médecins souhaiteraient que l'on se fasse l'écho de ces travaux, que le Dr Lemoine a couronnés de conclusions. Le sujet est, en effet, à l'étude. Les femmes devraient savoir que l'alcool à toute dose est nocif au fœtus : ce n'est pas seulement son développement physique qui est menacé, mais également son développement neurologique et cérébral.

La collision de la gare de Lyon

Nous avons, dans notre n° 902, p. 133, consacré un écho à cette installation unique au monde que sera la catapulte pour essais de collision des wagons de chemin de fer construite par l'université de Valenciennes. Cet écho était illustré d'une photo représentant la reconstitution d'un accident de train. Nous avons écrit, par erreur, que la simulation d'accident reproduite sur ce cliché était celle du drame ferroviaire de la gare



(suite du texte page 12)

Apprenez efficacement à votre rythme par correspondance

LISTE DES ENSEIGNEMENTS DE L'ECOLE UNIVERSELLE

**ETUDES
METIERS
AVENIR**

ENSEIGNEMENT GENERAL

Etudes secondaires

- Classe de 6e ■ Classe de 5e ■ Classe de 4e ■ Classe de 3e ■ Secondes ■ Premières A.B.S. ■ Première G ■ Premières F1.F3.F8 ■ Premières d'adaptation ■ Terminales A.B.C.D.E. ■ Terminales G1.G2.G3 ■ Terminales F2.F3.F8 ■ Terminale H ■ Baccalauréat.
- Cours de soutien en français, mathématiques et physiques de la classe de 6e à la terminale.

Baccalauréat

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

Langues étrangères

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

EXAMENS ET CONCOURS

Carrières sociales et paramédicales

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

Fonctionnaire

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

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

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

CULTURE GENERALE

Culture générale

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

Dessin - Peinture - Décoration

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

Culture scientifique - Informatique

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

Etudes musicales

- Solfège ■ Etude piano, violon, guitare (contrôle sonore sur cassettes) ■ Ecriture musicale.

ETUDES SUPERIEURES

Etudes de droit

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

Ecole vétérinaires

- Préparation au concours d'entrée.

Etudes supérieures de sciences

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

Grandes écoles

- Classe de mathématiques supérieures M.M.P.P' ■ Classe de mathématiques spéciales ■ Entrée écoles supérieures de commerce ■ Ecole de journalisme de Lille ■ Entrée institut d'études politiques.

B.T.S. - Expertise comptable

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

Possibilité de bénéficier des dispositions sur la formation continue

ORIENTATION CONSEILS
► Appeler le :
(1) 47.73.01.84

INSCRIPTION
A TOUT MOMENT
DE L'ANNEE

Bon pour une documentation gratuite :

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

M. Mme Melle NOM..... Prénom.....

Adresse : N°..... Rue

Code postal | | | | Ville

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

Age Niveau d'étude Diplômes obtenus

Profession exercée (si vous êtes en activité):

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

Quelle formation avez-vous choisie ?

Adresssez-nous ce Bon dès aujourd'hui à l'ECOLE UNIVERSELLE

63, boulevard Exelmans - 75208 PARIS CEDEX 16 - Tél.(1) 47.73.01.84

**ECOLE
UNIVERSELLE**

Institution d'Enseignement Privé par Correspondance
souscrit au contrôle du Ministère de l'Education Nationale
63, boulevard Exelmans - 75208 PARIS CEDEX 16



de Lyon, à Paris ; et que cette simulation était financée par la SNCF pour les besoins de l'enquête. Il n'en est rien : le "faux accident" dont nous avons publié la photo faisait en fait partie d'un programme européen de recherche financé par la CEE, mené par l'institut scientifique et technique de Lisbonne et les sociétés Sofrefame et GEC-Alsthom. Nos lecteurs et la SNCF voudront bien excuser l'assimilation et l'interprétation erronée qui sont de notre fait.

Qui est le père du blurg ?

M. F.W., d'Annecy, et Mme (ou Mlle) A.T., de Genève, nous demandent quelle est l'origine du mot "blurg". «*Il me semble avoir lu ce mot pour la première fois dans vos colonnes il y a des années*», écrit M. W. «*L'aviez-vous emprunté à un tiers ? Et, si oui, pourriez-vous me dire à qui ? Et ce qu'il signifie exactement ?*» Le mot en question est l'acronyme de "baliverne lamentable à l'usage réservé des gogos" ; il a été forgé en 1986 par notre collaborateur Gerald Messadié.

Tabac et tabacomanie

«*A quel point le tabac est-il nocif ?*», demande M. J.N.L., de Cormeilles-en-Parisis, qui se déclare grand fumeur et qui avoue qu'il ne se sent «*jamais aussi en forme intellectuellement qu'au moment où je tire les premières bouffées de ma cigarette*».

On ne connaît pas avec précision l'impact de la consommation de tabac sur la mortalité générale par

cancers ni sur les taux de ceux-ci. On sait qu'eille peut jouer un rôle dans le déclenchement de certains cancers des voies respiratoires, de la langue, du larynx, ainsi que de la vessie. On sait également que l'oxyde de carbone dégagé par la fumée est nocif pour le système cardiovasculaire. Peut-être néglige-t-on de préciser que c'est l'abus de tabac (plus de 15 à 20 cigarettes par jour) qui est cause de ces effets.

Esperanto

Nous avons reçu de MM. G.P. d'Ostende, G.F., de Ville-maréchal, et de M. et Mme G.M., de Nouvelle-Calédonie, des lettres sur l'espéranto. Nous nous permettons de résumer leurs points de vue : ils contestent la ressemblance du statut proposé de l'espéranto et de celui du latin, quand il fut la langue de l'Empire, et assurent qu'il ne s'agirait pas d'une langue de substitution, mais d'une langue en plus.

«*Etes-vous sûrs*, demande M. F., *qu'un peuple suffisamment éclairé ne choisirait pas la solution espéranto de préférence à celle qu'on nous impose actuellement ?*» Nous ne sommes évidemment «sûrs» de rien dans ce domaine, nous avouons ignorer ce que signifient les termes «*suffisamment éclairés*», et nous n'avons pas conscience qu'on nous impose quelque solution que ce soit, car nous parlons et écrivons le français sans contrainte. Nous n'avons aucun préjugé favorable ou défavorable à l'égard de l'es-

péranto. Nous avons simplement écrit qu'il n'est pas du pouvoir de quelques-uns de l'imposer aux organisations internationales et nous nous en tenons là. Nous ne faisons évidemment pas partie de ces organisations. Nous prions nos lecteurs espérantistes de ne pas nous considérer comme des "détracteurs" de cette langue.

Sida et soins dentaires

«*Je fais partie des chirurgiens dentistes qui ont modifié un certain nombre de leurs habitudes professionnelles depuis l'arrivée du sida : port du gant et du masque systématique, procédure de stérilisation revue, affichage de la conduite à tenir en cas de blessure, etc. Aussi votre article du mois dernier a-t-il attiré mon attention : un chirurgien dentiste atteint du sida aurait contaminé plusieurs de ses patients*», écrit M. G.R., de Saffré.

«*Cette information est très grave, car elle va à l'encontre des informations qui nous sont données : le virus serait très fragile, détruit à une température de 56 °C pendant une demi-heure, ou immédiatement en présence d'alcool à 60°, ou encore par l'eau de Javel pendant 3 min. Sa présence dans la salive n'entraînerait pas de risques de contamination, risques qui seraient également nuls tant qu'il n'y*

a pas de blessures.

»*La question que je vous pose est : comment la contamination s'est-elle produite ?*» Suivent des hypothèses suggérées par ce lecteur. Il ne s'agit pas d'une "affirmation" de notre cru, mais d'un fait qui a défrayé la chronique américaine et mondiale. Nul ne sait comment la contamination se serait produite, peut-être pas même le dentiste lui-même, d'ailleurs aujourd'hui décédé.

Le Center for Disease Control d'Atlanta, qui est l'un des premiers centres d'épidémiologie au monde, ignore lui aussi, nous l'avons dit, le mode de transmission. Comme nous l'avons également dit, la contamination par la salive est très improbable, mais elle n'est pas impossible.

"Pou du ciel" redivivus

De M. P.D., de Beaucroissant : «*Dites à M. C.D., de Meudon, que le "Pou du ciel" d'H. Mignet, version 1934, est depuis longtemps tombé aux oubliettes, mais que la formule, revue et corrigée depuis quelques décennies, a toujours des adeptes, surtout depuis l'avènement de l'ULM. Celui qui est reproduit dans votre n° 897 est un ULM Air Plume, biplace en tandem conçu par E. Croses, de Mâcon, qui poursuit la formule avec de nombreuses réalisations depuis plus de quarante ans.*»

Le Pou du ciel n'est pas mort : celui-ci a déjà volé plus de 2 000 h.



ECHOS DE LA RECHERCHE

ORNITHOLOGIE

L'oiseau qui rend malade

On l'appelle aussi "oiseau-poubelle" dans son pays, la Nouvelle-Guinée-Papouasie. Façon aimable de ne pas dire son nom, qui est "oiseau-m...". Les ornithologues disent plus froidement qu'il est de la famille pitohui, qui compte au moins trois espèces venimeuses.

L'idée d'un oiseau venimeux a surpris les spécialistes chargés de l'étudier, «comme la foudre dans un ciel bleu», dit l'un d'eux. Mais, quand J. Dumbacher et ses collègues, de l'université de Chicago, en ont saisi un pour l'étudier, ils ont senti une forte odeur aigre et ont ressenti un engourdissement et des sensations de brûlure dans la bouche. Or, ils n'avaient fait que le tenir en main (1). L'animal ayant été sacri-

fié, on a isolé dans sa peau et ses plumes un poison neurotoxique et curarisant, l'homobatrachotoxine, qu'on n'avait trouvé que dans la peau de certaines grenouilles venimeuses. Un extrait de 10 mg de peau, injecté à une souris, l'a tuée en quinze minutes.

Il semble que seules trois variétés de pitohuis (*P. dichrous*, *P. kirhocephalus* et *P. ferrugineus*), peut-être quatre, soient venimeuses, d'autres ornithologues ayant disséqué des dizaines d'entre elles sans avoir ressenti de symptômes particuliers (2). Les concentrations de la toxine en question varient d'une espèce à l'autre et les plus fortes se trouvent chez le pitohui à crête. On ignore comment l'oiseau s'est immunisé contre les réserves de cette toxine qu'il porte donc dans le corps.

A cette question que pose le pitohui aux toxicologues-physiologistes s'en ajoute une autre : comment et pourquoi cette famille d'oiseaux a-t-elle acquis au cours de l'évolution la capacité de produire la batrachotoxine ? Pourquoi cette famille-là et pas

d'autres, qui semblent tout aussi exposées à des prédateurs tels que les singes et les vipères ? On connaît bien une autre variété dont le goût est absolument détestable, le célèbre oiseau de paradis, mais il ne semble pas être toxique.

Cela repose d'ailleurs le vieux problème du mimétisme. On sait que des serpents non venimeux adop-

tent des robes très voisines de celles de serpents venimeux, et que des papillons non toxiques adoptent des signes distinctifs de congénères toxiques. Mais comment font-ils ?

(1) "Homobatrachotoxin in the Genus Pitohui Chemical Defense in Birds?", J.P. Dumbacher et al., *Science*, 5 novembre 1992.

(2) "Rubbish birds are poisonous", Jared M. Diamond, *Nature*, 5 novembre 1992.

Le pitohui à crête, le plus venimeux de la famille.



● **Aluminium et Alzheimer** : longtemps soupçonné de contribuer à la maladie d'Alzheimer, l'aluminium semble avoir été innocenté un peu vite par certaines études récentes. D'autres études, tout aussi récentes, menées sur des rats, ont en effet renforcé les soupçons sur la responsabilité de l'aluminium. Des rats, auxquels on avait donné, pendant de quarante-cinq à cinquante semaines, de l'eau riche en aluminium et en fluor, ont changé de comportement : ils marchaient de travers et ne reconnaissaient plus leurs aliments favoris. A l'autopsie, leurs cerveaux se sont révélés gravement endommagés.

(suite)

PHYSIQUE

Les super-accélérateurs freinés par l'argent

Les super-accélérateurs, grands anneaux dans lesquels on fait circuler et se heurter des particules accélérées, coûtent très cher.

D'où les efforts de persuasion exceptionnels que font les physiciens pour obtenir des gouvernements les budgets de construction.

Deux accélérateurs étaient attendus depuis trois ans, le SSC (supercolisionneur supraconducteur), américain, et le LHC (grand collisionneur de hadrons) du CERN, organisation européenne. En juillet dernier, la chambre des représentants américaine a voté l'arrêt du SSC. Cet anneau souterrain de 67 km de circonference, qui devait être construit dans le désert du Texas, coûtait trop cher : 8,5 milliards de dollars, et encore, selon les estimations les plus modérées. Les physiciens du monde entier se sont mobilisés et le Sénat a finalement annulé la décision de la Chambre : le SSC obtient un budget pour l'année fiscale, quoiqu'un peu réduit

(517 millions de dollars au lieu des 650 prévus). On verra l'an prochain pour la tranche suivante.

C'est qu'il était un peu tard pour arrêter le projet : le premier puits d'accès et quelques kilomètres d'anneau avaient déjà été excavés, et les premiers des 11 000 aimants supraconducteurs, qui canaliseront les protons sur une trajectoire circulaire, avaient déjà été testés. De plus, 8 000 contrats avaient été signés pour la construction de l'accélérateur.

Cela étant, le SSC n'a pas que des partisans, car il est des scientifiques qui craignent que des budgets aussi lourds ne laissent plus d'argent pour les autres recherches en physique. Mais on peut penser que les physiciens américains feront appel à l'orgueil de la recherche américaine : si les fonds sont distribués au compte-gouttes, la recherche américaine risque de prendre du retard sur l'européenne.

Le CERN dominait déjà la recherche en physique des particules avec son collisionneur électrons-positrons de 27 km de circonference, le LEP. Il lui avait déjà prévu un successeur, le LHC déjà cité. Celui-ci coûtera moins cher que le SSC, parce qu'il sera installé dans les structures existantes du LEP et qu'il en utilisera les équipements. Mais, en dépit de l'économie ainsi réalisée, il

reviendra quand même à quelque 7 milliards de francs, dont la moitié pour ses 10 000 aimants supraconducteurs de 10 teslas.

Ce nouveau collisionneur devrait maintenir la prééminence du CERN : bien que ne pouvant atteindre, quand il sera construit, qu'une énergie de 8 téraélectronvolts (contre 20 TeV pour le SSC), il pourra accélérer des paquets de particules beaucoup plus concentrés, ce qui lui permettra de compenser son infériorité en énergie. De plus, il pourra accélérer des ions lourds, comme ceux du plomb, et, plus tard, faire s'entrechoquer les électrons du LEP et les protons du LHC.

Mais la décision officielle de le construire ne sera prise qu'à la fin 1993 et, dans le meilleur des cas, les premières collisions n'auront lieu qu'en 1999. On peut donc penser, là aussi, que les bailleurs de fonds renâcleront un peu à la dépense.

H.G.

● Pourquoi tout ce beryllium 7 là-haut ? Le satellite américano-russe "Resurs F", lancé en septembre dernier, a capté des échantillons d'éléments présents dans la haute atmosphère terrestre. Parmi eux, on a relevé des quantités plus élevées que prévu de beryllium 7, isotope dont la durée de vie est trop courte pour qu'il provienne des étoiles.

● Gare au syndrome de Formose !

Causé par un virus identifié en 1981 par le Pr Pekka Saikku, de l'université d'Helsinki, il peut provoquer des troubles des voies respiratoires allant des plus bénins, comme la laryngite, à des pneumonies graves associées à de l'insuffisance respiratoire. Il est actuellement soupçonné d'avoir causé la mort soudaine et inexpliquée de sept jeunes athlètes finlandais depuis 1989. L'usage de drogues dans le cas de ces athlètes est exclu. Des autopsies de ces derniers ont été entreprises et l'on cherche un lien éventuel entre défaillance cardiaque brutale et le virus en question.

● Une drogue contre la maladie d'Alzheimer :

c'est la tacrine, dont les premiers essais cliniques ont donné des résultats intéressants. Elle semble efficace chez un malade sur deux, c'est-à-dire qu'elle restaure les fonctions mentales de façon notable, mais elle doit être administrée à des doses relativement importantes (80 mg/jour) et elle est toxique pour le foie. Son autorisation de mise sur le marché en France est à l'étude.

● La saison de la chasse aux astéroïdes

devrait bientôt s'ouvrir, s'il faut en croire certains spécialistes de la NASA, qui proposent de détruire ces petits corps célestes avec des missiles, et des batteries de canons à lasers installées sur la Terre et sur la Lune. L'un d'eux heurte la Terre tous les 2 500 ans en moyenne ; le dernier étant tombé sur notre planète en 440, il serait temps de se préparer à pulvériser le prochain.

ENVIRONNEMENT

Le vilain Danube sec

Cette image (à droite) est celle du fleuve qu'on appela jadis le beau Danube bleu. Au loin, on distingue le canal creusé pour assurer la continuité de la navigation. Au premier plan, ces étendues de cailloux et de boue parsemées de poissons morts représentent l'ancien lit moyen du fleuve, depuis la mise en service du barrage de Nagymaros, en Tchécoslovaquie, destiné à alimenter la station hydro-électrique de Gabčíkovo (1).

La sécheresse sévit actuellement dans des villages des deux côtés de la frontière. Les puits se sont taris, ou se tarissent, et, selon une estimation slovaque, une surface de 1 400 km² est concernée par le changement profond et catastrophique du milieu. La



Le lit moyen du Danube (1) est à sec depuis la mise en service du barrage de Nagymaros, en Tchécoslovaquie (2).



Commission européenne a donc demandé l'arrêt des travaux de la centrale.

Par ailleurs, le canal créé pour la navigation ne semble pas capable d'assurer le trafic fluvial, 147 bateaux ayant été bloqués en amont au mois de novembre.

(1) Voir *Science & Vie* n° 882, p. 56.

MÉDECINE

Sida : tous les virus ne sont pas égaux

En étudiant les façons dont le virus HIV du sida se transmet, des chercheurs américains ont constaté que certaines souches pourraient être plus agressives que d'autres.

Le virus du sida est instable ; on le retrouve sous diverses formes dans un même organisme. Et, fait surprenant, on trouve plus de variants (nom donné aux différentes formes du virus dans un même organisme) chez une mère infectée enceinte que chez son enfant. Chez celui-ci, tout se passe comme si certains virus étaient amputés d'une partie d'enveloppe, et que certaines souches maternelles étaient refoulées. C'est ce

qu'ont constaté Steven M. Wolinsky et son équipe, de la faculté de médecine de l'université de Chicago.

Pourquoi et comment, c'est ce qui reste évidemment à définir à la "sidologie", dans un domaine qui présente décidément une grande ampleur.

Cette étonnante capacité de mutation du virus explique aussi bien sa résistance dans certains cas que sa fragilité dans d'autres. Virus à ARN, il se distingue des virus à ADN par la présence

d'un atome d'oxygène supplémentaire sur un site clé du nucléotide de base. Cette "petite différence de presque rien" explique qu'il ne puisse s'installer directement dans les chromosomes. Pour ce faire, et donc pour devenir infectieux, il faut d'abord qu'il se déguise en virus à ADN ; il le fait à l'aide d'une enzyme, la transcriptase réverse.

Or, la transcriptase réverse est peu fiable ; elle travaille à la va-vite, et il arrive qu'elle se trompe dans l'enchaîne-

ment des nucléotides - d'où les erreurs qui surviennent dans la réplication, et les nombreux variants observés.

Ses erreurs sont les plus nombreuses dans certaines régions chromosomiques, notamment celles du gène qui gouverne la fabrication de l'enveloppe virale. Telle est la raison pour laquelle cette enveloppe diffère d'une souche à l'autre.

L'étude américaine montre que sur les 52 variants de trois couples mère-enfant étudiés, il en est 40 auxquels

(suite page 16)

(suite)

une erreur de l'enzyme a ajouté un site spécifique pour l'attachement d'un sucre (site glycosylé). Tout se passe donc comme si seules les souches qui n'ont pas ce site supplémentaire pouvaient être transmises et que ce site était incompatible avec la contagion.

Quel rôle joue donc ce site, qui empêche la transmission du virus ? C'est évidemment ce qu'on essaie de comprendre. De plus, et comme on l'avait déjà dit au congrès d'Amsterdam, l'organisme n'est pas totalement sans défense devant toutes les souches du virus : le système immunitaire peut en dominer certaines et pas d'autres. C'est ce qui peut expliquer que, dans un même organisme, certains variants soient plus abondants que d'autres.

Ces découvertes laissent penser que l'actuelle mise à l'épreuve clinique, sur humains, de plusieurs vaccins, ne mettra donc pas fin aux recherches sur ce rétrovirus très particulier qu'est le HIV.

M.-F.L.

● **Changer de poids n'est pas recommandé**, dans un sens ou dans l'autre, car cela accroît la mortalité par maladies cardiovasculaires, ainsi que la morbidité générale.

Comme bien d'autres pays africains, le Ghana a détruit son environnement : la déforestation et l'exploitation intensive des terres agricoles en bordure des cours d'eau ont entraîné l'érosion des sols, obstruant les rivières. L'exploitation minière ou les raffineries de pétrole

BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Le prion est-il une protéine de stress ?

Le prion est responsable, chez l'animal, de la "maladie des vaches folles" et, chez l'homme, de la maladie de Creutzfeld-Jakob (1).

On ignore sa nature véritable. On sait seulement que c'est une protéine.

Comment une protéine peut-elle non seulement provoquer, mais transmettre une maladie ? En principe, elle ne se réplique pas. Pour cela, il faudrait qu'elle ait un ADN ou un ARN. Or, jusqu'à plus ample informé, le prion n'en a pas. Mais il se réplique.

Des travaux récents ont abordé la question d'un point de vue très différent, celui des protéines de stress. Il s'agit d'un groupe de protéines qui apparaissent en cas de choc, par exemple de choc thermique : on les appelle alors protéines de choc thermique, ou HSP (*Heat Shock Proteins*). Le choc, en effet, bloque la synthèse des protéines – les protéines libres, mais pas les HSP.

On s'attache actuellement à comprendre leur rôle, qui pourrait être, logiquement, de remédier à certaines lésions, de pourvoir au remplacement d'éléments détruits, etc.

Certaines protéines de stress servent de catalyseurs ; elles président au repliement d'autres pro-

téines. Toutes les protéines se replient sur elles-mêmes au cours de leur synthèse, et l'on suppose que celles qui le font sous l'influence des protéines de stress adoptent une configuration qui leur permet de mieux résister aux conditions critiques résultant d'un choc, par exemple à l'inactivation par la chaleur.

On sait, par ailleurs, que la protéine du prion est constituée de la même manière que les protéines normales des cellules. Elle possède le même enchaînement d'acides aminés. Sa seule bizarrerie réside dans la manière dont elle est repliée. Jean-Pierre Lautard, de l'INSERM (unité 65) en est venu à se demander si le prion ne serait pas une protéine de stress viciée, parce que mal repliée.

La nature infectieuse du prion s'expliquerait alors de façon originale : celui-ci induirait un repliement abnormal d'autres protéines.

Le fait que les maladies à prion affectent le système nerveux s'expliquerait éga-

lement de cette façon : dans un milieu cellulaire normal, où les divisions sont rapides, des protéines mal repliées sont rapidement éliminées et détruites et ne peuvent donc pas avoir d'effet. Mais dans un milieu tel que le système nerveux où les cellules se maintiennent longtemps, leur action de déformation perdure.

Enfin, si le prion est bien analogue aux HSP, on comprend la particularité qu'il a de résister à de fortes températures et de n'être inactivé que par des doses de radiations ionisantes trois fois supérieures à celles qui inactivent des protéines normales : c'est qu'il a été justement conçu pour être résistant.

C'est donc un très vaste champ d'investigation qui s'ouvre aux biologistes pour la compréhension des maladies à prion, mais également de nombreuses autres maladies, du lymphome à l'athérosclérose, où l'on a relevé des taux anormaux d'HSP.

(1) Voir *Science & Vie* n° 864, p. 80.

ENVIRONNEMENT

Le sauvetage des lagons d'Afrique

polluent le littoral qui abrite pourtant un écosystème unique au monde.

Ces zones côtières dentelées par des lagons attirent chaque année plus de 70 espèces d'oiseaux migrateurs. Leurs plages servent à la nidification de trois espèces de tortues marines menacées de

disparition (tortue luth, tortue verte et tortue caouanne). Ces lagons sont surtout la principale réserve de poissons et de sel du pays. Aussi, le gouvernement ghanéen se lance-t-il dans un ambitieux programme de protection des zones côtières avec l'aide de la Banque mondiale. Trente-six millions de dollars seront dépendus pour cela.

Les premières mesures tiendront de protéger six zones à risque du golfe de Guinée (les lagons de Muni, Densu, Delta, Sakumo, Songor et Anlo-Keta). La conférence de Rio commencerait-elle à porter ses fruits ?

D.D.

La logique des lions de mer, ou un perroquet n'est pas qu'un perroquet

Les lions de mer savent établir des liaisons logiques entre des signes. C'est du moins ce qu'assure

Ronald Schustermann, du Long Marine Laboratory de Santa Cruz, en Californie.

Témoin, l'expérience suivante : on montre à un lion de mer – une femelle, paradoxalement nommée Rio – trois paires d'images : une théière avec un chaton, des oreilles de Mickey Mouse avec un téléphone et une cravate avec une fleur. Puis on lui présente les images séparément. On montre successivement, par exemple, la théière, puis le téléphone et enfin le chaton. Rio indique le chaton du museau. Et ainsi de suite.

Pour Schustermann, professeur adjoint de sciences de la mer à l'université de Californie, à Santa Cruz, et professeur de psychologie à l'université d'Etat de Californie, à Hayward, c'est la preuve de la capacité à établir des liaisons logiques chez cet animal. Et, ce qui est beaucoup plus intéressant, cela pourrait signifier que les concepts d'équivalence sont indépendants du langage.

Des tests de mémorisation de signes ont été réalisés avec de nombreux animaux (singes, dauphins, pieuvres). Ceux de Schustermann seraient les premiers à établir des capacités

de syllogismes : si A est de la même couleur que B, et B, de la même que C, alors A est de la même couleur que C. Selon Schustermann, on avait bien essayé d'apprendre à des singes à associer, par exemple, des signes entre eux, mais on n'y était pas arrivé. Resterait donc à savoir pourquoi le lion de mer y parvient.

Les perroquets aussi font l'objet d'études, et certains résultats semblent indiquer que ce ne sont pas... des perroquets. C'est-à-dire qu'ils savent, eux aussi, établir des liaisons logiques.

Témoin Alex, perroquet gris du Gabon, qui a l'honneur d'être étudié, pour son intelligence, à l'université de l'Arizona. On montre à Alex un carré de papier orange, une clé jaune, une planchette de bois vert, une balle de laine rouge, une lettre R découpée et violette et un petit camion noir. Quand on lui demande : «Qu'est-ce qui est rouge ?», il répond : «La laine.»

On pourrait en déduire qu'Alex a simplement une bonne mémoire. Mais quand on lui donne de petits coups sur le bec avec un objet qu'il n'a jamais vu (un crayon bleu), mais dont il ne connaît que la couleur, et qu'on lui demande quelle est-elle, il répond correctement : «Bleu.»

C'est intéressant, mais ce ne sont là que des prémisses, et il faut se garder d'en tirer des conclusions hâtives.



Un perroquet du Gabon et un lion de mer ont apparemment en commun certaines aptitudes à la logique...

● **La bière a 6 000 ans :** on vient de retrouver des traces organiques caractéristiques de la fermentation d'orge dans des poteries sumériennes. C'aurait même été la boisson favorite des Sumériens, créateurs de l'écriture.

(suite)

CLIMATOLOGIE

Les glaces s'épaissent en Antarctique aussi

Comme l'indiquait l'article sur le refroidissement de l'Atlantique nord de notre précédent numéro, il n'est pas certain que l'aggravation de l'"effet de serre" entraîne la fonte des glaces polaires, et donc une élévation dangereuse du niveau des mers. Témoins, les récentes mesures faites sur la banquise de l'Antarctique.

Tout en rappelant que les rapports sur l'épaisseur des glaces polaires doivent être interprétés avec prudence, car ils dépendent d'un système complexe de paramètres, le climatologue S.S. Jacobs, de l'observatoire géologique Lamont-Doherty de l'université Columbia, à New York, rapporte que l'analyse de quatre carottes prélevées à Wilkes Land,

dans le secteur est de l'Antarctique, indiquent, pour la période 1975-1985, un accroissement de l'épaisseur de 20 % supérieur à celui compris entre 1930 et 1975 (1).

On a déjà enregistré des variations de ce type pendant les dernières décennies et, pour paraphraser Jacobs, dont le ton reste très prudent, tout ce qu'on peut en déduire est que le réchauffement n'a pas les effets simples et directs que l'on avait trop vite décrits.

Il faut en effet savoir qu'un réchauffement augmente l'humidité de l'air, et que celle-ci, à son tour, favorise un accroissement de la masse des glaces ; cette augmentation tend à refroidir l'atmosphère, donc à ramener le système à son point d'équilibre.

Jacobs suggère d'ailleurs que la nature aléatoire des variations enregistrées n'infirme pas du tout l'hypothèse d'un réchauffement, mais que le système thermique clos qu'est la Terre pourrait bien comporter des mécanismes de régulation jusqu'ici inconnus.

(1) "Is the Antarctic ice sheet growing?", S.S. Jacobs, *Nature*, 5 novembre 1992.

ASTRONOMIE

Mais où va donc Geminga ?

Sur les trois photos que voici, on constate que l'objet indiqué par deux traits perpendiculaires s'est déplacé de droite à gauche entre 1984 et 1992. Il s'agit de Geminga, et la découverte de son mouvement ajoute à la considérable perplexité qu'il vaut aux astronomes et astrophysiciens.

Geminga fut détecté en 1972 par les satellites américains *SAS 2* et *COS B*, en raison de sa très forte émission de rayons gamma. On n'en avait pas d'image

optique. En 1983, l'astronome italien Bignami, de Milan, le repéra grâce à ses émissions faibles de rayons X, enregistrées par le satellite *Einstein*. Puis, en

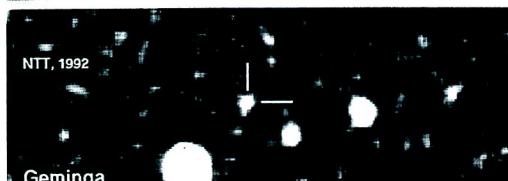
1984, le Français Vigroux et, en 1986, les Américains Halpern et Tytler en obtinrent des images à l'aide de caméras ultrasensibles. Ce n'était qu'une tache bleuâtre, de magnitude 25,5, soit cent millions de fois plus faible que ce que peut percevoir l'œil.

L'éénigme de Geminga (le nom signifie, en argot milanais, "l'est pas là"), elle, était de taille bien plus considérable. Ce semblait être une étoile à neutrons, et, au début de 1992, on décela en effet des pulsations dans ses émissions gamma et X. On déduisit de leur fréquence (0,237 s) que l'objet mystérieux tournait sur son

axe un peu plus de quatre fois par seconde. Ce devait donc être un pulsar, une étoile à "pulsations".

Or, on avait toujours admis qu'un pulsar ne se forme qu'après explosion violente d'une supernova. On chercha autour de Geminga des débris de supernova ; on n'en trouva pas. Bizarre. Existerait-il des pulsars d'une classe à part ?

Puis, en novembre dernier, on a constaté que Geminga bouge, ce qui est très anormal : en huit ans, l'"objet" s'est déplacé, entre les constellations du Lynx et des Gémeaux, de 1,5 seconde d'arc. Cela fait quelque 100 km/s, une vitesse inusitée pour une étoile. Geminga se trouve à 300 années-lumière d'ici. Où va-t-il donc si vite ?



Geminga (indiqué par deux traits blancs) avance à la vitesse de 100 km/h.

ÉPIDÉMIOLOGIE

Ô rage Ô espoir !

Pour la première fois depuis vingt-cinq ans, la rage recule : le vaccin a eu raison du virus, là où l'élimination systématique des renards avait échoué.

L'Ain, l'Allier, le Cher, l'Isère, la Haute-Savoie, la Nièvre, le Pas-de-Calais, la Saône-et-Loire ont quitté la liste des départements contaminés par la rage. Encouragé par les résultats des précédentes campagnes de vaccination des renards, le ministère de l'Agriculture avait décidé, en 1992, d'étendre l'opération à l'ensemble des régions touchées. Terminée le 16 octobre dernier, elle a consisté à larguer par hélicoptère des capsules de vaccin dissimulées dans des appâts. Les renards ont mangé les appâts, bien leur en a pris.

La rage avait franchi les frontières françaises en 1968 et elle progressait dans le pays à la vitesse de 40 km/an. On en était aux



gazages de terrier et aux primes à la queue de renard quand la Suisse afficha les résultats de la vaccination. On lui emboîta le pas, mais sur de petites étendues ; c'était en 1986.

En 1989, l'épidémie fait un formidable bond en avant, et envahit un tiers de la France. On installe alors une barrière sanitaire à l'aide d'appâts vaccinés au-delà du "front enragé", dans les régions sur le point d'être touchées.

Mais, faute de temps et de crédits (la vaccination coûte 180 F par km²), rien ne fut tenté dans les départements déjà concernés.

Les années suivantes, le programme de vaccination s'est progressivement étendu vers l'est et le nord. Et cette année, 16 000 km² ont été couverts. L'expérience montre que le nombre de renards enragés diminue de moitié après une première campagne, et de 90 % après une troisième.

La facture, qui sera mise sur le compte du ministère de l'Agriculture et des conseils généraux, qui bénéficient d'une aide financière communautaire, passera en 1993 de 36 à 40 millions de francs. Cela paraît beaucoup, mais les Français dé-

Finis les gazages de terrier et les "primes à la queue de renard". La vaccination va peut-être éviter au bel animal roux de disparaître...

pensent chaque année le double pour vacciner leurs animaux de compagnie contre la rage.

Même si, en France, on n'a compté qu'un seul décès (celui d'un touriste mordu au Mexique par un chien enragé), 1 500 personnes avaient été atteintes par la rage en 1991, et 11 000 autres avaient reçu un traitement préventif antirabique parce qu'elles avaient été mordues par un animal suspect. I.B.

● **Greffé de cerveau fœtal utile** dans le traitement de la maladie de Parkinson et peut-être de la maladie d'Alzheimer. Huit greffes de cerveau (quatre en France et quatre aux Etats-unis), faites à titre expérimental, montrent une atténuation appréciable des troubles locomoteurs parkinsoniens. "Science & Vie" l'avait annoncé il y a trois ans (août 1990, n° 875, p. 40). Nous y reviendrons.

NEUROLOGIE

L'attaque cérébrale et le venin d'araignée

Après une attaque cérébrale, la plus grande partie des dégâts dans les tissus est due à l'invasion des neurones proches des vaisseaux atteints par des ions calcium. Les neurones "noyés" dans le calcium ne sont alors plus capables de fonctionner normalement.

Or, les canaux pour la réception du calcium sont

propres aux neurones. On ne les trouve dans aucun autre tissu du corps. Ils sont donc plus difficiles à étudier. On a essayé de les neutraliser par les "bloquants" utilisés ordinairement dans les maladies cardiaques, mais cela n'a pas été concluant. Nouveauté : des chercheurs en neurologie de l'université Harvard (1)

ont trouvé une substance tout à fait spécifique de ces canaux : le venin d'une araignée, *Agenelopsis aperta*. Des études sur le mode d'action de ce venin et sur la possibilité d'en recréer synthétiquement la molécule sont en cours.

(1) De l'équipe du Dr Bruce Bean, Harvard Medical School, université Harvard.

(suite)

ENVIRONNEMENT

Vaison : les silences des experts

Le rapport officiel sur les inondations du 22 septembre innocent l'aménagement et la gestion du territoire. Mais la nature est-elle seule responsable ?

L'urbanisation et l'aménagement du bassin versant de l'Ouvèze n'auraient joué qu'un rôle "marginal" dans le déclenchement des inondations qui ont ravagé la région de Vaison-la-Romaine, le 22 septembre dernier. Ainsi conclut le rapport remis, fin novembre, par le Conseil général des ponts et chaussées aux ministres de l'Équipement et de l'Environnement.

Selon ces experts, la catastrophe résulte de conditions météorologiques et hydrologiques "exceptionnelles" : «Sur un sol rendu peu perméable par un premier épisode pluvieux le matin, des pluies torrentielles ont déversé l'après-midi, durant trois à quatre heures, de 150 à 300 mm d'eau (litres par m²), gonflant très vite les débits des ruisseaux qui affluent dans l'Ouvèze, avant le goulet d'étranglement du pont romain [de Vaison].

»Les causes [de la catastrophe] ne doivent pas être recherchées ailleurs, dans des déboisements ou des défrichements intempestifs, ou dans une quelconque modification des pratiques culturales.» Pas plus que dans «l'imperméabilisation des



Le pont romain de Vaison a-t-il été partiellement bouché par un embâcle (arbres, détritus, etc.) comme le suggère cette photo, où l'on constate une grande différence entre le niveau de l'eau à l'amont et à l'aval de l'ouvrage ? Cette question cruciale est malheureusement à peine abordée dans le rapport des experts.

sols, résultant de l'urbanisation ou des infrastructures.»

La nature n'aurait-elle pas trop bon dos ? Il est curieux, par exemple, de constater que la canalisation du lit de l'Ouvèze dans sa traversée de Vaison soit à peine évoquée. De même, les experts se contentent de noter que le couvert végétal du bassin versant en amont de la ville est "abondant", sans vraiment faire de distinction entre les cultures et leur capacité à s'opposer au ruissellement. Par exemple, la vigne est très sensible à l'érosion dans la mesure où elle laisse le sol pratiquement à nu. Or, la viticulture est en pleine expansion, depuis vingt ans, sur le secteur où les plus fortes précipitations ont été enregistrées, en particulier dans la vallée du Lauzon, comme le prouve la carte que nous avons publiée (1).

Le rapport est très bref sur les phénomènes d'"embâcle-débâcle" qui se sont produits sur plusieurs affluents de l'Ouvèze, en particulier sur le Groseau, à seulement 2 km en amont de

Vaison, et qui sont la conséquence directe de l'absence d'entretien des lits des cours d'eau. Charriés par la crue, des matériaux solides (arbres, ferrailles) ont obturé les ponts. Sous la pression, ces barrages temporaires ont lâché, libérant d'un seul coup d'énormes quantités d'eau aux effets dévastateurs.

Mais, surtout, il est possible qu'un phénomène analogue ait pu se produire le même jour dans la ville de Vaison au niveau du pont romain. En effet, d'après les mesures réalisées par les experts, le débit maximum de l'Ouvèze a atteint, au droit de cet ouvrage, des valeurs comprises entre 700 et 1 100 m³/s.

Ce chiffre est très supérieur aux valeurs théoriques de 400 à 500 m³/s calculées à partir des hydrogrammes des crues de moindre importance qui ont eu lieu avant, et surtout, après la catastrophe. En effet, le 31 octobre 1992, les services hydrologiques de la direction régionale de l'Environnement (DIREN) ont enregistré à Vaison une crue de 140 m³/s pour une pluviomé-

trie moyenne de 70 mm (contre 106 mm le 22 septembre) sur l'ensemble du bassin versant amont.

La formation d'un embâcle sous le pont romain peut expliquer cette différence très importante entre débits mesurés et débits théoriques lors de la pointe de crue du 22 septembre. Après avoir ralenti l'écoulement de l'eau, ce "bouchon" aurait fini par être sapé à sa base comme le prouve la fosse d'une dizaine de mètres de fond qui s'est creusée au pied de l'ouvrage. D'où une forte accélération de la vitesse de l'eau à l'aval mais aussi à l'amont du pont, où un gigantesque volume d'eau avait fini par s'accumuler. Si elle se vérifie, cette hypothèse d'un blocage temporaire de l'écoulement de l'eau pourrait expliquer comment une crue de fréquence centennale, si on s'en tient à la valeur théorique de 400 m³/s, a pu devenir aussi destructrice et meurtrière.

Mais si «l'homme est impuissant à maîtriser l'écoulement de tels volumes d'eau lorsqu'ils surviennent aussi brutalement», comme le notent les auteurs du rapport, «il peut, par contre, limiter leurs effets dévastateurs par une occupation établie avec discernement des terrains qui paraissent susceptibles d'être inondés». Ce qui ne fut pas le cas à Vaison-la-Romaine, où le risque d'inondation a été sous-estimé dans les documents d'urbanisme élaborés depuis vingt ans... M.M.

(1) Voir *Science & Vie* n° 902, p. 96.

● **Les échos de cette rubrique** ont été réalisés par Isabelle Bourdial, Didier Dubrana, Hélène Guillemot, Marie-Françoise Lantieri, Marc Mennessier et Gérald Messadié.

Sony, la mémoire de l'avenir.



Créateur du format 3,5", SONY fait aujourd'hui référence en matière d'enregistrement et de sauvegarde. L'expérience de SONY enrichie par de nombreuses années de recherche et d'innovation a donné naissance à une gamme intégrale de produits informatiques. Des produits à la pointe de la technologie qui répondent à tous les besoins actuels relatifs à la sauvegarde : les disques magnéto-optiques réinscriptibles ou W.O.R.M., les nouvelles cartouches DDS et D8 très performantes, une gamme importante de cartouches de sauvegarde QIC 1/4", une offre étendue de disquettes 5,25" et 3,5", standard ou formatées. Des plus simples aux plus "High-tech", tous ces produits sont conçus dans un souci permanent de qualité. C'est tout le savoir-faire SONY, la meilleure garantie de fiabilité. En créant les Datamedia, SONY invente la mémoire de l'avenir, aujourd'hui symbolisée par un triangle : le nouveau signe de reconnaissance des innovateurs.

SONY
Le créateur

LA MASSE CACHÉE DE L'



UNIVERS

PAR RENAUD DE LA TAILLE

Attendu plus de sept ans, puis considéré peu après son lancement comme le plus beau ratage de l'astronomie sur orbite, le télescope spatial *Hubble* vient pourtant de réussir un étonnant cliché qui relance, via la relativité générale, une hypothèse lancinante de la cosmologie : 90 % de l'Univers échappe à nos observations.

Dans l'espace, il y a d'un côté la Terre qui nous porte, et, de l'autre, tout le reste : le Soleil, les planètes, les étoiles qu'on voit la nuit et les galaxies plus loin encore. En principe, l'Univers est fait de tout ce reste, plus la Terre – bien que celle-ci ne pèse pas lourd dans le total, elle a quand même son importance puisque les astronomes qui regardent le ciel vivent dessus.

Le monde serait donc fait des étoiles qu'on peut observer, le Soleil avec ses planètes n'étant qu'un élément de l'ensemble. Toutefois, des esprits avisés avaient noté, avant même l'invention de la lunette, que la Voie lactée présentait des zones d'ombre un peu curieuses, comme si des nuages cachaient par endroits cette vaste bande de clarté. Dès que les instruments d'observation devinrent un peu puissants, les astronomes découvrirent non seulement que la Voie lactée était un immense semis d'étoiles, mais, de plus, que ce voile lumineux était à peu près continu.

Les zones d'ombre correspondaient bien à des nuages obscurs qui nous masquaient cette traînée de lumière de place en place. Une étude plus poussée montra qu'il s'agissait de nuages de taille astronomique faits de gaz et de poussières diluées dans l'interminable vide intersidéral. La totalité de l'Univers ne se résument donc pas aux astres lumineux, mais comptait aussi de grands voiles obs-

L'Univers est peuplé d'objets invisibles

Ce grand voile n'est qu'une minuscule fraction, bien visible car éclairée par les étoiles voisines, de l'immense volume obscur de gaz et de poussières qui peuplent l'Univers, et dont la masse dépasserait d'une bonne dizaine de fois celle des astres visibles. On distingue, ci-dessous, l'une des plus curieuses de ces nébuleuses obscures, celle de la Tête de cheval dans Orion.



curs dont la masse était loin d'être négligeable.

Si ces brumes gazeuses sont proches d'une étoile jeune, elles deviennent luminescentes : ce sont les nébuleuses diffuses. Partout ailleurs, elles se comportent comme de vrais nuages obscurs dont l'analyse spectrale a permis de connaître peu à peu la composition : de l'hydrogène et de l'hélium pour 99 %, le 1 % restant se partageant entre carbone, oxygène, azote et autres. En certains endroits, on y a trouvé des molécules plus complexes comme l'eau, le méthane ou le formaldéhyde. Les poussières sont moins bien connues, et on sait seulement que leur taille est comprise entre le dixième et le centième de micromètre (μm en abrégé, ou millionième partie du mètre).

Gaz et poussières sont souvent associés au sein de nuages dont la dimension se compte en années-lumière. Mais il ne faudrait pas imaginer ces brumes intergalactiques comme une variété des brouillards qu'on rencontre sur Terre un soir d'automne. Il s'agit en fait de matière tellement diluée que le meilleur vide obtenu en laboratoire est encore loin d'y ressembler.

Entre les étoiles, là où l'espace est clair, il y a environ 1 atome par cm^3 ; dans les nuages interstellaires, les mesures faites en radioastronomie montrent qu'il y a de 10 à 100 atomes par cm^3 . C'est encore peu si l'on se rappelle qu'il y a en gros $6 \cdot 10^{19}$ atomes par cm^3 d'hydrogène dans les conditions ordinaires de température et de pression propres à l'atmosphère terrestre. Or, entre 10 et 10^{19} , il y a le même écart qu'entre dix grains de sable et tous les grains de sable de toutes les plages de toute la France. Si demain on pouvait balayer ces plages d'une manière si implacablement parfaite qu'il ne reste plus que dix grains de sable répartis au hasard sur le total des côtes, on aurait une juste idée du peu de place qu'occupent une dizaine d'atomes dans le cm^3 de nuage interstellaire.

Il en va différemment avec les poussières : même sous une dimension microscopique, puisque leur diamètre est de l'ordre du dixième de μm , chacune d'elles est faite d'une centaine de millions d'atomes. L'observation des nuages interstellaires de notre galaxie a montré que les grains de poussière représentent environ un centième de la masse du gaz. *A priori*, on pourrait penser qu'à raison de quelques dizaines d'atomes par dé à coudre de vide, la masse des nuages ne pèse pas lourd face aux milliards d'étoiles et de galaxies de l'Univers. En réalité, étoiles et galaxies n'occupent que peu de place dans l'Univers, guère plus qu'un plomb de chasse au fond d'une bouteille vide.

Et dans cette bouteille, il y a quand même un litre d'air dont la masse est de 1,3 gramme environ, alors que le plomb de chasse, dense et rond comme une planète, fait à peine 0,2 gramme. Il se pourrait bien qu'il en aille de même avec l'Univers : 10 atomes par



cm^3 , c'est fort peu, mais des cm^3 , il y en a beaucoup dans le ciel. Si l'on considère que dans un seul m^3 , il y a déjà un million de cm^3 , et que dans un km^3 , il y en a un bon million de milliards, on commence à deviner que ce petit tas d'atomes multiplié par les dimensions de l'Univers finit par faire un très gros chiffre.

Un chiffre en fait si grand que l'Univers pourrait bien être à l'image de la bouteille avec son plomb de chasse au fond : on ne voit que la petite boule noire et pas l'air qui est autour ; et pourtant, cet air constitue à lui seul 90 % de la masse totale de l'ensemble. Bien des spécialistes estiment aujourd'hui que les astres visibles, c'est-à-dire la matière concentrée en boules lumineuses, ne représente que 10 % de la masse de l'Univers. Tout le reste serait fait de matière diluée dans l'interminable vide spatial.

Or, le statut de notre Univers, dans le cadre de la théorie de la relativité générale d'Einstein, dépend justement de sa masse. La relativité fournit des équations qui relient la structure géométrique de l'espace dans lequel nous vivons à son contenu de matière. Déterminer la masse de ce contenu permet alors de préciser le modèle d'Univers dans lequel évoluent les



Comment peser un amas de galaxies

La lumière émise par une galaxie très lointaine (a) arrive d'abord directement dans le télescope spatial (b), puis elle y parvient une seconde fois (c) après avoir été déviée par la masse d'un amas de galaxies plus proches (d). On a alors deux images inversées du même objet céleste : leur analyse permet de déduire la masse de l'amas.

Étoiles et les galaxies. C'est donc un problème fondamental pour la cosmologie, mais rendu très ardu par la nature des équations de la relativité.

Il s'agit en fait d'un système d'équations aux dérivées partielles ayant toute une famille de solutions selon les valeurs attribuées aux coefficients des expressions différentielles. Nous n'entrerons pas plus avant dans ce domaine, qui relève de la géométrie différentielle à quatre dimensions (longueur, largeur, hauteur, temps)

et du calcul tensoriel – lequel fut introduit en mécanique pour étudier la répartition des forces au sein d'un matériau élastique mis sous tension. Nous en retiendrons seulement que, moyennant l'introduction d'un certain nombre d'hypothèses simplificatrices, on aboutit à des modèles d'Univers très différents selon les valeurs attribuées aux coefficients.

Ces modèles, qui peuvent être finis ou infinis, stationnaires ou en évolution, ouverts ou fermés, à expansion continue ou cyclique, reposent en dernier ressort sur la densité de matière présente dans l'Univers. C'est en effet la seule grandeur qu'on puisse appréhender de manière un peu sûre, les autres paramètres – âge ou diamètre – restant encore du domaine des hypothèses et n'étant pas réellement accessibles à la mesure. Toutefois, dans l'état actuel des connaissances, c'est la thèse de l'explosion de l'atome primitif du modèle de l'abbé Lemaître, ou théorie du big bang, qui a la faveur de beaucoup d'astronomes.

Or, s'il est possible de décompter, avec une marge d'incertitude relativement correcte, la masse des astres visibles, il en va tout autrement, et pour cause, de la matière obscure qui échappe à l'obser-

vation directe. Dans le vide intergalactique, on estime, nous l'avons dit, qu'il y a 1 atome par cm^3 , et qu'il y en a de 10 à 100 fois plus dans les grands nuages obscurs situés au sein des galaxies ou même à l'intérieur des amas de galaxies.

Le seul ennui, c'est que le volume de ces nuages reste en grande partie inconnu, et, du coup, leur masse ne peut être évaluée en multipliant ce volume par la densité (nombre d'atomes par cm^3). Toutefois, dans le cadre relativiste, il reste une voie : toute masse se traduisant par une courbure locale de l'espace-temps, on peut mesurer cette masse dès le moment où l'on peut mesurer la courbure qu'elle introduit. Or, la lumière, en relativité, ne va pas en ligne droite mais suit une géodésique de l'espace-temps : si celui-ci est courbe, la ligne géodésique (plus court chemin d'un point à un autre sur une surface donnée) l'est aussi.

A première vue, il semble difficile de savoir si la lumière qui nous arrive d'une étoile est venue en ligne droite ou en arc de cercle. En pratique, quand les rayons lumineux issus d'un objet se trouvent déviés, il y a formation d'une image de cet objet. On sait par exemple que l'eau ou le verre dévient la lumière ; il en découle qu'on ne voit jamais le fond d'une rivière, mais une image de ce fond décalée de côté et plus rapprochée qu'il ne l'est en réalité – la rivière paraît moins profonde qu'elle n'est.

Une lame de verre déplace et rapproche de même ce qui est derrière, mais le fait n'est facile à repérer qu'avec une vitre très épaisse posée sur une feuille imprimée. Si les faces du verre sont courbes, on a une lentille qui peut donner une image réelle sur un écran. Mais il n'y a pas que les matériaux transparents qui dévient la lumière : une surface polie la renvoie d'où elle vient, ce qui permet de voir une image de soi dans une glace, ou de former des images réelles avec un miroir courbe, procédé utilisé dans les télescopes.

L'air chaud, par ses variations de densité, et donc d'indice de réfraction, dévie aussi les rayons, d'où les mirages – les mares brillantes sur une route d'été ne sont que l'image du ciel. Et si une masse importante courbe le trajet de la lumière, on va, là encore, avoir formation d'une image ; cela est prévu par la relativité générale, qui précise que le champ gravifique d'un objet massif comme un amas de galaxies va courber les rayons lumineux de sources plus lointaines observées à proximité du centre de l'amas (appelé, de ce fait, lentille gravitationnelle, ou gravifique). Ce phénomène a pour effet de déplacer leurs positions apparentes et de modifier en les grossissant leurs formes et leurs éclats ; l'effet est

L'Univers invisible dix fois plus lourd que l'Univers visible ?

d'autant plus important que la masse de l'amas est plus grande. Si cet amas est suffisamment dense, il peut donner plusieurs images d'un seul objet lointain. De fait, on avait déjà eu quelques rares exemples de ces images symétriques, mais jamais avec la netteté de celles que vient de fournir le télescope spatial, dit *HST*, pour *Hubble Space Telescope*.

Lancé en orbite pour se débarrasser du filtre sombre et déformant que constitue l'atmosphère terrestre, ce télescope se révéla peu après pourvu d'un miroir qui n'était pas au profil géométrique voulu, d'où une perte sensible dans la qualité des images. Toutefois, connaissant le défaut – un résidu d'aberration sphérique –, il a été possible de traiter en conséquence les données fournies par cet instrument et d'en tirer des clichés très valables. Le recours à l'ordinateur a donc permis de sauver en partie le potentiel de l'outil, surtout en ce qui concerne la caméra à champ large.

En ce domaine, la légère perte en pouvoir séparateur est plus que compensée par l'absence totale d'atmosphère : rien ne vient plus troubler les ondes lumineuses qui nous arrivent du fond de l'Univers, et les images obtenues sont d'une remarquable clarté. Et, début octobre, le télescope spatial était pointé dans la direction d'un énorme amas de galaxies, dénommé AC114, situé à 4 millions d'années-lumière.

Les photos prises au sol permettaient déjà de savoir que cet amas possède une masse imposante (à l'échelle astronomique, laquelle compte une myriade de zéros de plus que nos mesures habituelles) et peut donc donner lieu aux effets relativistes de courbure des rayons lumineux. La caméra à grand champ du *HST* a donc filmé pendant six heures l'amas AC114 et, lorsque l'on a examiné les clichés, on a découvert deux petites taches claires proches du centre de cet amas de galaxies.

Ces deux taches étaient les images symétriques de la lumière provenant d'une galaxie bien plus lointaine encore. Le champ gravifique de l'amas avait dévié les rayons issus de cette galaxie, d'où la formation d'une image identique à celle qu'aurait donné un miroir installé à la place

de AC114 – de fait, et tout comme on se voit inversé dans une glace, la paire d'objets faiblement lumineux détectée sur le cliché présente la même symétrie qu'une paire de gants.

Bien que les détails de structure soient difficiles à bien cerner, l'astronome anglais R. Ellis, qui dirigeait ces observations, a noté de nets traits de symétrie entre les deux images et des couleurs pratiquement identiques. Il y a donc toutes les raisons de penser



qu'il s'agit bien d'images de la même source et que l'amas AC114 est de masse si considérable qu'il joue le rôle d'une puissante lentille gravifique.

De plus, il résulte de la nature des géodésiques de l'espace-temps au voisinage d'une masse qu'il peut y avoir plusieurs images d'une même source – tout comme un bouchon de cristal taillé en facettes donne une multitude de points lumineux à partir de la seule bougie qui est derrière. Connaissant l'emplacement et la forme des deux premières images, on peut prévoir l'existence et la position des images supplémentaires. La couleur singulièrement bleue et la morphologie peu commune de la source détectée par le *HST* ont, en effet, permis de découvrir une troisième image plus pâle.

Partant de ces observations, et en utilisant les équations de la relativité générale, on peut faire un modèle de l'amas qui a dévié la lumière et en déduire sa nature. Qui plus est, la déviation de la lumière étant fonction du champ gravifique, et celui-ci étant lié à la masse, on peut en tirer non seulement la masse de l'amas, mais aussi la distribution de la matière, qu'elle soit lumineuse ou obscure, au sein de cet ensemble de galaxies.

On tient là, enfin, un moyen de mesurer la masse totale présente dans un immense groupe stellaire, et donc d'avoir déjà une estimation un peu sûre de la densité de matière dans l'Univers. Or, nous l'avons vu, les modèles possibles d'Univers reposent sur cette densité ; savoir quelle est la proportion de ces masses obscures lovées au sein des galaxies par rapport à la masse des astres lumineux permettra de répondre à la grande question de la cosmologie : l'Univers est-il parti pour une expansion indéfinie ou celle-ci doit-elle s'arrêter un jour pour être remplacée par une contraction de tout l'espace qui s'effondrera sous son propre poids dans une implosion cosmique ?

Bien entendu, un tel événement se situe dans un avenir si lointain qu'on peut se demander sous quel gouvernement il se produira, et comment s'y prendront les ministres concernés pour sauvegarder la

L'Univers va-t-il se dilater indéfiniment ou s'effondrer sous son propre poids ?



Des objets invisibles de face

Cette barre noire qui ceinture la galaxie NGC 4594 est à l'image d'un verre épais vu par la tranche : transparent de face, mais sombre de profil étant donné la largeur du verre. Gaz et poussières interstellaires n'apparaissent que lorsqu'ils sont observés de profil. Sinon, ils passent inaperçus malgré leur masse imposante.

population, mais il est tout de même intéressant pour un astronome de le prévoir. Et le télescope spatial, malgré ses défauts (qui devraient être corrigés l'année prochaine avec une lentille correctrice apportée par la navette spatiale), s'avère dès maintenant un outil précieux pour ces recherches.

Comme l'a remarqué R. Ellis, en combinant le phénomène de lentille gravifique et l'excellente qualité d'image qu'autorise le *HST*, on peut étudier de manière détaillée les galaxies qui sont à l'arrière-plan d'un amas et en déduire la répartition de matière dans cet amas, que celle-ci émette ou non de la lumière. D'ores et déjà, les premiers clichés étudiés montrent que la répartition de matière obscure au sein de l'amas ne répond pas aux hypothèses actuelles concernant la nature de cette matière invisible. En principe, celle-ci est faite de particules subatomiques (électrons, neutrons ou protons) n'ayant que peu d'interactions entre elles et ayant des vitesses relatives modestes. En vertu de cette théorie, la matière obscure froide devrait être distribuée de manière aléatoire, et donc répartie de manière uniforme dans tout l'amas. Or, l'analyse des clichés fournis par le télescope spatial montre que dans l'amas AC114 la matière obscure est plus concentrée vers le centre que ne le sont les galaxies prises individuellement. Autrement dit, la répartition n'est pas uniforme, les particules étant de plus en plus diluées à mesure qu'on s'éloigne du centre ; cela va obliger les spécialistes à revoir leurs hypothèses concernant la nature des grands nuages obscurs, qui feraient à eux seuls 90 % de la masse des galaxies – et donc sans doute 90 % de la masse totale de l'Univers lui-même.

Il y a déjà plusieurs dizaines d'années que les astronomes tiennent cette proportion pour une estimation cohérente de la distribution de la matière dans l'espace. L'étude de la répartition et des mouvements (déduits des vitesses de récession) des galaxies dans les amas a montré que la masse des astres lumineux ne peut suffire à expliquer cette répartition et ces vitesses. Pour avoir une interprétation juste des données d'observation, il fallait admettre qu'une bonne part de la masse propre à l'amas échappait aux instruments ; non seulement à ceux qui travaillent dans le

visible comme les lunettes astronomiques, mais aussi à ceux qui captent les ondes radio (radiotélescopes) ou les ondes de haute fréquence, genre ultraviolet lointain ou rayons X.

Ayant une température proche du zéro absolu, la matière obscure n'émet aucun rayonnement qui nous permettrait de la détecter, mais sa masse n'en a pas varié pour autant. Puisqu'elle peut maintenant être mesurée par les effets relativistes qu'elle produit sur la lumière, les astronomes vont pouvoir affiner leurs modèles de l'Univers et en préciser les structures évolutives. On doit d'ailleurs noter que les mesures faites avec l'amas AC114 concordent avec les estimations antérieures fondées sur les mouvements des galaxies qui le composent. La suite logique, c'est, bien sûr, de pointer le *HST* vers d'autres amas imposants pour poursuivre les observations de ce type. La seule limitation vient du temps imparti à chaque secteur de l'astronomie : car le *HST* sert aussi à l'étude des planètes, à la spectrographie des étoiles ou à l'étude des nébuleuses diffuses. Or, il a fallu deux expositions de six heures pour avoir les clichés de AC114, et il faudra attendre un certain temps avant que le *HST* soit de nouveau disponible pour de si longues poses.

Mais le plus curieux reste encore l'histoire de ce télescope : avant sa mise en orbite, il portait tous les espoirs des astronomes car il devait être capable de voir mieux et plus loin que tous les instruments basés au sol. Une fois dans l'espace, ce fut une immense déception de savoir que le miroir était affligé d'un défaut sévère. Et maintenant, il s'avère l'outil le plus puissant dans la recherche de... l'invisible : un destin paradoxal.

Renaud de La Taille

PAR GERALD MESSADIÉ

L'HOMME EST-IL UNE FEMME RATÉE ?

Certains – ou certaines – voudraient nous faire croire que les différences entre la femme et l'homme sont, somme toute, négligeables. Que l'histoire, et non les gènes, serait responsable des caractères les plus apparents du dualisme sexuel. Que l'homme est une femme qui s'ignore. Bref, que notre idéal inconscient serait une sorte d'androgynie. Nous présentons la synthèse de ce que nous disent aujourd'hui la biologie et l'anthropologie sur ce sujet "chaud". Notre conclusion est, nous l'espérons, exempte de parti pris : l'identité masculine et l'identité féminine ont encore du grain à moudre.

XX ou XY, ne serait-ce après tout qu'une convention, une vue de l'esprit ? Les chromosomes sexuels dont ces sigles sont les symboles, parce qu'ils ressemblent, en effet, aux X et aux Y (assez stylisés) de l'algèbre, ne seraient-ils que des signes dénus de contenu spécifique ? La combinaison de deux X, qui caractérise, depuis le début absolu de la conception, un être au devenir de femme, n'est-elle qu'un phénomène sans valeur essentielle ? Même chose pour le XY spécifique de l'homme ? Les différences morphologiques, hormonales, fonctionnelles, ne seraient-elles que des caractères secondaires au sens ordinaire du mot, au point qu'on puisse écrire sans risque d'être contredit que "l'un est l'autre" ?

Telle est la proposition diffuse qui court dans la culture et l'air du temps. Dénonçant la prédominance de l'homme dans les systèmes sociaux actuels, un pamphlet récent résume ainsi certaines idées actuelles : « Il s'agit toujours [pour le père] d'aider l'enfant mâle à changer son identité féminine primaire en une identité masculine secondaire. » – Elisabeth Badinter, *XY, de l'identité masculine* (¹). Précisons que cet auteur prétend fonder sa thèse sur des données biologiques. En d'autres termes, tous les humains seraient, à l'origine, des femmes. A la limite, l'humanité s'apparenterait plus aux gastéropodes hermaphrodites qu'à ses plus proches parents, les primates.

Un tel point de vue revient à dire que l'homme est une femme ratée. Ou, par symétrie, que l'iden-

tité féminine, à proprement parler, n'existe pas ; qu'elle se dilue dans l'identité humaine en général. Or, ni la biologie, ni l'anthropologie n'autorisent pareille conclusion.

I. Ce que dit la biologie...

En biologie générale, les identités sexuelles sont un fait et non une fiction culturelle : il faut descendre jusqu'au plus bas de l'échelle animale, voire aux bactéries, pour trouver une indifférenciation sexuelle. Dans l'écrasante majorité des espèces animales, et en tout cas chez tous les mammifères, la sexuation est nette et distincte, et elle se manifeste depuis les traits anatomiques et physiologiques jusqu'au pelage et au comportement. L'hermaphrodisme n'apparaît que chez les végétaux, les vers et les gastéropodes, où il est de règle, et chez quelques rares espèces de reptiles ou de poissons.

Il en est de même en biologie génétique humaine : pour commencer, aucun embryon n'est viable s'il ne contient un noyau venant d'un mâle et un noyau venant d'une femelle (²). Il est peu important qu'un certain nombre de chromosomes non sexuels X ou Y pré-

Une différence aujourd'hui contestée

La femme a été physiquement et psychologiquement distincte de l'homme depuis les origines, dans toutes les civilisations, ainsi que le symbolise cette représentation d'*Adam et Ève* par Cranach l'Ancien (1472-1553).



dominent dans les tissus d'un individu⁽³⁾, ce qui compte, c'est qu'à l'origine cet individu ne peut naître que s'il a un père XY et une mère XX. On a bien essayé de créer des œufs avec deux noyaux X ou deux noyaux Y provenant de la même femelle ou du même mâle (embryons uniparentaux) : le développement de l'œuf s'est arrêté.

Pour qu'existe un individu, il faut donc qu'il y ait non seulement complémentarité, mais aussi différence entre les géniteurs. La raison de cette exigence n'est pas connue.

D'où vient, alors, l'idée que tous les humains, y compris les mâles, seraient à l'origine des femmes ? Principalement d'une interprétation des travaux d'un grand biologiste français, Alfred Jost. Celui-ci a démontré en 1947 que tous les embryons de mammifères, quel que soit leur sexe génétique, sont susceptibles de donner naissance à des femelles. Il suf-

fit, chez ceux qui sont génétiquement mâles, d'interdire au chromosome de la virilité de se manifester (voir encadré p. 32).

Chez l'homme, jusqu'à la quatrième semaine environ de la gestation, l'embryon paraît d'ailleurs sexuellement indifférencié. Chez les embryons mâles, aucun indice anatomique ou physiologique ne permet de reconnaître un signe quelconque de masculinité.

Ces deux faits, incontestables, peuvent induire l'interprétation que le fœtus est, au départ, féminin. Que la matrice de tout individu de la grande famille des mammifères, de tout membre de l'espèce humaine en particulier, est, au début de l'embryogénèse, féminine. Dans cette optique, le déclenchement de la masculinité, commandé chez l'homme par le chromosome Y, viendrait donc en quelque sorte contre-carrer un développement qui, autrement, serait toujours féminin. C'est en ce sens que l'on peut soutenir, à la limite, que l'homme (le mâle) est une femme manquée. Après quoi les tenants de cette thèse

peuvent librement broder sur l'univers féminin, dans lequel le fœtus mâle, inévitablement, se développe, puis dans lequel le nourrisson mâle, à son tour, croît et embellit. Il ne reste plus, ensuite, qu'à accuser la culture de brouiller les cartes, en conférant aux mâles plus de virilité qu'ils n'en ont réellement.

Mais il n'est pas besoin d'être versé dans l'épistémologie pour comprendre qu'il s'agit là seulement d'une interprétation, et non d'une réalité démontrable. La meilleure preuve, c'est que les mêmes données scientifiques peuvent donner lieu à l'interprétation inverse. S'il est possible de dire que l'homme est une femme ratée, il est aussi possible de soutenir, en effet, que la femme est le brouillon de l'homme. Elle serait, dans cette hypothèse, le terrain préparant la pleine expression du chromosome Y, qui ajouterait en quelque sorte le plus de la virilité à une identité sexuelle qui autrement serait restée

LA MÉNOPAUSE N'EST PLUS UN OBSTACLE AU DÉSIR D'ENFANT

La nature a fait en sorte que l'homme reste fertile jusqu'à un âge très avancé alors que la femme ne peut plus enfanter après la ménopause, du fait de l'épuisement de son stock d'ovules.

Ce handicap naturel peut désormais être surmonté. Techniquement, cela n'a rien d'extraordinaire, puisqu'il s'agit du procédé classique de fécondation *in vitro*, plus connu sous le nom de "bébé éprouvette".

La différence est qu'il est appliqué maintenant à des femmes ménopausées, pratique maintenant courante aux Etats-Unis et en Italie, malgré l'opposition du Sain-Siège.

La der-

nière femme à en bénéficier est une Sicilienne de 62 ans, veuve de surcroît, dont le mari, prévoyant les progrès de la science, avait fait conge-ler son sperme avant de décéder, il y a dix ans.

Pour réaliser cette grossesse hors norme on a prélevé un ovule sur une femme jeune, en période d'activité génitale, puis on l'a fécondé en éprouvette avec le sperme du défunt mari. L'œuf fécondé a été ensuite introduit dans l'utérus de la future maman. Celle-ci n'est donc pas la mère biologique de son enfant, puisque

l'ovule provient d'une autre femme, mais seulement la mère porteuse. Pour que l'embryon se développe normalement dans l'utérus

de la femme ménopausée, celle-ci doit avoir suivi un traitement hormonal. L'accouchement se fait habituellement par césarienne.

Les seules barrières qui puissent s'opposer à une telle pratique sont d'ordre moral. En France, le Comité consultatif national s'est prononcé le 15 décembre 1989 dans un avis qui stipule que « l'âge de la femme bénéficiaire d'un projet de parentalité par don d'embryon doit correspondre à l'âge habituel de procréation ».

Quant au projet de loi sur la procréation médicamenteusement assistée (PMA), qui depuis novembre dernier est examiné par l'Assemblée nationale et le Sénat, il ne tient pas compte du cas de figure que constitue la ménopause, puisqu'il est dit que « la PMA a pour objet exclusif de pallier la stérilité médicalement constatée du couple ». Or, il est évident que la stérilité des femmes ménopausées relève non pas de la médecine mais de la nature. **Pierre Rossion**



Jane Fonda,
à plus
de 50 ans,
fera-t-elle
un bébé ?

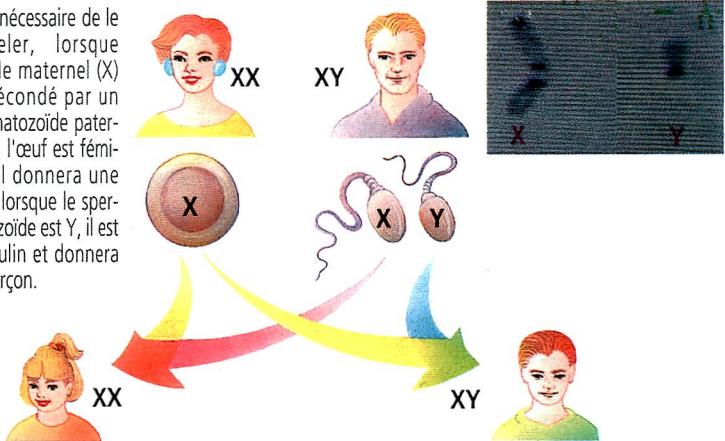
molle, indifférenciée.

Un peu de recul, ou simplement de prudence, force à conclure qu'aucune de ces deux interprétations ne tient la route. La première, que l'homme est une femme manquée, fait bon marché de la présence du chromosome Y. La seconde magnifie cette présence à l'excès. La réalité est beaucoup plus simple. Il suffit, pour s'en convaincre, de se placer non plus du point de vue de l'embryogénése, mais de celui de l'évolution des espèces. Toute fusion entre deux cellules sexuelles et tout embryon né de cette fusion s'inscrivent en effet fondamentalement dans le processus de conservation et d'évolution de l'espèce concernée. Or, le fait majeur, dans cette perspective, est bien qu'une fois sur deux en moyenne l'œuf fécondé sera mâle, et une fois sur deux, femelle. La querelle sur le sexe de l'embryon rappelle, de ce point de vue, celle sur le sexe des anges. A la limite, elle n'a aucune importance. L'essentiel est que tout œuf fécondé est génétiquement déterminé, génétiquement destiné à devenir mâle ou femelle. Seule la pathologie peut venir éventuellement brouiller cette donnée de base (voir encadré p. 32).

En règle générale, l'œuf mâle est destiné à devenir un homme, l'œuf femelle

Le sexe est déterminé dès la fécondation...

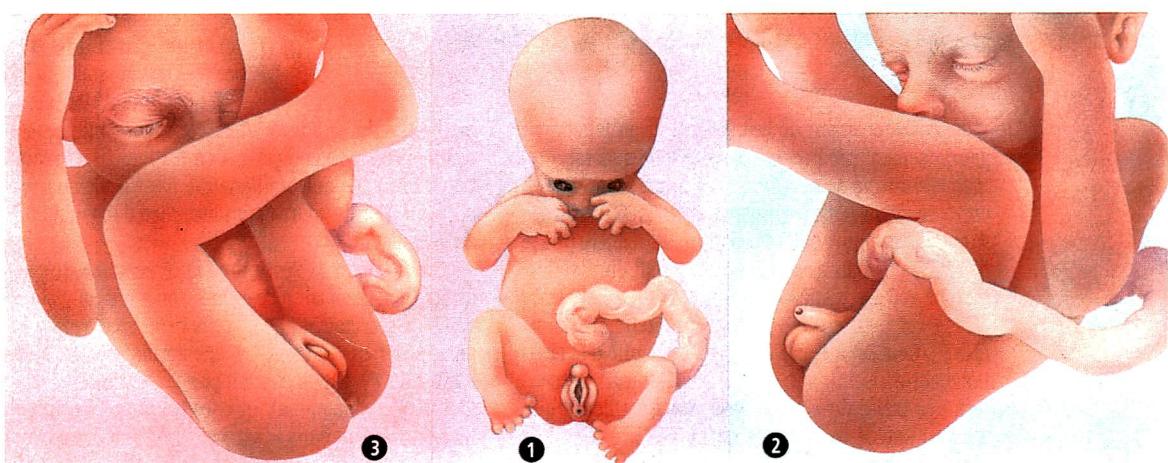
Est-il nécessaire de le rappeler, lorsque l'ovule maternel (X) est fécondé par un spermatozoïde paternel X, l'œuf est féminin, il donnera une fille ; lorsque le spermatozoïde est Y, il est masculin et donnera un garçon.



une femme. Et tout au long du développement, jusqu'à la mort, vont se manifester des facteurs biologiques, commandés par les gènes, qui affirmeront l'identité sexuelle et donc la réalité des différences. Il nous a paru intéressant de rassembler ce que les données scientifiques actuelles nous disent de ce processus de différentiation sexuelle. Nous avons choisi de privilégier l'identité féminine : elle mérite mieux que le statut indifférencié qu'entraînerait la négation de l'identité masculine.

... en dépit d'apparences trompeuses

Les organes génitaux du fœtus semblent, jusqu'à la sixième semaine, indifférenciés et féminins ①. En réalité, son capital génétique fera, s'il est XY, qu'il sécrètera des hormones anti-mullériennes qui développeront un pénis et des testicules ② et, s'il est XX, qu'il développera des ovaires et un vagin ③. L'indifférenciation n'était donc qu'apparente.



GÈNE DE LA VIRILITÉ ET ANOMALIES CHROMOSOMIQUES

Les faits établis au cours du siècle dernier suggéraient que chaque sexe évoluait dans sa propre direction d'une manière symétrique. Si la gonade est génétiquement mâle, elle évolue en testicules, tandis que les cordons de Müller dégénèrent et que les cordons de Wolff et les divers éléments du tractus génital mâle (canaux déférents, prostate, pénis) se développent. A l'inverse, si elle est génétiquement femelle, la gonade évolue en ovaires, tandis que s'atrophient les cordons de Wolff et que se développent cordons de Müller et tractus génital femelle (trompes de Fallope, utérus, vagin, clitoris).

Cette symétrie a été remise en question par le Français Alfred Jost. Pour le démontrer, il a castré, dans l'utérus d'une lapine gravide, les embryons avant que leur gonade ait commencé à se différencier. A la naissance, tous les petits, qu'ils soient mâles ou femelles génétiquement, présentaient un appareil sexuel femelle (sans ovaires puisqu'ils avaient été castrés, mais avec un utérus et un vagin). Renouvelée, par la suite chez d'autres mammifères, l'expérience a donné des résultats identiques. Conclusion : chez les mammifères, l'ovaire foetal n'est pas indispensable à l'organogénése de type féminin, alors qu'en revanche, le testicule foetal est

essentiel pour barrer la route au développement féminin et imposer l'organogénése masculine.

La puissance masculinante du chromosome Y lui est principalement conférée par une région particulière du Y, le gène SRY (*Sex-determining Region Y*), découvert à Londres en 1990 par l'équipe du Pr Andrew H. Sinclair. Ce gène se retrouve à l'identique chez l'homme, le chimpanzé, le porc, le tigre et vraisemblablement chez les autres mammifères. Il a pour fonction de forcer la gonade, apparemment indifférenciée, à évoluer en testicules. C'est en effet sous l'action directe ou indirecte (on ne le sait pas encore très exactement) du gène SRY, que la gonade se met à développer deux types de cellules caractéristiques des testicules, d'une part les cellules de Leydig, qui sécrètent la testostérone impliquée dans le développement des testicules, de l'autre les cellules de Sertoli, qui produisent l'hormone baptisée AMH (voir texte de l'article dans cette même page).

Il peut arriver que des sujets héritent d'un seul chromosome sexuel X. Il sont alors atteints du syndrome de Turner, qui se caractérise par une petite taille, un phénotype féminin avec ovaires réduits. On connaît aussi le cas de sujets dont le chromosome Y ne

porte pas de gène SRY. On a alors affaire à des sujets génétiquement masculins mais d'aspect tellement féminin que l'anomalie est indétectable à l'œil nu. En revanche, si le gène SRY est seulement déficient, tous les cas de figure peuvent se présenter, selon que l'anomalie touche la sécrétion de testostérone ou d'AMH.

Aux deux extrêmes, on peut avoir des femmes avec des ovaires et un pénis ou des hommes avec des testicules et un vagin. Un autre cas de figure est celui où la déficience génétique se traduit par l'apparition, chez des hommes par ailleurs normalement constitués, d'un utérus, que l'on assimile bien souvent à une hernie. Chez ces sujets, la testostérone a bien joué son rôle dans le développement testiculaire, mais pas l'AMH, d'où l'apparition de cet utérus aberrant.

Dans le règne animal, les mammifères ne sont pas les seuls à présenter une hétérogamie mâle (XY) et une homogamie femelle (XX). Cette caractéristique se retrouve aussi chez les mouches et les scarabées. En revanche, chez les oiseaux, les poissons, les amphibiens, les papillons et certains reptiles, c'est le sexe femelle qui est hétérogamétique et le sexe mâle homogamétique. Pour les autres espèces on en est encore réduit aux hypothèses. **P.R.**

duction et du développement, au centre hospitalier de Bicêtre, près de Paris.

Une précision s'impose à cet égard. Il semble qu'on bâisse des raisonnements sur le postulat suivant : nous naîtrions tous hommes et nous ne deviendrions, dans certains cas, des femmes qu'à la faveur d'un "accident", la production d'hormones virilisantes. En effet, dans le cas où le fœtus est XY, donc masculin, à la 6^e semaine entre en action une hormone sécrétée exclusivement par la gonade masculine. Cette hormone est dite anti-müllerienne, ou AMH (selon la dénomination anglaise), ou encore MIS (*Müllerian Inhibiting Substance*). Son rôle est d'inhiber le développement des ébauches de l'oviducte ou de l'utérus, qu'on appelle canaux de Müller ; son action est en même temps complétée par la testostérone, qui enclenche la formation des canaux dits wolffiens (tubes séminifères et urètre), et sa dérivée, la dihydrotestostérone, qui enclenche la formation du scrotum (enveloppe des bourses et du pénis).

L'hormone AMH n'est, bien entendu, produite que si le tissu gonadique a commencé sa différenciation en testicules. La sécrétion d'hormone anti-müllerienne n'est nullement un accident. Elle ne pourrait pas avoir lieu dans un fœtus au génome XX.

Chez la femme, c'est après la 6^e semaine que les ovaires commencent à se former ; on a cru longtemps qu'ils ne sécrétaient pas d'hormones ; on a découvert qu'ils sécrètent au contraire une hormone cestrogène, l'oestradiol (⁵). On ne connaît pas le rôle de cet oestradiol foetal. Mais on sait que les hormones cestrogéniques circulent dans le sang et atteignent le cerveau. Et elles y agissent. «La castration d'une rate adulte al-

Le développement de l'embryon est, on le sait, rigoureusement programmé dans le temps. C'est à tel moment que va se développer tel tissu, tel organe. Il en va de même pour les organes sexuels. C'est vers la 4^e ou la 5^e semaine que se produira la première phase de différenciation de la gonade, le tissu dont se formeront soit les testicules, soit les ovaires ; or, cette phase est bien entendu génétiquement programmée (⁴). Ce n'est qu'en pathologie, à la suite d'aberrations chromosomiques, qu'un œuf XX ou XY présentera des traits du sexe opposé, sans d'ailleurs que ceux-ci soient totalement normaux, précise le Pr Maurice Auroux, directeur du laboratoire de la repro-

tère son comportement sexuel ; l'injection d'œstrogènes le rétablit. Le rôle des hormones dans la sexuation des comportements est d'ailleurs déterminant dans les deux sexes», rappelle le Pr Auroux. C'est ainsi que si l'on injecte à un rat des bloqueurs des androgènes, il perd sa capacité d'accouplement et adopte un comportement sexuel féminin. Si, en revanche, on injecte de la testostérone à une rate nouvelle-née, elle adopte un comportement "mâle" (agressivité). Une hypothèse actuelle est qu'une substance appelée alpha-fétoprotéine protège les cerveaux de rates contre la testostérone, que ces femelles produisent, quoique en faible quantité⁽⁶⁾.

La médiation cérébrale entre hormones et comportement s'effectue dans ces noyaux centraux du cerveau qu'on appelle l'hypothalamus. On n'en connaît pas les mécanismes, c'est-à-dire qu'on ignore ce qui se passe une fois que les récepteurs hypothalamiques ont capté les hormones. Mais on sait que les effets des hormones sont physiologiques autant que psychologiques, car une région déterminée de l'hypothalamus antérieur, un noyau dit interstitiel, est généralement plus petit chez les femmes – et, présume-t-on, chez les homosexuels mâles⁽⁷⁾ – que chez les hommes.

Ces données indiquent que la sexuation va s'accentuant, de la fécondation de l'ovule jusqu'à la maturation du fœtus. Et sans doute au-delà. Outre les caractères sexuels, elle affecte le plus profondément le développement du système nerveux central et, pour commencer, le cerveau.

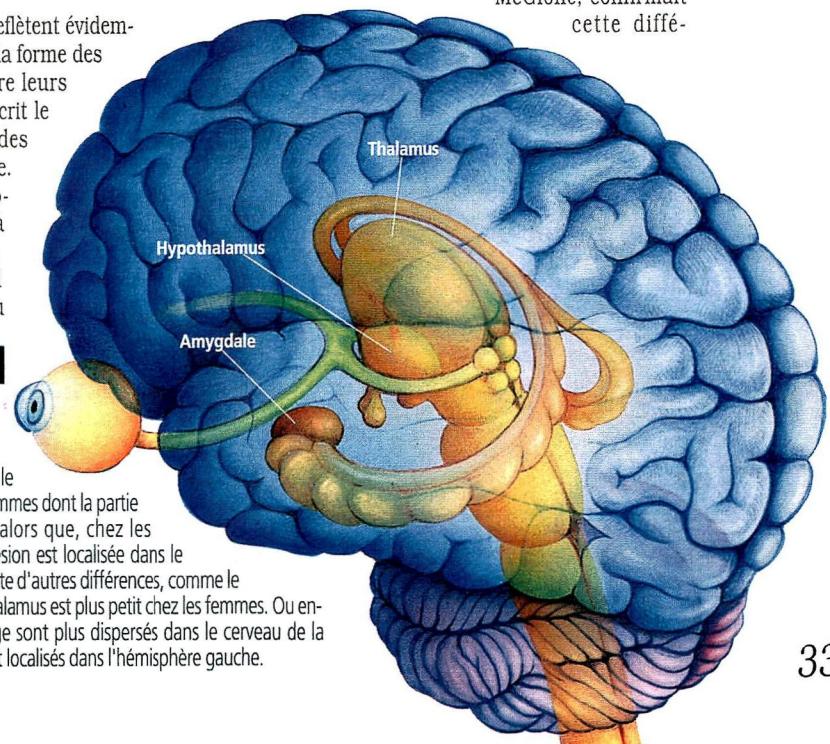
Les différences génétiques se reflètent évidemment dans l'anatomie, qui décrit la forme des êtres vivants et les rapports entre leurs organes, et la physiologie, qui décrit le fonctionnement des organes et des différents systèmes de l'organisme. D'ailleurs, les différences anatomiques à elles seules suffiraient à répondre à la question posée au début de ces lignes : de l'appareil génito-urinaire à la poitrine, du

système pileux à la différence marquée dans la gestion des masses musculaires et adipeuses, de la taille à la dimension du bassin, elles sont connues de tous.

Moins connues sont celles qui séparent le cerveau féminin du cerveau masculin ; on a à peine commencé à les explorer. L'une des premières différences qu'on trouva est qu'en moyenne, le cerveau d'un homme pèse 1 409 g et celui d'une femme, 1 263 g⁽⁸⁾. Il serait toutefois hasardeux d'en déduire que la femme serait pour cette raison moins intelligente que l'homme, les capacités mentales n'étant pas forcément en corrélation avec le poids du cerveau ; toujours est-il qu'il y a bien une différence. En 1975, on constatait ensuite qu'on trouvait, à l'autopsie, des cerveaux dans lesquels une région donnée de chaque hémisphère, qu'on appelle le *planum temporale*, est plus grand dans l'hémisphère droit que dans le gauche ; presque tous les cerveaux qui présentent cette particularité sont féminins⁽⁹⁾. On ignore ce que cette différence implique.

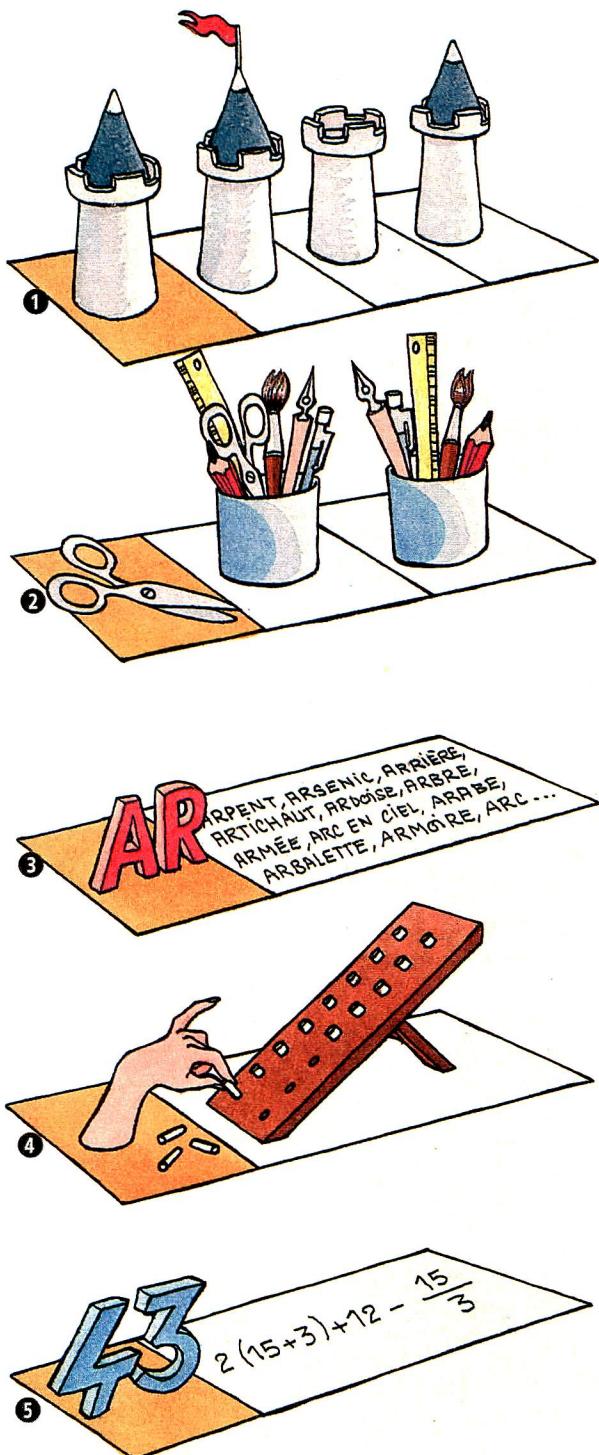
Dans les années soixante, le neurologue américain Herbert Lansdell avait déjà montré que l'ablation partielle d'une partie du lobe temporal a des conséquences différentes chez les hommes et chez les femmes ; chez les premiers, elle entraîne, à droite, un déficit de la représentation spatiale et, à gauche, un déficit des fonctions du langage. Chez les femmes, les troubles sont beaucoup moins forts.

En 1978, une neurologue américaine, Jeannette McGlone, confirmait cette diffé-



Le sexe du cerveau

Le cerveau féminin est différent du masculin pour la majorité des neurologues. C'est ainsi que les troubles du langage de type aphasic surviennent le plus souvent (65% des cas) chez les femmes dont la partie antérieure du cerveau a été lésée, alors que, chez les hommes, elles surviennent quand la lésion est localisée dans le cerveau postérieur (60% des cas). Il existe d'autres différences, comme le fait que le noyau interstitiel de l'hypothalamus est plus petit chez les femmes. Ou encore, le fait que les centres du langage sont plus dispersés dans le cerveau de la femme, alors que chez l'homme ils sont localisés dans l'hémisphère gauche.



LES FEMMES SONT MELLEURES

Dans les tests psychométriques, elles trouvent plus vite lorsqu'il faut repérer deux objets identiques ①, reconnaître des déplacements dans des ensembles d'objets ②. Elles réussissent mieux à énoncer des objets qui présentent un trait commun, par exemple des mots qui commencent par une lettre ou une syllabe ③. Elles ont une meilleure coordination motrice et une plus grande précision manuelle, par exemple pour planter des plots dans des trous ④. Enfin, elles obtiennent de meilleurs résultats dans les tests de calcul arithmétique ⑤.

trois fois plus d'hommes que de femmes (¹⁰).

Le fait a été vérifié plusieurs fois : les troubles du langage, et particulièrement la dyslexie, sont quatre fois plus fréquents environ chez les garçons que chez les filles. S'il y a une lésion dans un cerveau féminin, il y a meilleure récupération du langage que chez les hommes (¹¹).

Toujours du point de vue anatomique, on sait depuis les années cinquante que, chez l'homme, les centres du langage sont nettement situés à gauche, ceux de la représentation spatiale, à droite. On dit donc que le cerveau de l'homme est fortement latéralisé. Cela semble moins vrai chez la femme, où les fonctions sont mieux distribuées à droite et à gauche. Il y a trente ans environ qu'on admet que les différences entre le cerveau masculin et le féminin s'expliquent par l'influence de la testostérone, qui accentuerait le développement de certaines régions cérébrales (¹²).

C'est-à-dire que, baigné depuis la gestation dans un bain d'hormones différentes de celui des hommes, le cerveau féminin s'est, dès avant la naissance, bâti et organisé de façon différente.

Quand on sait l'importance de différences organiques apparemment minimes, on serait tenté, par boutade, de dire qu'il n'y a pas dans tout le corps féminin un seul organe, fût-ce l'estomac, ni un seul tissu qui ressemble tout à fait à son correspondant chez l'homme. Les différences de taille et de force musculaire y sont pour beaucoup. Un cœur de femme a un débit de 15 % inférieur à celui de l'homme, et les poumons d'une femme, un débit inférieur de 20 %. Les dépenses énergétiques d'une femme au repos sont de 37 calories par m^2 de surface contre 40 chez l'homme, ses besoins caloriques de 2 000 calories par jour contre 2 500 pour l'homme. Il existe aussi des différences plus fines : les taux de cholestérol de la femme, surtout en période d'activité génitale, sont inférieurs à ceux de l'homme. Certains facteurs de coagulation de son sang sont supérieurs, d'autres inférieurs. Ainsi, l'alcool-déshydrogénase, enzyme sérique essentiel à la dégradation de l'alcool, est deux fois moins rapide chez elle que chez l'homme, d'où la

rence entre hommes et femmes : étudiant 85 patients droitiers chez lesquels une attaque ou une tumeur avait endommagé l'un ou l'autre des hémisphères, elle trouvait que, chez les malades dont l'hémisphère gauche avait été atteint (ce qui entraîne des troubles du langage de type aphasie), il y avait

LES HOMMES SONT MEILLEURS

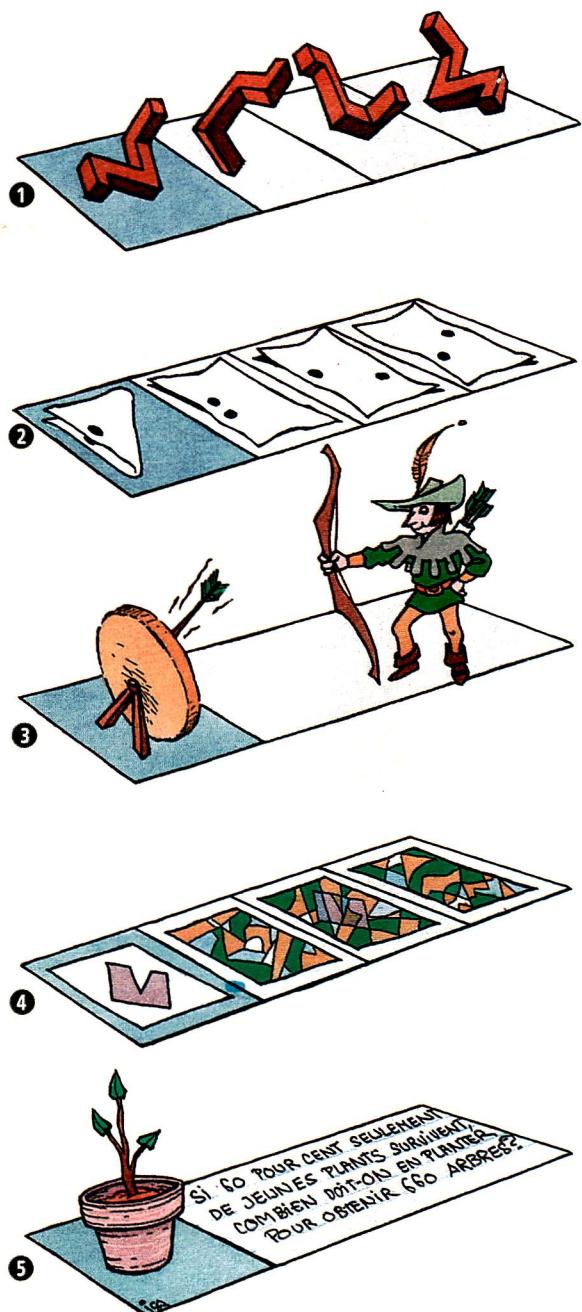
Ils font mieux lorsqu'il s'agit de représentation spatiale, par exemple tourner en esprit un objet tridimensionnel 1, ou savoir où seront les trous qu'on a fait dans une feuille de papier pliée quand elle sera dépliée 2. Ils sont plus précis que les femmes quand il faut atteindre une cible ou intercepter un projectile 3. Ils réussissent mieux à retrouver une forme simple dans des figures complexes 4. Enfin, ils sont généralement meilleurs dans des tests de raisonnement mathématique 5. (illustrations inspirées de *Scientific American*).

plus grande sensibilité de la femme à l'alcool (13).

Si les gènes qui commandent notre système immunitaire avaient été situés sur les chromosomes sexuels, il aurait été impossible de réaliser une transplantation d'organe d'un sexe à l'autre, ce qui n'est heureusement pas le cas. Mais le système immunitaire de la femme n'est pas strictement identique à celui de l'homme. Là encore, le rôle de la testostérone semble important. L'épidémiologie, d'ailleurs, abonde de signes que les hommes et les femmes ne sont pas égaux devant les maladies. Au total, la mortalité des femmes par cancer, par exemple, est inférieure d'un tiers à celle des hommes, ce qui ne peut être imputé aux seules différences de comportement (tabagisme, alcool...). Le cancer du sein et celui du pénis sont très rares chez l'homme, celui du sein et du système génital sont notoirement fréquents chez la femme. Et aujourd'hui, la mortalité par maladies cardiovasculaires baisse plus vite chez les femmes que chez les hommes dans les pays développés, sans qu'on sache pourquoi. La femme résiste mieux aux agressions microbien- nes.

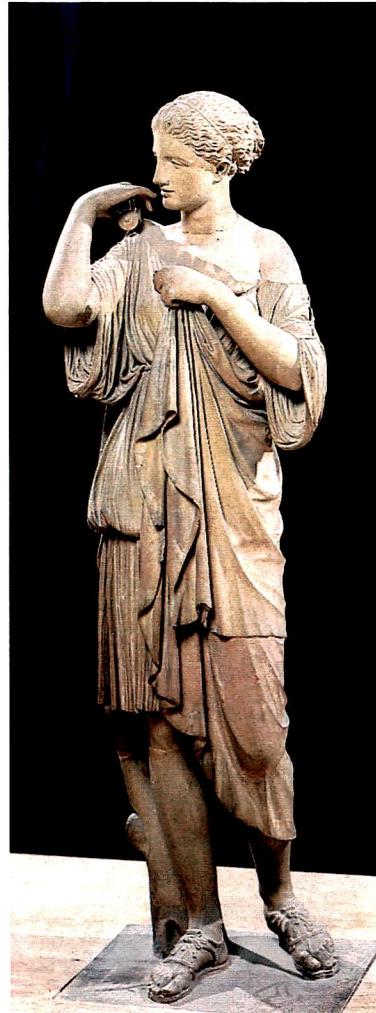
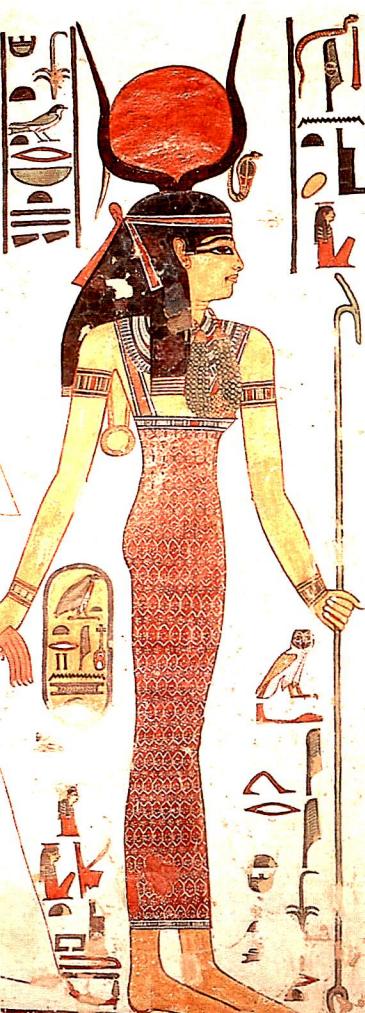
Enfin, l'espérance de vie des femmes à la naissance est de 8 ans environ supérieure à celle des hommes (14), différence qui ne peut non plus être imputée aux seuls modes de vie. On constate d'ailleurs que pour toute tranche de dix ans, il y a plus d'hommes que de femmes qui meurent.

Plusieurs différences fonctionnelles sont liées à la sexuation. La femme est caractérisée, depuis sa gestation jusqu'à sa ménopause, par des phénomènes qui lui sont strictement exclusifs. La sexuation débutée chez le fœtus se poursuit. À la puberté, l'hypothalamus se met à produire des substances particulières, dites libérines, qui vont déclencher la production de deux hormones, l'hormone lutéinisante, ou LH, et la follitrophine, ou FSH (pour *Follicle Stimulating Hormone*), qui se dirigent vers les ovaires et préparent la maturation sexuelle. La FSH stimule la croissance des follicules ovariens et lui fait produire des œstrogènes, qui vont déclencher à leur tour une cascade d'autres phénomènes, à commencer par l'épaississement de la muqueuse utérine. La LH, elle, va stimuler la produc-



tion de progestérone par le corps jaune des cellules folliculaires demeurées dans les ovaires.

Le dernier terme qui définit spécifiquement la femme est la ménopause, qui marque la fin des cycles sexuels et de l'ovulation et qui entraîne un soudain renversement de l'équilibre hormonal : les taux d'œs-



Femmes idéales d'hier...

L'image de la femme idéale est intéressante parce que révélatrice du point de vue sociologique. Presque toujours réalisée par des hommes, elle passe pour avoir beaucoup varié au cours des siècles. En réalité, si l'on fait abstraction de certaines périodes, comme la Renaissance tardive et le XIX^e siècle, où la beauté était assez grasse, cela semble moins sûr : la silhouette d'Isis, dans une fresque égyptienne antique, et celle de Diane, dans la statuaire hellénistique, sont presque pareilles à celles que nous nous cultivons de nos jours.

Les femmes s'effondrent, ceux de testostérone augmentent, ce qui entraîne des changements structuraux et fonctionnels considérables, de l'amincissement de la muqueuse utérine à des modifications de l'humeur. La femme ménopausée, en effet, se rapproche de la nature masculine ; libérée des servitudes cycliques, elle devient plus agressive, intellectuellement du moins. Le fait que l'on puisse aujourd'hui faire enfant une femme ménopausée ne modifie en rien le caractère inéluctable de cette évolution (voir encadré p. 30).

Or, contrairement à certaines assertions, la ménopause est un phénomène strictement féminin ; il n'en existe pas d'équivalent masculin et l'"andropause" est une fiction sans base scientifique : rien

chez l'homme ne s'arrête brutalement. Le seul effet de l'âge est une diminution progressive des fonctions générales. Le fonctionnement endocrinien suit la même courbe descendante, mais ne s'arrête jamais. La spermatogénèse, par exemple, se poursuit jusqu'au dernier jour, même si la qualité et la quantité des spermatozoïdes décroissent. Le reste est affaire d'état général et de psychisme.

On trouve également des différences notables du point de vue du comportement et des aptitudes mentales. Bien qu'il soit hasardeux d'extrapoler de l'animal à l'homme, on a ainsi constaté que, chez le rat, l'action de la dihydrotestostérone sur des noyaux cérébraux qu'on appelle l'amygdale déclenche le comportement jeux-combats chez le raton, comportement qui est absent chez la "ratonne". Et quand le cerveau d'une rate a été expérimentalement exposé à des androgènes pendant les premières semaines de sa gestation, elle restera à jamais incapable de sécréter cycliquement les facteurs qui déclenchent l'ovulation (15).

Les différences dans les performances intellectuelles de la femme et de l'homme ont été souvent étudiées. Elles ont été contestées parce qu'elles pourraient refléter, non des dispositions innées, mais les effets de l'apprentissage et de la culture. Les résultats des tests varient un peu d'une étude à l'autre, mais, synthétisés par une femme, Do-reen Kimura, psychologue à l'université du Western Ontario, ils montrent dans leur ensemble que les femmes présentent de plus grandes aptitudes pour le langage et le calcul arithmétique que les hommes, et de moindres aptitudes de raisonnement mathématique et de perception spatiale. Les filles apprennent à parler, à lire et à calculer plus vite que les garçons, mais se débrouillent moins bien, en moyenne, pour résoudre des problèmes logiques et identifier des repères spatiaux.

Certains travaux démontrent que ces différences semblent bien dépendre de facteurs hormonaux ; mais lesquels ? On serait tenté de conclure que c'est la

testostérone qui rendrait les garçons plus aptes aux fonctions logiques, maths et perception spatiale. Or, des études psychométriques réalisées selon trois critères, perception spatiale, raisonnement mathématique et vitesse de perception, ont indiqué que les femmes qui ont de faibles taux relatifs de testostérone réussissent mieux des tests de perception spatiale que les femmes qui en ont de plus forts taux (les femmes aussi sécrètent de la testostérone, quoique en quantités très inférieures à celle des hommes). En revanche, face aux tests de raisonnement mathématique, les femmes qui ont de faibles taux de testostérone n'ont pas de meilleurs résultats que celles qui en ont des taux élevés (¹⁶). Toutefois, il s'agit là de travaux sur des adultes, ce qui n'exclut pas l'éventualité d'une influence sociale.

Ces tests et d'autres indices conduisent à penser que ce sont les hormones féminines qui rendent les filles intelligentes, les hormones masculines qui rendent les garçons intelligents.

On le sait depuis les travaux de Dalton en 1968 et de Money en 1971. Quand il a fallu corriger des troubles endocrinien identifiés chez des fœtus (filles qui produisaient trop de testostérone et garçons qui n'en produisaient pas assez), on leur a administré, à la naissance, une supplémentation hormonale, œstrogènes pour les filles, testostérone pour les garçons. Parfois on leur en a trop donné. Et, surprise : ceux et celles qui en avaient en excès ont témoigné plus tard de quotients intellectuels supérieurs à la moyenne et ont obtenu des résultats universitaires plus brillants que la moyenne (¹⁷). A preuve, en ce qui touche à la vitesse de perception : les meilleurs ré-

sultats sont obtenus, chez les femmes, par celles qui ont de faibles taux de testostérone et, chez les hommes, au contraire, par ceux qui en ont des taux élevés. D'autres travaux de Money montrent que les garçons présentant une insuffisance en hormones mâles se caractérisent par une capacité verbale de type féminin, tandis que les filles présentant un excès d'hormones mâles révèlent une maîtrise de l'espace de type masculin.

Ce qui voudrait dire qu'une femme a plus de chances d'être brillante si elle est "femme-femme", si l'on peut ainsi dire, que si elle l'est moins.

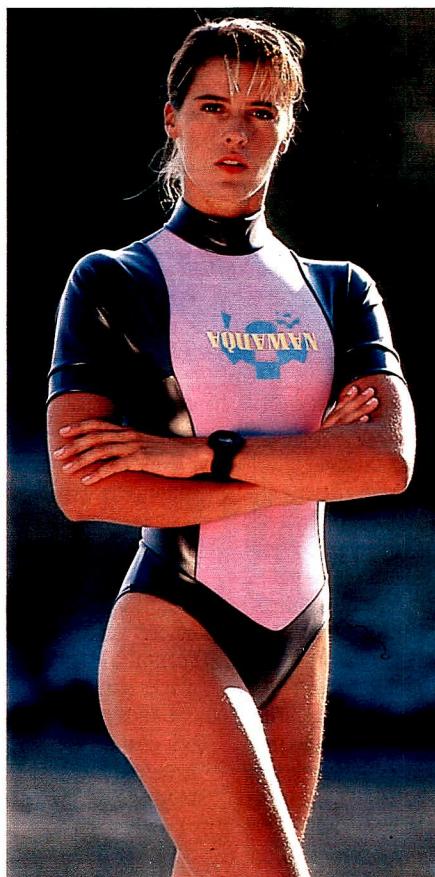
La pathologie infirme, par ailleurs, l'objection

selon laquelle les aptitudes seraient principalement l'effet de l'apprentissage et de la culture. On a, en effet, étudié un groupe de filles souffrant d'un excès d'hormones masculines, en raison d'un défaut congénital appelé hyperplasie surrenale congénitale. Quand on leur laisse le choix entre divers jouets, autos, matériaux de construction, poupées et cuisines miniature et jeux d'adresse, elles choisissent les autos, exactement comme les garçons. Elles réussissent les tests de perception spatiale mieux que les filles à faibles taux androgéniques et aussi bien que les garçons normaux (¹⁸). L'apprentissage n'y est donc pour rien.

Ce dernier résultat semblerait contredire ceux qu'on a vus plus haut, selon lesquels la testostérone n'aurait pas d'effet, ou bien aurait un effet négatif sur les performances intellectuelles féminines. En fait, tout se passe comme si les filles virilisées par l'hyperplasie surrenale avaient été changées en garçons du point de vue endocrinien ;

... et d'aujourd'hui

Le sport et une meilleure hygiène de vie ont considérablement modifié l'image de la femme depuis cinquante ans. L'activité physique et la diététique ont ainsi développé les masses musculaires, réduit les couches adipeuses qui alourdissaient sa silhouette à partir de la trentaine, et renforcé sa posture. A cet égard-là, la femme s'est rapprochée de l'homme, jusqu'à créer l'illusion de l'androgynie.



comme ce ne sont pas des filles "normales", la testostérone aurait sur elles les mêmes effets positifs que sur les garçons.

En éthologie, ou science du comportement, des taux élevés de testostérone, on le sait, augmentent les réactions de frustration et de menace face aux stimulations dites "aversives" (19). Cette différence fondamentale suscite à son tour des différences secondaires, parce que les réactions émotionnelles elles-mêmes modifient les récepteurs intervenant dans le contrôle du comportement (20). On pourrait ainsi dire que "plus on est femme (ou homme), plus on le devient".

On comprend donc sans peine que, vu ses différences hormonales, une femelle ne réagisse pas du tout comme un mâle quand certaines de ses régions cérébrales sont stimulées et qu'il s'y déclenche ce qu'on appelle une "activité d'exploration" – recherche de nourriture, de chaleur, de boisson ou de partenaire sexuel. Le système d'alerte masculin, mettant en jeu la testostérone et un appareil musculaire plus important, produit des comportements spécifiques en cas d'agression.

Le comportement protecteur et nourricier de la femelle à l'égard de son rejeton est universel dans le règne animal. Il est inné et neurologiquement conditionné. On l'a établi dès les années trente : il ne disparaît qu'après lésions importantes du cortex, la région "supérieure" de l'enveloppe du cerveau, probablement par suite de la destruction de centres récepteurs hormonaux ou sensoriels. On l'a vérifié chez le rat et le singe (21). Il est fondamentalement hormonal : des messagers chimiques mettent en jeu des structures nerveuses cérébrales qui déclenchent des comportements.

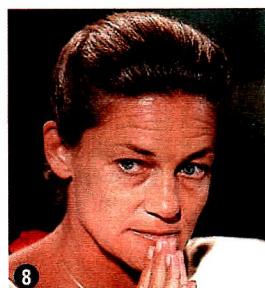
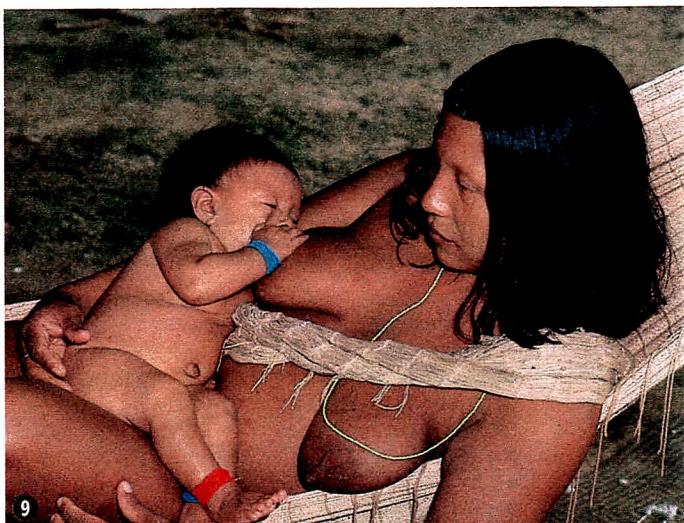
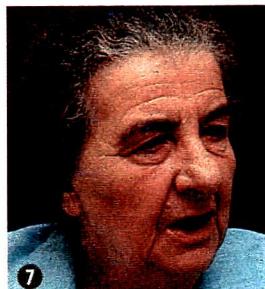


Disparités flagrantes et ressemblances inattendues

C'est ce qui caractérise le statut de la femme en cette fin du XX^e siècle. Alors qu'au Cambodge, par exemple ①, il demeure inchangé depuis des siècles, en Occident, il le dispute de près à celui des hommes, comme les démontrent dans leurs domaines respectifs l'influence idéologique de Simone de Beauvoir ② et celle, politique, de Margaret Thatcher ③. Au Pakistan, la prédominance de la religion islamique, qui confère théoriquement à la femme une place secondaire et exige que celle-ci aille voilée ④, n'a pas empêché une Benazir Bhutto ⑤ de revendiquer efficacement l'héritage politique de son père. Une paysanne guatémaltèque telle que Rigoberta Menchu ⑥, prix Nobel de la paix 1992, s'est vu conférer un pouvoir moral et politique de premier plan, comparable à celui de Golda Meir ⑦, qui fut premier ministre d'Israël. Mais ces affirmations du génie féminin paraissent insuffisantes à des polémistes telles qu'Elizabeth Badinter ⑧, qui, après avoir dit que l'instinct maternel est artificiel, avance que l'homme traditionnel ne serait qu'une fiction. L'étude anthropologique des Yanomamis du Brésil ⑨, par exemple, infirme cependant de tels postulats.

L'aspect biologique du rapport mère-enfant est mal connu, en raison des difficultés d'expérimentation. On ignore par exemple si ce rapport, et notamment le déclenchement du comportement de maternage, s'exerce par des messagers chimiques. Chez les animaux, il semble s'exercer par le relais de phéromones, molécules volatiles qui transmettent des messages par l'odorat ; on n'a cependant pas identifié de phéromones chez les humains.

Le sens de la conservation de l'espèce est universel, des insectes aux mammifères supérieurs ; il se manifeste notamment par des comportements stéréotypés de protection des jeunes ; il est parfois



même interspécifique, des femelles d'une espèce allaitant et adoptant des rejetons d'une espèce voisine. On voit même des rejetons adopter comme image de géniteur des individus très éloignés de leur espèce, comme en témoigne le cas des canetons de Konrad Lorenz.

Voilà donc ce que la biologie, mais aussi la médecine, la psychologie et l'éthologie nous apprennent sur l'identité féminine. Un portrait-robot, forcément caricatural, donnerait à peu près ceci : un être possédant éminemment le sens du langage mais mal à l'aise dans la conquête de l'espace ; bien armé contre la maladie, mais gouverné pendant les deux tiers de sa vie, jusqu'à la ménopause, par des cycles hormonaux, eux-mêmes axés sur l'entretien du système reproducteur. Donc un être sujet à des variations régulières de ses équilibres internes. Un être moins porté à l'agres-

sivité qu'à la persuasion ; plus émotif, mais finalement plus contrôlé. Et, dans la majeure partie des cas, promis au veuvage...

II. ...Et ce que dit l'anthropologie

Le discours biologique est souvent taxé d'invalidité parce qu'il serait asservi au "rationalisme scientifique" et qu'il serait donc "réductionniste". La thèse du féminisme est que la femme serait essentiellement définie par l'apprentissage social et la culture, domaines d'étude de l'anthropologie. C'est donc à celle-ci qu'il faudrait recourir pour aborder le dossier XX.

L'influence des cultures est indéniable, car comment expliquer qu'une femme de cette fin du XX^e siècle (siècle au sigle décidément prédestiné...) soit si différente de ce qu'elle fut il y a à peine deux

siècles et, à plus forte raison, de ce qu'elle fut il y en a dix ou vingt ? «Une jeune fille d'aujourd'hui, c'est-à-dire à peu près un jeune homme d'hier», écrivait Paul Morand dans les années trente.

L'anthropologie classique étudie ce qu'elle appelle les "sociétés primitives" (celles ne connaissant pas l'écriture), par exemple celles de l'Océanie ou de l'Afrique, qu'elle différencie des sociétés de l'Antiquité, méditerranéenne ou asiatique. Elle a tendu à croire que ces sociétés primitives sont fermées, à la différence des sociétés "antiques", qui étaient ouvertes à l'évolution, et que le sort de la femme aurait été plus enviable dans les sociétés antiques, comme la grecque. Or, dans plusieurs des sociétés sans écriture, en Océanie au début de ce siècle, ou encore chez les Indiens d'Amérique du Nord au XVI^e siècle, le rang social de la femme fut souvent plus enviable que dans les sociétés européennes aux mêmes époques. L'écriture n'a guère changé le statut de la femme.

De fait, dans le monde entier, jusqu'à l'avènement de la civilisation industrielle, le destin de la femme au cours des quelque vingt siècles passés a été marqué par un ensemble de facteurs communs

souvent enchevêtrés :

- Une longévité réduite : 45 ans au début du XVIII^e siècle, peut-être moins dans les siècles précédents. L'âge du ménarche (première menstruation) était nettement plus tardif qu'à notre époque, et les grossesses se succédaient de façon rapprochée, aussi bien du fait de la quasi-inexistance de la contraception que de la forte mortalité infantile. La femme était prématûrement épuisée par ses grossesses.

- Une hygiène déficiente. Cela se traduisait par des maux et des accidents divers, selon les civilisations et les époques, de l'embolpoint excessif, souvent interprété comme signe de "richesse" et de vitalité (une femme grasse passait pour avoir des "réserves" et être plus apte à avoir de nombreux enfants), aux infections génito-urinaires et à la tuberculeuse, qui non seulement abrégiaient ses jours, mais encore réduisaient sa vie fertile. Or, une fertilité abrégée équivalait à une perte de valeur sociale.

- La polygamie. Une vie fertile déjà brève, et encore écourtée par le grand nombre de décès consécutifs aux fièvres puerpérales, ainsi que de fréquence des fausses couches faisaient que, dans de nombreuses civilisations, il était coutumier et licite pour un homme d'avoir plusieurs femmes à la fois, afin d'exploiter au maximum le stock génétique disponible et d'assurer sa descendance.

- Un statut inférieur, de reproductrice avant tout. Parfois, comme chez les Indiens lacandons du Mexique, la femme servait de monnaie d'échange, au même titre que les têtes de bétail. Un peu partout, le premier devoir de la femme était d'assurer à son époux-propriétaire le plus grand nombre d'enfants possible, malgré de préférence (au besoin par infanticide, comme c'est encore le cas ici ou là). Cette conception fut sanctionnée par la religion dans de nombreuses sociétés antiques, même celles qui avaient érigé la fertilité en principe divin et la Grande Déesse en déesse suprême,

HOMÈRE ÉTAIT-ELLE... ?

L'auteur de l'*Odyssée* n'était sans doute pas le même que celui de l'*Iliaade*, et ce n'était pas Homère, mais une femme. Cette thèse surprenante est pourtant fondée sur une analyse thématique et linguistique qui a été défendue depuis le XVII^e siècle et qui vient d'expliquer un ouvrage récent, l'*Odyssée d'Homera*, de M. Louis Paret.

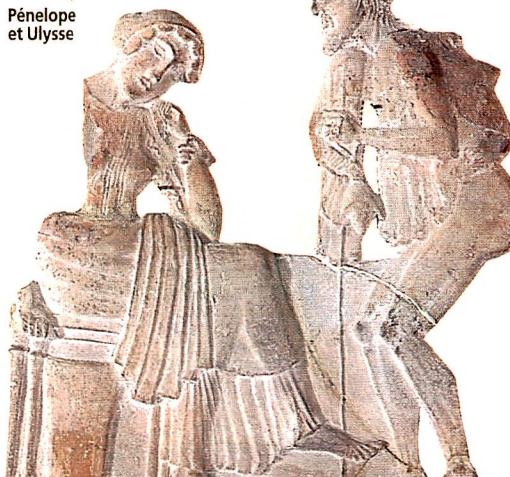
En bref, l'*Odyssée* se différencie nettement de l'*Iliaade* par un certain nombre de points qui refléteraient, en effet, un point de vue féminin :

- La seule divinité qui intervient constamment est Athéna, protectrice de la Cité et de la famille.
- Les femmes, telles Hélène et Clytemnestre, sont innocentes des agissements des hommes, qu'elles ont pourtant déclenchés.
- Le poème exalte la fidélité conjugale et les vertus fami-

liales et domestiques.

- A la différence de l'*Iliaade*, les détails militaires, armures et batailles, sont incohérents et parfois absurdes, révélant par exemple la méconnaissance du poids d'un bouclier.
- L'auteur ne semble pas bien connaître non plus la géographie de la Grèce.
- La langue de l'*Odyssée* serait différente de celle de l'*Iliaade*.
- Enfin, l'abondance de réfé-

Pénélope et Ulysse



rences aux mythologies orientales laisserait penser que l'auteur aurait été, non seulement une femme, mais encore une Orientale.

Si la thèse est formellement admise un jour, elle aura le mérite de montrer qu'un des plus grands poètes de tous les temps fut une femme...

maîtresse du panthéon.

- Un surmenage physique. L'épouse étant, dans de nombreuses civilisations, assimilée à une esclave, son travail n'était pas rémunéré. Elle devait participer aux durs travaux des champs en plus d'assumer les travaux ménagers et élever les enfants. Cette situation se perpétue d'ailleurs dans de nombreux pays du Tiers-monde. Ce surmenage entraînant une altération rapide de l'état général, il réduit d'autant plus la fertilité et encourage la polygamie.

Il y eut bien des sociétés matriarcales (par exemple, les Nammètes décrites par le géographe grec Strabon, au

I^e siècle de notre ère), où le pouvoir était assumé par des femmes, mais la rançon physiologique de la condition féminine restait la même. Le passage des sociétés matriarcales aux sociétés patriarcales n'allait pas modifier considérablement un statut qui s'expliquait autant par des données biologiques perçues dans leur brutalité fondamentale que par les structures économiques de ces sociétés, où la main-d'œuvre et le nombre de guerriers constituaient un capital démographique essentiel.

La rupture avec cette conception archaïque se produit en Europe. Elle s'est incarnée dans l'idéologie de la Révolution française, qui reconnut l'égalité des sexes (mais non encore le droit de vote). Dans les faits, elle ne s'est véritablement opérée, et seulement dans les sociétés développées d'Occident, qu'avec l'avènement de la contraception orale dans les années cinquante, facilitée par l'implantation (très difficile) du planning familial dans les deux décennies précédentes. Jusqu'alors, on décernait des prix, en France, aux familles les plus nombreuses (jusqu'à 18 enfants !), considérées comme les plus "mérifiantes".

La femme a alors échappé aux contraintes de maternités successives, trop rapprochées et épouvantes, contraintes devenues d'autant plus insupportables que les progrès de l'hygiène avaient considérablement réduit la mortalité infantile et que l'urbanisation avait réduit la surface des logements et accru les loyers.



La fin des différences ?

La mixité scolaire et universitaire, ainsi que l'identité des activités intellectuelles et physiques ont beaucoup contribué à rapprocher les images des jeunes gens et des jeunes filles au cours des dernières décennies. La mode unisex n'est qu'un symptôme de ce rapprochement. Mais il reste à établir qu'au-delà de cette période de protection sociale prolongée que sont les études universitaires, les identités féminine et masculine se sont réellement fondues en une seule, comme le souhaitent certaines féministes, et si l'atténuation des inégalités a bien effacé les différences.

Disposant de plus de loisirs – virtuels – elle a pu prêter davantage de soins à sa santé et à son corps. Secouée par la croissance de l'alimentation industrielle, les avancées de la diététique et l'extension de l'hygiène générale, elle a donc progressivement façonné son corps selon une image juvénile, diffusée par la télévision et la publicité. Elle a, en particulier, veillé à contrôler les couches adipeuses de son organisme qui, deux siècles auparavant, étaient considérées comme l'apanage de la féminité triomphante ; le sport aidant, elle a pu, dans de nombreux cas, se rapprocher de l'image de l'androgynie. C'est ainsi que, vers la fin des années soixante, la mode unisex est née et que des filles ont pu porter des vêtements de garçon.

Délivrée, pour la première fois dans l'histoire, du poids majeur de son rôle de reproductrice, la femme a alors, par le biais des mouvements féministes, revendiqué une place dans la société égale à celle de l'homme, dans la vie politique et économique. Elle la revendique encore. On a ainsi vu apparaître, d'abord aux Etats-Unis, la notion de "sexe social" (social gender), qui ne correspondrait pas forcément à celle du sexe biologique. Détail révélateur, aux Etats-Unis encore, qui sont souvent le laboratoire expérimental de l'Eu-

Le cerveau féminin, dès avant la naissance, est bâti et organisé différemment

rope, l'abréviation *Miss* ou *Mrs*, pour *Mademoiselle* ou *Madame*, a disparu; réprouvée par l'opinion féminine et censée réfléter un insupportable parti pris "sexiste", elle est remplacée par *Ms*, que la destinataire soit une jeune fille ou une matrone. Nous n'avons toujours pas trouvé, en France, de remède linguistique à l'embarras que causent des expressions telles que "Madame le ministre" ou "Madame l'ambassadeur" (l'ambassadrice étant, par définition, l'épouse de l'ambassadeur et non la titulaire du poste).

Se fondant toujours sur des bases anthropologiques, un vaste mouvement tend actuellement à annuler l'identité féminine. On a pu lire, tout récemment, dans les colonnes de notre confrère *la Recherche*, que la conception dualiste des sexes procède de «l'héritage judéo-chrétien et du rationalisme scientifique»⁽²⁾. Postulat qui ne semble pas confirmé par l'anthropologie : les travaux d'un Malinowski dans le Pacifique, ceux d'un Griaule en Afrique, d'un Lévi-Strauss en Amérique du Sud, d'un Soustelle au Mexique, des nombreux anthropologues américains qui ont étudié les Indiens d'Amérique du Nord indiquent tous que le dualisme sexuel est une notion universellement enracinée. A propos des Tabalu d'Omarakana, Malinowski écrit : «La femme étant éliminée de l'exercice du pouvoir et de la propriété foncière, et étant privée de beaucoup d'autres priviléges, il s'ensuit qu'elle ne peut prendre part aux réunions de la tribu, ni faire entendre sa voix dans les délibérations publiques...»⁽²³⁾.

L'anthropologie n'apporte donc pas d'eau au moulin des partisans d'une nouvelle définition de l'identité féminine ; elle tendrait plutôt à confirmer que la notion de cette identité n'a pas varié depuis des siècles, sinon des millénaires. Par ailleurs, un certain nombre d'assertions plus ou moins vérifiées tend à fausser un débat où le sentiment personnel est beaucoup plus fort que l'information vérifiée. C'est ainsi qu'on a avancé que les travaux de l'anthropologue américaine Margaret Mead démontraient que la division du travail dans les sociétés pré-industrielles de l'Océanie

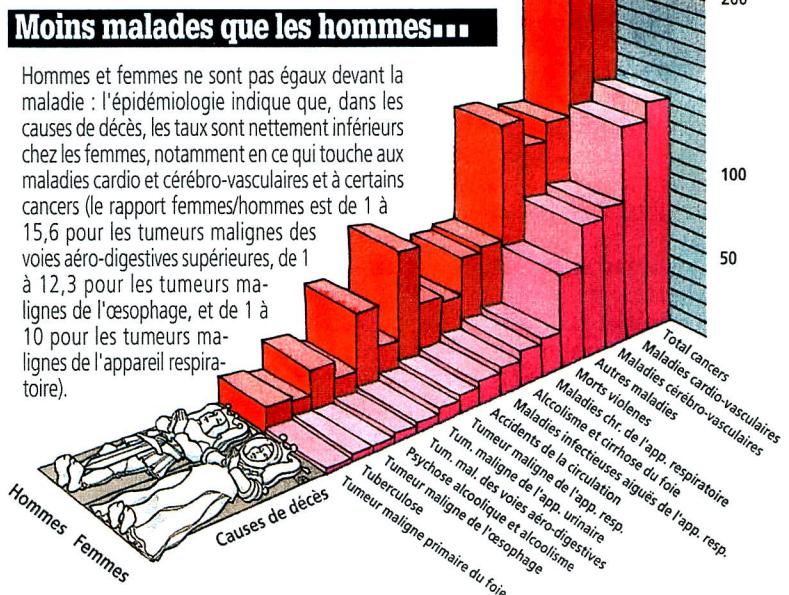
dérive plus de conceptions culturelles – l'"apprentissage" dénoncé par les féministes ; en d'autres termes, que le rôle traditionnel de la femme comme gardienne du foyer et éleveuse d'enfants serait surtout imposé par la domination masculine. Mais on a "oublié" que les assertions de Mead ont été dénoncées par une anthropologue des Samoa mêmes (l'archipel où Mead avait travaillé), qui a publiquement – et énergiquement – démontré que Mead avait faussé, selon ses préférences personnelles, la réalité sociale des Samoa.

On a également vu apparaître, toujours aux Etats-Unis, des concepts à prétention scientifique, tels que la "psychologie différentielle", dont l'un des postulats est que l'idéal subconscient des deux sexes est l'androgynie. Défendue par la féministe Sandra Bem, la psychologie différentielle semble s'orienter par rapport à la donnée centrale de l'homosexualité, masculine ou féminine, ce qui est une position comme une autre. Toutefois, même dans une période de relative tolérance sexuelle comme celle que nous vivons depuis quelque trois décennies, les taux d'homosexuels dans les pays occidentaux n'ont pas varié de ce qu'ils semblaient avoir été auparavant : de 5 à 7 %. L'homosexualité ne paraît pas avoir rallié plus de clientèle, du rapport Kinsey au rapport Masters, séparés pourtant de trente-trois ans, soit l'espace d'une génération.

Indépendamment des outrances fâcheuses de cer-

Moins malades que les hommes...

Hommes et femmes ne sont pas égaux devant la maladie : l'épidémiologie indique que, dans les causes de décès, les taux sont nettement inférieurs chez les femmes, notamment en ce qui touche aux maladies cardio et cérébro-vasculaires et à certains cancers (le rapport femmes/hommes est de 1 à 15,6 pour les tumeurs malignes des voies aéro-digestives supérieures, de 1 à 12,3 pour les tumeurs malignes de l'œsophage, et de 1 à 10 pour les tumeurs malignes de l'appareil respiratoire).



taines théoriciennes, telles que la pré-diction d'un "transsexualisme sain", il demeure certain que les cultures et surtout les religions pèsent sur le statut social de la femme. Dans tous les pays où l'islam est religion d'Etat, par exemple, le statut de la femme n'a pas varié depuis des siècles. En Arabie saoudite, il est interdit à une femme de conduire une auto. Même dans les pays d'Occident les plus évolués, le christianisme entretient une notion de la femme héritée de Saint-Augustin (selon qui la femme est un être inférieur et doit "naturellement" servir l'homme). On l'a encore vérifié dans les semaines récentes à l'occasion du débat sur le droit des femmes à la présidence, enfin concédé par l'Eglise anglicane, ce qui a motivé la réprobation du Vatican.

Il est par ailleurs exact que certaines idées sur les aptitudes féminines qui semblaient fondées ont dû être révisées. C'est ainsi qu'en France, le nombre de filles dans les filières mathématiques (section C), qui était de 25 % dans les années cinquante, a crû régulièrement jusqu'à atteindre 40 % à la fin des années soixante-dix (il est, depuis, retombé à 35 %, pour des raisons inexpliquées). Et il est bien d'autres domaines où l'on a vérifié que la femme ne semble pas présenter moins de capacités que l'homme.

On peut se demander si le prédicat de l'androgynie universelle est bien celui qu'appelle la majorité des femmes. On peut se demander si les femmes veulent être traitées comme les hommes se traitent entre eux. Et si le désir d'enfant n'est pas le fondement du rapport des sexes, bien au-delà de la sexualité, au sens désormais exorcisé de ce mot. En d'autres termes : est-il bien certain que les femmes veuillent renoncer à leur biologie ? N'y a-t-il pas, chez les femmes autant que chez les hommes, confusion entre deux termes traitreusement voisins : différence et inégalité ?

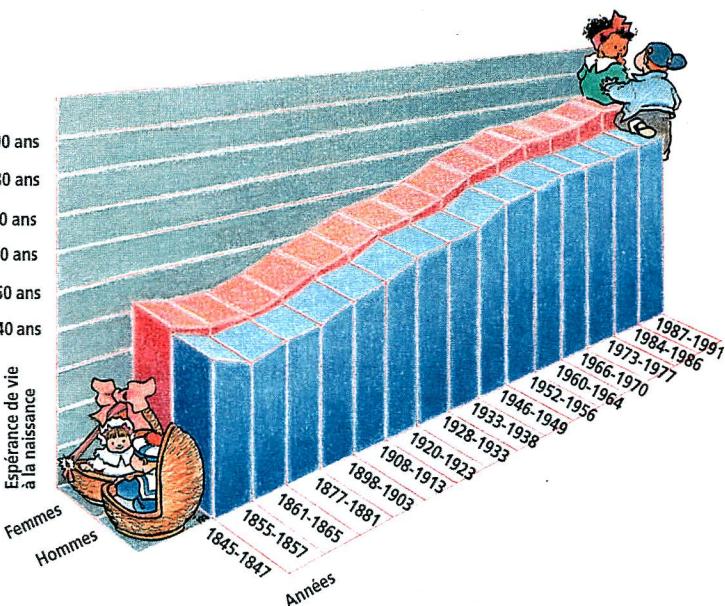
Gerald Messadié

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Editions Odile Jacob, 1992.
- (2) et (3) Jacqueline Barra, "Les subtiles différences de l'empreinte génomique", *Science & Vie Hors-Série*, juin 1990.
- (4) Cette première différenciation, qui fait l'objet de recherches, est commandée par un gène ou un ensemble de gènes baptisé TDF (pour *Testis Determining Factor*). Drs Bernard Vigier et Jean-Yves Picard, "L'AMH, hormone-clé de la différenciation sexuelle ?" *Science & Vie Hors-Série*, juin 1990.

... elles vivent, en moyenne, 8 ans de plus

L'espérance de vie à la naissance favorise les femmes : de 1845 à nos jours, l'écart ne s'est jamais démenti, et en dépit des progrès de la médecine, il a doublé. Une femme vit de nos jours 8 ans de plus qu'un homme, c'est-à-dire que le veuvage est inscrit dans son destin. Et c'est peut-être là que doivent s'arrêter les théories sur l'identité des sexes et des destins.



(5) Mauléon, Bézard et Terqui, en France, George et Wilson aux Etats-Unis.

(6) Doreen Kimura, "Sex differences in the Brain", *Scientific American*, septembre 1992.

(7) Il existe toutefois des homosexuels dits "virils", qui contrarient le schéma proposé.

(8) "Brain", *Encyclopædia Britannica*.

(9) et (10) Wada et al., cité par Bloom, Lazerson et Hofstader, in *Brain, Mind and Behavior*, Annenberg/CPB Project, 1985.

(11) C.Perret, *les Fonctions nerveuses*, Doin, 1991.

(12) Normand Geschwind et Walter Levitsky, "Human Brain : Left-Right Asymmetries in Temporal Speech Region", *Science* n° 161, 1968.

(13) Pr Maurice Auroux, "Ménopause et androcurse", *Science & Vie Hors-Série*, juin 1990.

(14) Dr Thérèse Lecomte et Pr Henri Péquignot, "Sexe et maladie", *Science & Vie Hors-Série*, juin 1990.

(15) Geoffrey Raisman et Pauline Field, "Sexual Dimorphism in the Preoptic area of the Rat", *Science*, 20 août 1973.

(16) *Brain, Mind and Behavior*, cit.

(17) Katherine Dalton, "Antenatal Progesterone and Intelligence", *British Journal of Psychiatry* n° 114, 1968 – J.Money et A.A.Erhardt, *Man and Woman, Boy and Girl*, Johns Hopkins Press, Baltimore, 1972.

(18) Sheri A.Berenbaum, université de Chicago, et Melissa Hines, université de Californie à Los Angeles

(19) et (20) Perret, cit

(21) B.M.Slotnick, "Disturbances of Maternal Behavior in the Rat Following Lesions of the Cingulate Cortex", *Behavior*, 1967, 29.

(22) Bernard Saladin d'Anglure, "Le troisième sexe", *la Recherche*, juillet-août 1992.

(23) "Le statut de la femme dans les sociétés indigènes", in *la Vie sexuelle des sauvages*, Payot, 1930.

MARIE-FRANÇOISE LANTIERI

MYC, LE GÈNE DE LA VIE ET DE LA MORT

Un gène détiendrait le pouvoir de vie et de mort sur la cellule. Lorsqu'il s'anime, la cellule se divise pour se multiplier : c'est la vie.

Mais qu'il vienne à s'emballer, et la prolifération échappe à tout contrôle : c'est le cancer. Une équipe de chercheurs anglais vient de démontrer qu'il peut aussi commander le suicide de la cellule.

Si l'homme est capable de despotisme, son organisme n'est pas en reste. Pour la première fois dans l'histoire de la biologie, une petite protéine se révèle investie d'un pouvoir quasi totalitaire. Telle est du moins la conclusion à laquelle aboutirent les travaux de Gerard I. Evan, de l'Imperial Cancer Research Found Laboratories à Londres : un gène, et un seul, serait à l'origine des grands choix cellulaires. Il se nomme Myc. Aucune fonction essentielle n'échapperait à son contrôle, pas même le suicide cellulaire.

Car chaque cellule détient la capacité de s'"immoler". Un phénomène surprenant, certes, mais très utile ! Ainsi, dès qu'une cellule menace l'organisme, par exemple si elle devient cancéreuse, celui-ci réagit en la poussant au suicide. Nombre de cancers ne verront jamais le jour grâce à ce judicieux dispositif de sécurité. Que Myc détiende ce pouvoir de mort surprend d'autant plus que cette protéine s'est, jusqu'à présent, plutôt distinguée dans un rôle opposé, notamment en promouvant le renouvellement cellulaire.

Découvert en 1980, ce gène ne cesse d'intriguer les scientifiques. Son histoire, fort peu protocolaire, est riche en rebondissements de toute sorte. Il fut initialement identifié au cours de travaux sur les tumeurs de la moelle osseuse du poulet. On s'aperçut très vite que nombre de cancers humains présentaient eux aussi une anomalie dans ce gène, qui fut alors classé dans la famille des oncogènes (en grec, tumeur se dit *onkos*). L'intérêt

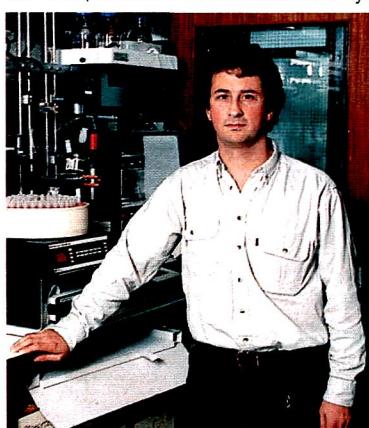
des scientifiques atteignit son comble quelques années plus tard, lorsque fut prouvé le rôle de Myc dans l'apparition de certaines leucémies (1). Ils en vinrent tout naturellement à rechercher le mécanisme d'action de Myc, ainsi que ses cibles privilégiées. En vain. Myc semblait insaisissable. Impossible de "coller" une fonction connue à sa protéine.

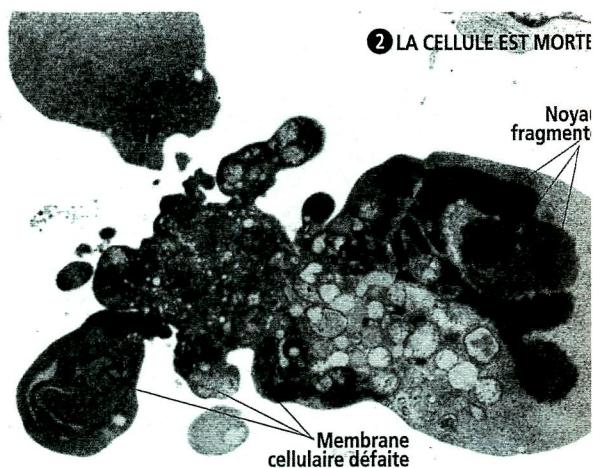
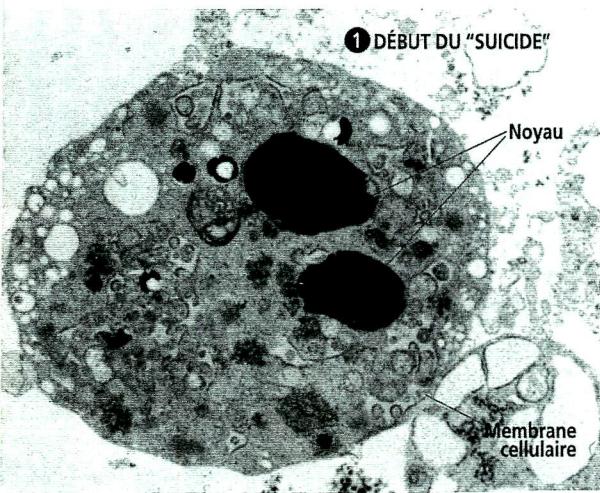
On finit cependant par obtenir quelques bribes d'information. Ainsi, la protéine dont il commande la fabrication est indispensable à la division cellulaire normale : son apparition provoque immanquablement la réplication. Cette protéine intervient aussi dans la maturation des cellules, mais cette fois en l'inhibant. Au départ, chez l'embryon, toutes les cellules sont identiques, puis, au cours de l'embryogénèse, elles deviennent matures, se différencient en cellules spécifiques de chacun de nos tissus, par exemple en cellule de foie ou de rein. Que Myc pointe le bout de son nez au moment où a lieu cette maturation, et tout s'arrête. Et puis l'on vérifia que, si la protéine Myc vient à foisonner,

la cellule s'engage dans une multiplication frénétique et incontrôlée : c'est la tumeur ! **Division, différenciation, cancer**, autant de phénomènes autour desquels gravitait l'idée de Myc en ces années quatre-vingts. Mais de suicide, point. C'est pourquoi les travaux de G.I. Evan éclairent d'un jour totalement nouveau le rôle de ce gène.

Les expériences de l'équipe

Le Pr Evan, découvreur du nouveau rôle de Myc.





anglaise ont été effectuées sur des cellules cultivées en laboratoire. Dans un organisme vivant, les cellules sont régulièrement approvisionnées en eau, sucre, oxygène, facteurs de croissance, etc. Mises hors de leur contexte, dans les boîtes de Petri,

elles n'en ont pas moins les mêmes besoins, qu'il faut combler par l'apport régulier de nutriments. Habituellement, lorsqu'on prive des cellules de leurs éléments nutritifs vitaux, la réaction ne se fait pas attendre : on observe qu'elles stoppent toute activité et se réfugient dans un immobilisme métabolique que seul le retour de conditions plus clémentes parvient à rompre. Evan a choisi, lui, de mener l'expérience sur des cellules très particulières : des cellules dans lesquelles Myc a été volontairement dérégulé, par une opération génétique qui consiste à lui adjoindre un activateur. Soumises à une diète sévère, ces cellules se comportent très différemment : au lieu de la paralysie attendue, elles gonflent, leur noyau se morcelle et elles finissent, au bout de trente minutes à peine, par éclater avec explosion de leur membrane externe. Que s'est-il passé ? L'activateur a fortement stimulé le fonctionnement du gène Myc, et les cellules ont fabriqué de la protéine en quantités telles que leur membrane a éclaté.

(1) Dans ces cancers particuliers du sang (lymphomes de Burkitt), deux chromosomes sont anormaux. On dirait qu'ils se sont cassés mais qu'on s'est trompé en recollant les morceaux. Résultat : chaque chromosome porte un bout qui ne lui appartient normalement pas. Or, l'étude minutieuse de ces anomalies a révélé que la rupture du chromosome avait modifié le fonctionnement d'un gène, qui n'était autre que Myc. Ainsi, il y avait cancer parce que ce gène était anormalement activé !

Myc, le gène "suicidé"

Sous l'effet d'une mutation, une cellule peut se mettre à se multiplier de manière anarchique, mettant l'organisme en danger de cancer. Mais, très vite, les nutriments disponibles ne suffisent plus, et cela est interprété par les cellules en division comme un signal de détresse qui les conduit à s'autodétruire. Dans chaque cellule 1 (photo prise au microscope électronique à balayage), le noyau se fragmente alors de plus en plus et perd son matériel génétique; la membrane cellulaire se défaît progressivement et le cytoplasme finit par s'éparpiller dans le milieu intercellulaire 2. Cette mort auto-induite, appelée apoptose, empêche les cellules anormales de se propager. Le phénomène est connu depuis longtemps. Le Pr Evan vient de découvrir qu'il est commandé par le gène Myc.

Cela dit, est-ce vraiment l'activation de Myc qui, en l'absence de nutriment, a constitué le facteur déclenchant le suicide cellulaire ? Il fallait en avoir le cœur net. L'équipe anglaise a renouvelé l'expérience en utilisant, cette fois, des cellules encore plus sophistiquées, chez lesquelles ils pouvaient commander à volonté la mise en activité ou l'arrêt de Myc. Comment peut-on réussir un tel tour de passe-passe ? Tout simplement en utilisant un activateur "modulable". En présence d'une certaine hormone, le β cestradiol, l'activateur se met en route : le gène est donc "lit" par la machinerie cellulaire, qui fabrique alors la protéine correspondant au gène. En l'absence de cette hormone, l'activateur s'éteint, et le gène est devenu muet : pas de fabrication de protéine. L'expérience a été répétée un grand nombre de fois, avec toujours le même résultat. Un peu d'hormone suffit pour mener les cellules d'I.G. Evan à la mort.

Le doute n'est plus permis : Myc est facteur de mort pour la cellule. Ainsi, lors de stress divers, l'organisme se réservait le droit, par Myc interposé, de déclencher sa propre mort, de programmer son suicide. Car, assurément, il ne s'agit pas là d'improvisation, mais de la mise en route d'une mort dont la survenue est programmée très précisément dans nos gènes. Ce

À LA RECHERCHE DE MAX

L'utilisation de plusieurs techniques de pointe a permis à une équipe de chercheurs du Fred Hutchinson Cancer Research Center de Seattle, dirigée par R. Eisenman, de mettre en évidence les modèles d'action de la protéine fabriquée par le gène Myc.

La protéine de Myc ① adopte une forme dite de "fermeture à glissière" qui, lorsqu'elle s'ouvre, exhibe un motif "collant". Or, ce type d'agencement est bien connu des généticiens pour sa propension à rechercher dans la cellule un agencement complémentaire et à s'y accoler.

Enfin un indice sérieux. Car pareille conformation est typique des protéines qui ont pour cible l'ADN. On connaît un peu le mécanisme par lequel elles parviennent à fixer leur cible ; ce type de protéine comporte une région affine pour certaines séquences de l'ADN, mais elle se trouve enfouie dans la structure de la molécule. En revanche, lorsque la protéine rencontre un homologue, l'imbrication des deux molécules referme la glissière, ce

qui fait ressortir ladite région. Le dimère composé des deux protéines est alors prêt à l'action.

A même structure, même fonction, et les scientifiques penseront tout naturellement que Myc devait se comporter de façon identique. Restait à le démontrer. Première étape : vérifier la propension des protéines Myc à former des dimères entre elles. Première difficulté : l'expérience fut répétée des dizaines de fois sans succès ; jamais aucun dimère ne put être observé ; la protéine Myc manifestait une indifférence totale pour son alter ego. En aimera-t-elle un autre ? L'équipe de R.N. Eisenman se mit en quête du compagnon hypothétique de Myc. C'est ainsi qu'après de longs mois d'expérimentation fut démasqué Max ②.

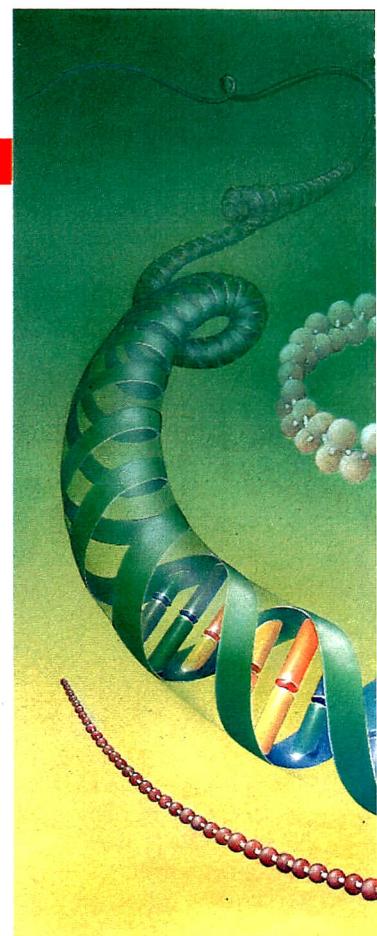
Max, le complice de Myc, est une petite protéine inconnue des fichiers. Elle possède une "fermeture à glissière" équivalente à celle de Myc, à laquelle elle adhère durablement dès que les deux molécules sont mises en présence. On découvrit même la cible du couple Myc-Max, la séquence d'ADN qu'il reconnaît

(*voir dessin ci-contre*). Car le dimère protéique Myc-Max ne se fixe pas n'importe où sur l'ADN. Seul le motif CACGTG trouve grâce à ses yeux (on sait que l'ADN est composé de quatre éléments unitaires, ou bases : l'adénine (A), la guanine (G), la cytosine (C) et la thymine (T)).

La découverte du couple

Myc-Max et sa séquence cible sur l'ADN porta l'enthousiasme des scientifiques à son comble. Tout désormais devenait simple : la fixation de Myc-Max sur certains gènes (ceux porteurs d'une séquence CACGTG) devait les activer ou les inhiber ; Myc détenait ainsi le levier de commande de ces gènes qui sont probablement ceux qui interviennent dans la division, la différenciation ou le cancer.

Les scientifiques s'attelèrent à la tâche pour transformer ce "probablement" en un "certainement". Dans le monde entier, on chercha les cibles de Myc au sein des gènes candidats les plus vraisemblables, pour tenter de trouver la petite séquence fatidique qui signait, pensait-on, l'intervention de



Myc. Sans résultat : tous les postulants ont été passés au crible, c'est-à-dire tous les gènes sur lesquels devrait agir

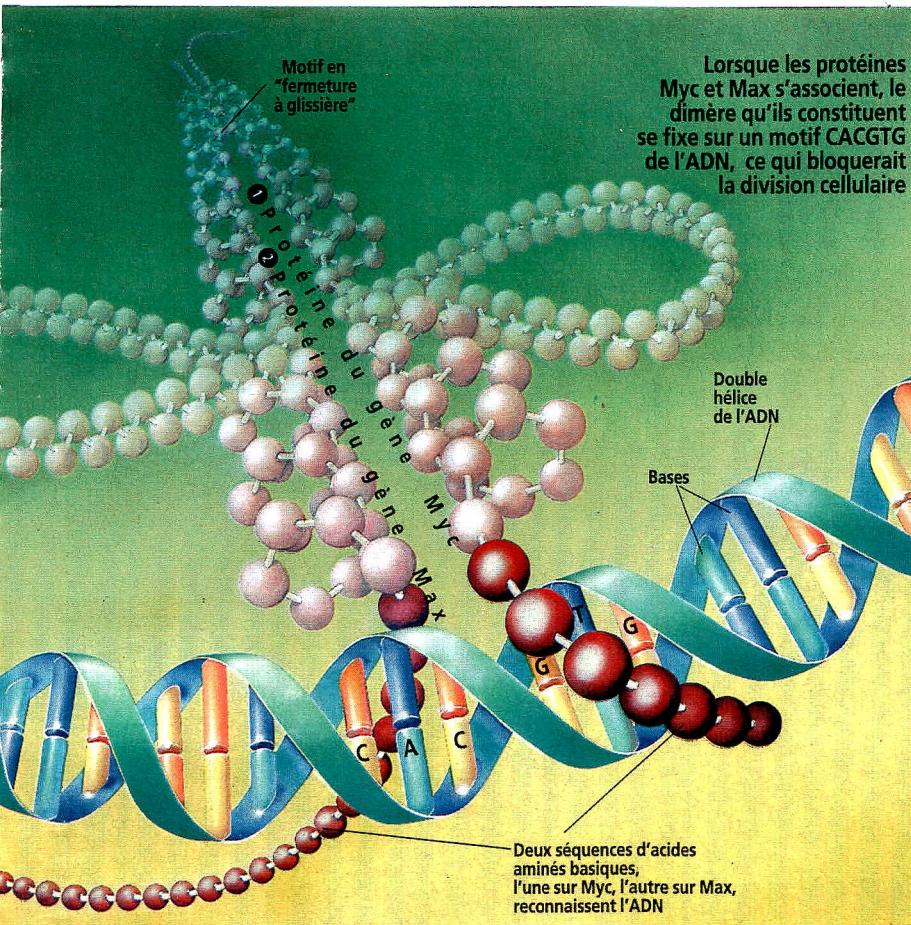
phénomène, connu depuis plus de vingt ans, a pour nom "apoptose" (du grec *apo* : en s'éloignant de, et *ptosis* : chute). Pour le Dr A. Spatz, du Département d'histopathologie B dirigé par le Dr M. Prade, de l'Institut Gustave Roussy, l'apoptose représente un mécanisme primordial pour le bon fonctionnement de l'organisme. Des cellules autres que cancéreuses en sont probablement le siège. Ainsi en est-il peut-être de certains globules blancs, notamment ceux qui fabriquent des anticorps dirigés contre leur propre organisme. Ils doivent être éliminés sous peine d'accident grave. L'incitation au suicide semble une solution toute trouvée pour éliminer ces dangereux éléments.

On sait donc maintenant que c'est le gène Myc qui est à l'origine de cette apoptose. Reste que le mécanisme précis en est encore mal compris. On sait seulement qu'il diffère de la mort nécrotique, qui survient après exposition à une agression telle qu'une irradiation, une brûlure, un choc. Ainsi, durant l'apoptose, la cellule synthétise une grande quantité d'ARN messager, signe qu'elle fabrique des protéines. Quelles sont ces protéines ? Le mystère reste entier ou presque. On a bien rapporté, en relation avec

l'apoptose, la synthèse de deux enzymes impliquées dans la respiration cellulaire : la super-oxyde dismutase et l'ornithine décarboxylase. Mais ces deux protéines toutes banales sont très insuffisantes pour rendre compte du phénomène.

Même si les travaux anglais n'apportent pas – du moins jusqu'ici – plus d'informations sur la nature des protéines fabriquées au cours de l'apoptose, ils auront en tout cas permis de connaître le grand orchestrateur du massacre : Myc. Mais comment un seul gène peut-il à la fois favoriser l'apparition d'un cancer et l'éviter en tuant la cellule anarchique ? Comment une même molécule peut-elle assurer des fonctions si diamétralement opposées ? Myc serait-il à la fois oncogène et gène suppresseur de cancer ?

Le Pr Evan propose un modèle très séduisant, qui intègre les deux facettes à la Dr Jekyll et Mr Hyde de ce gène Myc. Lorsqu'une cellule se divise, elle se trouve dans une situation critique ; qu'un des signaux régulateurs de réplication soit perturbé ou mal perçu, et la cellule, échappant à tout contrôle, se met à essaimer à tout va : c'est le cancer. Seule sécurité possible : l'existence d'un programme de mort cellulaire, qui



Myc. En vain... Ou presque...

Des chercheurs du Netherlands Cancer Institute d'Amsterdam viennent de montrer

que Myc inhibe une des protéines qui bloquent la division cellulaire. Aux dernières nouvelles, il semblerait aussi qu'une

Lorsque les protéines Myc et Max s'associent, le dimère qu'ils constituent se fixe sur un motif CACGTG de l'ADN, ce qui bloquerait la division cellulaire

cellulaire : l'ornithine décarboxylase. Or, justement (voir l'article), cette enzyme est fabriquée au cours de l'apoptose. Et l'apoptose est contrôlée par Myc ! Affaire à suivre.

Cependant, les scientifiques sont perplexes. Ils attendaient des centaines d'interlocuteurs, ils n'ont trouvé que deux malheureuses cibles qui ne peuvent en aucun cas, à elles seules, agir de manière décisive sur des phénomènes aussi fondamentaux que la multiplication ou la respiration cellulaires.

Se serait-on trompé d'hypothèse ? Myc agirait-il autrement que comme activateur ou inhibiteur de gènes ? Quel serait, dans ce cas, son mode d'action ? Se pourrait-il qu'il intervienne en amont, lors de la réplication de l'ADN ? Cette dernière hypothèse ne séduit pas grand monde et les recherches piétinent.

Pour O. Brison, chercheur à l'Institut Gustave Roussy, à Villejuif, la situation se débloquera le jour où l'on comprendra comment le couple protéique Myc-Max agit une fois qu'il s'est collé à l'ADN.

s'enclenche dès qu'une cellule en division affronte une telle situation. Comment mieux garantir cette souplesse de fonctionnement qu'en affectant les deux fonctions à la même molécule, en l'occurrence, Myc ?

Dans la cellule normale, tant que l'environnement est serein, l'activation de Myc provoque la division. Les nutriments viennent-ils à manquer, la même activation de Myc se traduira par la mort cellulaire.

Dans une cellule anormale, affectée par exemple d'une mutation dans le gène Myc, on observe une prolifération dangereuse. Cependant, les nutriments présents ne suffisent bientôt plus à nourrir une telle multitude, ce qui déclenche tout naturellement le suicide des fauteuses de trouble ; on a évité le cancer. Une cellule cancéreuse est une cellule anormale qui a échappé à l'apoptose⁽²⁾.

Pour qu'un cancer émerge, il est donc nécessaire de

(2) Mais alors, objectera-t-on, comment les cellules cancéreuses font-elles pour survivre en l'absence de nutriments ? En fait, elles fabriquent leurs propres facteurs de croissance et elles mettent en place des dispositifs spéciaux (notamment par création de petits vaisseaux sanguins – c'est ce que l'on appelle l'angiogénèse) leur permettant d'accroître l'apport en nutriments (oxygène, sucre, etc.), détournant ceux-ci de leur destination normale, les cellules saines de l'organisme (voir dans *Science & Vie* n° 868, pp. 52-53, l'encadré : "Le cancer, qu'est-ce au juste ?").

équipe américaine ait détecté la fameuse séquence CACGTG à l'intérieur du gène codant pour une enzyme de la respiration

cumuler activation de Myc et inhibition d'apoptose. Plusieurs événements peuvent induire cette inhibition. L'acquisition d'une seconde mutation peut, par exemple, rendre la cellule insensible aux messages délivrés par son environnement ; l'absence de nutriments n'est plus alors perçue comme un signal de détresse.

L'activation anormale d'autres gènes de cancer peut, elle aussi, produire cela. Certains d'entre eux ressemblent à des facteurs de croissance (protéines nutritives qui régulent le renouvellement des cellules âgées, ou le remplacement de celles lésées). Si la cellule se gave des "faux" facteurs de croissance (les oncogènes), les "vrais" ne pourront plus exercer de contrôle sur elle ; leur absence la laissera indifférente.

Il se peut encore que l'apoptose soit directement empêchée, par exemple par inhibition des gènes indispensables à son avènement. Enfin, si pour une raison quelconque (inflammations chroniques, par exemple), les facteurs de croissance continuent à foisonner dans le milieu, la mutation de Myc ne pourra qu'induire une prolifération cellulaire illimitée. Ce modèle a d'ores et déjà conquis de nombreux scientifiques.

Marie-Françoise Lantieri

Tout 1993 dès aujourd'hui



The Economist
et Courier International
vous racontent l'année
dans ce passionnant
hors-série, en vente
chez votre marchand
de journaux
40 FF

**SI VOUS NE LE LISEZ PAS
DANS COURRIER INTERNATIONAL,
VOUS NE LE LIREZ JAMAIS.**

Nom : _____
Prénom : _____
Adresse : _____

Code postal : _____
Ville : _____

Je souhaite recevoir _____ ex.
du hors-série "Le monde en 1993"
au prix unitaire de 40 FF, port inclus
(étranger : 46 FF par avion, port inclus).

Commande à faire parvenir
avec votre règlement établi à l'ordre
de *Courrier International* à :
Courrier International, ventes au numéro,
4, rue Raoul-Dufy, 75980 Paris Cedex 20

LA NOUVELLE MENACE BACTÉRIENNE

PAR JEAN-MICHEL BADER
ET ALEXANDRE DOROZYNSKI

Science & Vie présente dans ses numéros de janvier, février et mars, un dossier sur les maladies infectieuses, c'est-à-dire causées par les bactéries, les virus et les parasites. Contrairement à ce que l'on espérait, elles sont loin d'être vaincues par la médecine moderne. De nouvelles maladies infectieuses sont apparues, et les anciennes resurgissent.

Ce premier volet de trois articles est consacré aux bactéries. Les bactéries sont des prokaryotes, cellules primitives ne possédant pas de noyau cellulaire distinct. Pour le corps humain, la plupart des bactéries sont soit inoffensives, soit

populations tropicales servent à nourrir leurs parasites.

Les bactéries furent sans doute les premières formes de vie sur Terre, et nous en sommes les descendants. Certaines vivent en symbiose avec nous, et font même partie intégrante de nos cellules : les mitochondries, organites énergétiques des cellules, sont peut-être d'anciennes bactéries intégrées depuis des millions d'années dans notre machinerie vitale. De même, il se peut que certains fragments de notre ADN soient d'origine virale. Notre survie dépend d'un équilibre écologique avec ces micro-organismes. Lorsque cet équilibre est rompu, ils peuvent tuer. Au

DOSSIER

utiles, car elles participent au métabolisme de leur hôte. Notre organisme en contient des milliards. Quelques dizaines d'espèces seulement sont pathogènes. Certaines s'attaquent aux tissus, tel le bacille de la tuberculose. D'autres sécrètent des toxines, comme la toxine tétanique, dont un millionième de gramme suffit pour tuer un homme. D'autres encore élaborent des enzymes qui aggravent le processus infectieux : c'est le cas des staphylocoques.

Les virus, qui feront l'objet du deuxième volet de notre dossier, se résument à une coque renfermant un ARN ou un ADN contenant un message génétique particulier au virus. Le virus est à la frontière de la vie et de la non-vie : il ne peut se reproduire qu'en envahissant une cellule et en mettant à son profit le métabolisme de celle-ci.

Quant aux parasites, qui termineront ce dossier, ce sont le plus souvent des protozoaires (unicellulaires) parfois des métazoaires (pluricellulaires) qui colonisent l'organisme et peuvent entraîner la destruction des tissus. Les maladies parasitaires (paludisme, trypanosomiasis, amibiases) sont surtout répandues dans les pays pauvres. On dit parfois que la moitié des produits cultivés et consommés par les

XIV^e siècle, la peste avait exterminé un quart de la population de l'Europe occidentale. La tuberculose était il y a deux siècles la principale cause de mortalité en France. L'épidémie de grippe, en 1918, a fait 20 millions de morts.

On pouvait espérer que la médecine moderne, avec ses vaccins et ses antibiotiques, viendrait à bout des maladies infectieuses. Il y a eu, certes, des succès spectaculaires : la variole, maladie virale, a été éradiquée ; la diphtérie, maladie bactérienne, n'est plus fauchuese de vies d'enfant.

Mais il est trop tôt pour crier victoire. Le virus du sida, apparu il y a quelques années, continue à répandre sa pandémie mondiale. La tuberculose est réapparue dans les pays industriels, souvent dans une forme rebelle au traitement, parce que le bacille est devenu résistant aux antibiotiques. Les listeria "poussent" dans nos réfrigérateurs, les légionnelles se multiplient dans les thermes et les climatisateurs de nos hôpitaux, les salmonelles dans les pâtisseries industrielles et les œufs de batterie.

Sans être alarmiste, il faut se rendre à l'évidence : les microbes, loin de désarmer, profitent de l'évolution de nos sociétés pour reprendre l'offensive.

1- RETOUR EN FORCE DE LA TUBERCULOSE AUX ÉTATS-UNIS

Le pays le plus riche est menacé par une maladie de pauvres. La rerudescence de la tuberculose est d'autant plus menaçante que les bacilles résistants aux antibiotiques se répandent rapidement.

Pour la première fois depuis un demi-siècle, les autorités sanitaires craignent une véritable épidémie. Elle aurait des conséquences d'autant plus désastreuses que le bacille de Koch (BK) est à la fois une des bactéries les plus répandues, et une des moins bien connues. Près de 2 milliards d'individus dans le monde sont infectés et, chaque année, 3 millions d'hommes, de femmes et d'enfants meurent de tuberculose (voir encadré p. 53).

La tuberculose est peut-être la maladie qui a coûté le plus grand nombre de vies dans l'histoire de l'humanité. Au début du XIX^e siècle, le médecin français René Laennec, qui reconnaît et décrit les diverses formes de tuberculose, pensait qu'un tiers de la mortalité à Paris était due à la phthisie – terme désignant cette maladie depuis le temps d'Hippocrate. Sa contagiosité ne fut démontrée qu'en 1865, par un autre Français, le Dr Jean-Antoine Villemin. C'est en 1882 que l'Allemand Robert Koch identifiait *Mycobacterium tuberculosis*, la bactérie qui, depuis, porte son nom.

La tuberculose peut atteindre divers organes, mais se manifeste le plus souvent sous sa forme pulmonaire : le bacille se loge dans les poumons, formant des nodules, des cavités, des ulcérations. Le malade a mal au thorax, crache du sang, respire difficilement, éprouve des poussées de fièvre, perd son appétit et maigrit. Ainsi déperit, perdant tous ses charmes, Marguerite Gautier, la Dame aux camélias.

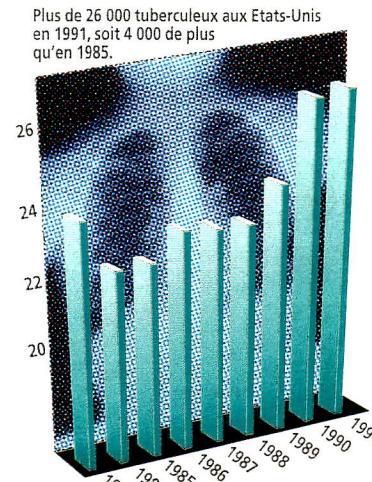
La tuberculose pulmonaire est la source principale de

contagiosité. Une caverne tuberculeuse d'un millimètre de diamètre peut contenir des milliards de bacilles, dont des milliers sont propulsés par la toux, l'éternuement et la respiration et restent longtemps en suspension dans l'air sur des gouttelettes aérosolées.

Le bacille lui-même est mal connu. Il est recouvert d'une membrane épaisse qui le protège contre de nombreux antibiotiques. On ne connaît pas les mécanismes moléculaires impliqués dans l'invasion des cellules hôtes, ni ceux qui permettent la survie du microbe malgré les défenses immunitaires de l'organisme. Le BK se multiplie lentement, ce qui explique sans doute que la maladie peut se déclarer des années après l'infection.

On sait que l'incidence et la gravité de la tuberculose se sont très influencées par le terrain que représente la personne infectée. Dans la plupart des cas, les défenses immunitaires parviennent à surmonter l'infection, mais celle-ci est favorisée par des conditions de

vie difficiles, la malnutrition, la misère et l'affaiblissement des défenses immunitaires. La rerudescence de la maladie aux États-Unis a été favorisée par la dégradation de ce "terrain". A divers égards. Ainsi, le syndrome d'immunodéficience acquise (sida), comme son nom l'indique, sape les défenses immunitaires de la victime, ouvrant la voie à d'autres infections, parfois dites "opportunistes". Rien d'étonnant, donc, que les premières victimes de la tuberculose soient des sidéens,





souvent non diagnostiqués. On pense que près de la moitié des sidéens sont tuberculeux, et souvent l'infection tuberculeuse est la première étape du diagnostic de l'infection par le virus du sida.

Le terrain de la misère s'est lui aussi étendu : dans les grandes villes, le nombre de sans-logis a augmenté, et la pauvreté, endémique dans certains quartiers, favorise l'infection. A New York, plus de la moitié des tuberculeux sont des Noirs, et l'incidence de la maladie à Harlem est 35 fois plus élevée que dans les quartiers huppés de l'Upper East Side, distants seulement de quelques stations de métro.

La résistance développée par le bacille de Koch contre les principaux médicaments antituberculeux rend la lutte contre la maladie difficile - et dangereuse. Avec l'introduction, dans les années cinquante, de l'isoniazide, puis d'autres antibiotiques efficaces, on espéra pouvoir éradiquer le mal. En 1953, on répertoriait encore 84 300 nouveaux cas aux Etats-Unis, mais leur nombre di-

Les oubliés de l'"American way of life"

La pauvreté, l'absence de couverture sociale, un accès difficile aux soins aggravent les risques de tuberculose. Ci-dessus, des SDF à New York.

minua régulièrement pendant plus de vingt ans, pour s'abaisser jusqu'à 22 000 en 1985.

Devant ce résultat encourageant, l'effort de recherche fut quasiment abandonné, et à partir de 1981 l'administration Reagan s'opposa à tout programme fédéral de lutte contre la maladie.

Dès 1986, la tuberculose a commencé à regagner du terrain. L'année dernière, on recensait 27 000 nouveaux cas, dont un nombre croissant est dû à des bactéries résistantes à un ou plusieurs antibiotiques. L'étude de bactéries prélevées à New York chez des malades hospitalisés montrait que près de la moitié d'entre elles étaient résistantes à un ou plusieurs antibiotiques - et pour certains, à dix antibiotiques à la

Mycobacterium tuberculosis, un des plus grands tueurs de l'histoire de l'humanité.



fois, c'est-à-dire à la quasi-totalité de l'arsenal thérapeutique disponible contre cette maladie.

Cette résistance s'acquiert de deux façons. D'une part, de nombreux patients quittant l'hôpital pour continuer leur traitement à domicile l'abandonnent dès que disparaissent les symptômes, mais avant que le réservoir bactérien soit détruit. Ce répit permet à des bactéries mutantes, qui ont survécu, de se multiplier. Le malade en rechute, redevenu source de contamination, transmettra alors des bactéries déjà résistantes qu'il a lui-même "fabriquées". Par ces mécanismes pernicieux, une tuberculose incomplètement traitée, ou mal traitée, donne lieu à une tuberculose encore plus résistante, qui se répand.

Il y a deux ans, la plupart des cas de tuberculose résistante se déclaraient chez des malades qui avaient interrompu leur traitement. Une enquête à New York a montré qu'aujourd'hui, les bacilles résistants sont à l'origine de l'infection chez 70 % des malades.

Cette flambée de tuberculose aux Etats-Unis se produit alors que le déclin qui a précédé a mené à la fermeture de sanatoriums, à l'abandon des salles d'isolation dans les hôpitaux, et à l'arrêt total de toute recherche d'antituberculeux par l'industrie pharmaceutique. Depuis quelques mois, un vent de panique souffle dans le pays. Le Center for Disease Control (CDC), à Atlanta, en Géorgie, organisme fédéral de surveillance épidémiologique, a répertorié plus de dix épidémies hospitalières, lors desquelles des bacilles, parfois multirésistants, sont transmis de malade à

malade, et même au personnel hospitalier, infirmières et médecins. Le Dr Lee Reichman, un des grands spécialistes américains de la tuberculose, et président de l'American Lung Association (association de lutte contre les maladies pulmonaires), craint «qu'à la prochaine épidémie, il soit impossible de trouver du personnel acceptant de travailler à l'hôpital».

Un seul malade peut infecter tout un service. Ainsi, un tuberculeux hospitalisé à San Juan (Porto-Rico) a transmis le bacille à plusieurs patients sidéens, mais aussi à 17 membres du personnel médical à son étage. Un instituteur de Saint Louis (Missouri) a transmis le bacille à une centaine d'élèves qui suivaient ses cours, et 33 d'entre eux ont fait une tuberculose pulmonaire cliniquement décelable. Pas étonnant que les responsables des services sanitaires manifestent quelque crainte : plusieurs centaines de tuberculeux contagieux, certains infectés de bacilles multirésistants, s'entassent dans le métro, circulent dans les lieux publics, les consultations des hôpitaux et les commissariats, sans aucun contrôle. Plusieurs épidémies se sont également déclarées dans des prisons.

Sans aide fédérale, les grandes villes auraient du mal à faire face à la dépense qu'entraînerait une épidémie de tuberculose. Une tuberculose résistante requiert de 18 à 24 mois de traitement, pendant lequel les médecins jonglent avec des dosages de divers antibiotiques, administrent parfois quotidiennement une douzaine de drogues différentes, sans oublier de lutter contre leurs effets secondaires - nausée, perte de l'audition, douleurs articulaires et troubles de la personnalité. Le coût d'un tel traitement peut atteindre 250 000 dollars, soit 1,25 million de francs pour un seul patient.

L'installation de salles efficacement isolées pour que les malades ne transmettent pas leurs germes requiert un système de ventilation pour établir une pression négative, et le passage de tout l'air évacué par un filtre antibactérien, soit plusieurs centaines de milliers de francs par salle.

Il n'y a, aux Etats-Unis (et au monde !), qu'un seul hôpital doté d'un laboratoire où l'on peut, en même temps, mesurer le

LE BCG EST-IL UTILE ?

Le BCG – pour bacille Calmette Guérin, du nom de deux chercheurs pastoriens du début du siècle – est un vaccin préparé à partir d'une souche bactérienne de tuberculose bovine. Les bacilles sont vivants et se multiplient dans l'organisme sans provoquer de lésions, mais ils suscitent une réponse immunitaire, qui protégerait l'organisme contre la bactérie "cousine" de la tuberculose humaine.

C'est un vaccin parmi les plus utilisés dans le monde, mais aussi parmi les plus controversés. La foi en ce vaccin, l'un des premiers à être utilisés systématiquement, a été fortement ébranlée par des essais contrôlés, en 1982, sur 300 000 individus en Inde : l'efficacité a été nulle et, à la suite de ces essais, de nom-

breux pays ont abandonné la vaccination systématique.

Les partisans du BCG ont argué que le vaccin "marche" dans de bonnes conditions de l'environnement – des conditions d'hygiène et d'alimentation qui correspondent à peu près à celles qui permettent à l'organisme de se protéger du bacille, BCG ou pas BCG.

Ses adversaires disent que dans les pays où le BCG est obligatoire, comme la France, la fréquence de l'infection tuberculeuse n'est pas modifiée par cette vaccination. Son efficacité a été démontrée contre la mortalité et la morbidité (nombre de cas) des méningites tuberculeuses du nourrisson, ce qui explique la vaccination à la naissance. Le *Vidal* (dictionnaire français des spécialités pharma-

ceutiques, destiné aux médecins) souligne que l'immunité, dont la durée n'est pas clairement déterminée, varie d'un sujet à l'autre.

Par ailleurs, quelques cas très rares de méningite tuberculeuse due au BCG ont été signalés chez des enfants qui étaient en bonne santé avant la vaccination. Ce même *Vidal* déconseille le BCG en cas d'infection par le virus du sida. Or, les enfants soumis à la vaccination ne sont que très exceptionnellement soumis à l'épreuve préalable d'un test de séropositivité.

Dans l'incertitude, faut-il continuer à vacciner ? Ou entreprendre une étude sérieuse, en attendant un BCG de "deuxième génération", fait de bacilles tués, donc incapables de se réactiver dans l'organisme ?

LA TUBERCULOSE EN FRANCE ET DANS LE MONDE

Neuf personnes travaillant en pneumologie au CHU de Poitiers viennent de contracter la maladie. Leur service a été fermé jusqu'au 3 janvier 1993.

En France, le nombre de cas de tuberculose avait régulièrement diminué, de 26 784 en 1974 à 10 241 en 1987. Mais ce n'est plus le cas : depuis trois ans, les chiffres se sont stabilisés autour de 9 000 cas. C'est inquiétant, car cela annonce une remontée future de l'incidence. Or, celle-ci est déjà de 16 pour 100 000, ce qui fait de la France le deuxième pays d'Europe le plus atteint. Proportionnellement, notre pays a plus de cas déclarés que les Etats-Unis, malgré les 10 millions de radios pulmonaires de dépistage faites chaque année, malgré le BCG systématique, malgré un dépistage biologique très fréquent. Les deux tiers environ des malades sont des hommes, et autant sont de nationalité française. Un tiers environ des tuberculeux ont subi un dépistage du



L'apparition des antituberculeux n'a pas tué une forte tradition française de prévention, de dépistage, de traitement et d'isolement des tuberculeux. Ici, traitement par aérosol dans un sanatorium.

sida, et 6 % d'entre eux sont séropositifs. L'incidence du sida sur la tuberculose est particulièrement important à Paris et dans le département des Hauts-de-Seine, où le pourcentage de séropositifs parmi les tuberculeux se situe entre 12 et 18 %.

Si l'incidence de la tuberculose semble stabilisée en France, elle est en hausse dans plusieurs autres pays européens. Le dernier rapport de l'OMS fait état d'une hausse de 33 % en Suisse entre 1986 et 1990 ; de 31 % au Danemark entre 1984 et 1990 ; de 28 % en Italie entre 1988 et 1990 ; de 21 % en Nor-

vège entre 1988 et 1991 et de 17 % en Autriche entre 1989 et 1991. (A titre de comparaison, aux Etats-Unis le nombre de cas a augmenté de 19 % entre 1985 et 1991 – voir graphique p. 50.) Au total, l'OMS évalue à 400 000 le nombre de nouveaux malades par an dans les pays in-

dustriels, et à 40 000 celui des morts dues à cette maladie.

L'incidence de la tuberculose est beaucoup plus élevée dans l'ensemble des pays en développement, comme l'indiquent les statistiques ci-dessous, publiées par la Banque mondiale en 1991.

ZONE GÉOGRAPHIQUE	NOUVEAUX CAS (par an)	NOMBRE DE MORTS (par an)
Afrique sub saharienne	1 313 000	586 000
Afrique du Nord et Moyen-Orient	323 000	91 000
Asie	5 102 000	1 825 000
Amérique du Sud	356 000	111 000
Amérique centrale et Caraïbes	185 000	80 000
Total pays en développement	7 280 000	2 692 000

taux sanguin des diverses drogues administrées pour le traitement d'une tuberculose multirésistante, et déterminer avec précision les dosages requis : c'est le National Jewish Center for Immunology and Respiratory Medicine, à Denver (Colorado), ancien sanatorium transformé pour le traitement intensif de cette maladie, qui inclut parfois l'ablation chirurgicale d'un poumon ou de cavités abritant un grand nombre de bactéries.

L'épidémie pose aussi un problème éthique – et légal – épique : à partir de quel niveau de risque un tuberculeux peut-il être privé de sa liberté pour ne pas exposer tout un chacun à la contagion ? La question s'était déjà posée pour le sida, et certains malades ont souffert d'un ostracisme public injustifié, puisque le HIV ne se transmet pas par voie aérienne ni même par contact physique, mais par le sang et le sperme. Le tuberculeux, dans un espace clos ou dans une foule, dégage autour de lui un nuage d'aérosols chargé de bactéries. Peut-on l'em-

pêcher de côtoyer les gens ? Faut-il l'obliger à porter un masque – lequel, pour être efficace, devrait être une sorte de masque de plongeur, muni d'un filtre et d'une pompe motorisée ? Déjà, les autorités sanitaires aux Etats-Unis étudient des projets de loi qui autoriseraient l'isolement forcé de tuberculeux représentant un danger pour leur entourage – exercice de haute voltige entre le respect de la liberté individuelle et la sécurité publique.

«J'ai peur, déclarait le Dr Reichman au *New York Times* il y a quelques semaines. Nous voici, avec des taux de guérison [de la tuberculose] plus bas qu'au Malawi ou au Nicaragua. Nous ne pouvons pas suivre nos patients, alors que toutes les indications suggèrent qu'un nombre de plus en plus important d'entre eux ont une tuberculose résistante à nos meilleurs médicaments. Nous avons transformé une maladie qu'on pouvait prévenir et guérir en une maladie avec laquelle on ne peut faire ni l'un ni l'autre. Nous devrions avoir honte.»

DOSSIER

LA NOUVELLE MENACE BACTÉRIENNE

2 - LES BACTÉRIES ONT LE VENT EN POUPE

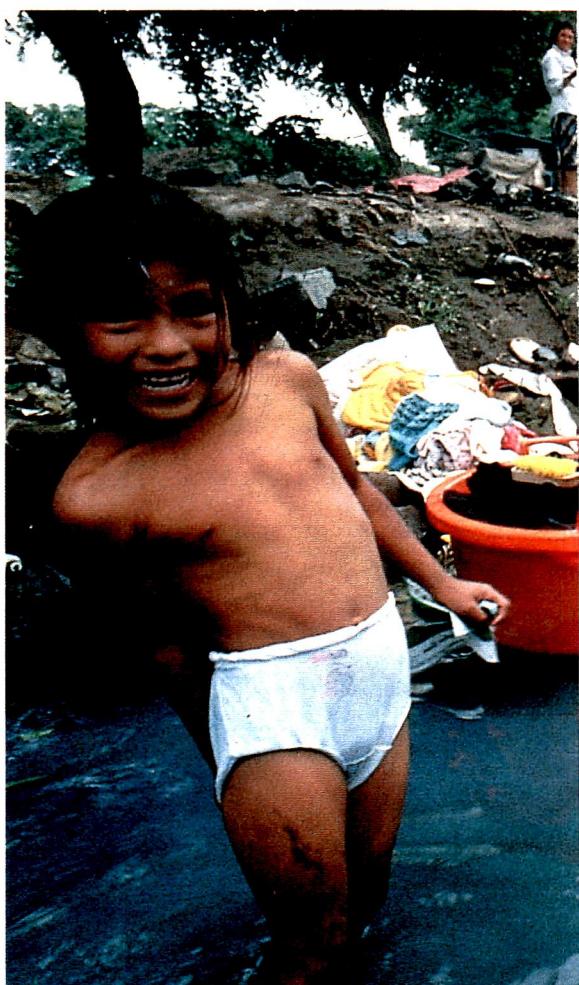
Les bactéries profitent des perturbations apportées à l'environnement humain. Avec une préférence pour le milieu hospitalier. Les moyens de lutte mis en œuvre sont insuffisants.

Il n'y a pas que la tuberculose... Partout dans le monde, la menace bactérienne se fait de plus en plus précise.

L'épidémie de choléra sud-américaine, partie du Pérou en janvier 1991 pour atteindre la Colombie et le Chili, s'est aujourd'hui étendue jusqu'au nord du Brésil et au Mexique. On traite sur ce continent 10 000 malades par semaine, tandis que 391 000 cas et 4 000 morts ont été comptabilisés depuis le début de l'épidémie. La maladie menace maintenant les Caraïbes, le bassin amazonien et la côte atlantique du continent. Elle sévit aussi en Afrique : au Niger, au Tchad et au Mali.

L'épidémie de méningite cérébro-spinale, due à un méningocoque A particulièrement virulent, est partie de Chine en 1983, est passée par la Mecque (Arabie saoudite) en 1987 et, depuis, descend lentement en Afrique, en dessous de ses limites habituelles : en Centrafrique, au Mozambique, au Zaïre... Chaque "bouffée" de cette épidémie fait entre plusieurs centaines et plusieurs milliers de morts. Ce microbe très virulent tue en effet un quart de ses victimes.

La maladie de Lyme, une affection grave et mortelle, due à une bactérie du genre *Borrelia* transmise par une tique (voir encadré p. 57), a atteint 40 000 Américains depuis dix ans. L'Europe est plus touchée encore que les Etats-



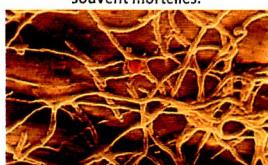
Unis par cette affection : en Allemagne, il y aurait chaque année entre 30 000 et 60 000 nouveaux cas, en Suède et en France, 1 000 cas.

Pour la maladie des légionnaires, une pneumopathie souvent mortelle causée par un autre agent bactérien, *Legionella pneumophila*, la France est au premier rang des pays européens. Depuis onze ans, le Centre national de référence répertorie les cas français : ils représentent 10 % des pneumopathies nécessitant une hospitalisation. «Malgré l'absence d'épidémie spectaculaire de légionellose signalée en France, régulièrement sont observées des flambées de quelques cas ou des endémies hospitalières», écrit un spécialiste (1).

La nouvelle menace bactérienne est analysée par Joshua Lederberg et Robert Shope, dans un rapport "fumant" à l'Institute of Medicine (2), qui vient d'être publié aux Etats-Unis par l'Académie des sciences. Elle s'explique, selon ces deux microbiologistes universitaires, par de nombreux facteurs d'émergence : de nouvelles bactéries, certes, mais surtout,

(1) Noël Bornstein, dans le *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 20 janvier 1992.
 (2) L'Institute of Medicine est une émanation de l'Académie des sciences américaine, un conseil de santé publique pour le gouvernement fédéral.

Legionella pneumophila, responsable d'affections pulmonaires souvent mortelles.

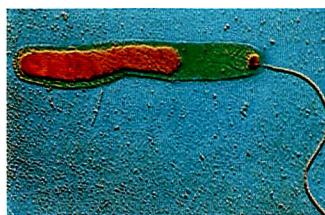




surtout, des changements dans l'environnement humain.

L'engorgement des mégalopoles. tout d'abord : en 1800, seulement 1,7 % de la population mondiale vivait en ville. En 1970, plus d'un tiers de l'humanité vit en communauté urbaine. En l'an 2000, il y aura 25 villes de plus de 11 millions d'habitants et 425 cités d'un million d'habitants. Or, la promiscuité, qu'elle soit à Argenteuil ou à Lima, multiplie les risques d'infection, parce qu'elle multiplie les contacts, par les mains, les latrines, l'air, l'eau, les objets. Ainsi, dans les crèches parisiennes, le risque de méningite à méningocoque est multiplié par 76 par rapport à la population générale, et il est multiplié par 26 dans les écoles maternelles.

Il y a aussi la gestion de l'eau. Si le choléra a ainsi flambé au Pérou, c'est parce que les égouts déversent dans la mer l'eau usée sans traitement préalable : à San Miguel, une plage de Lima, le collecteur fait "pleuvoir" dans le Pacifique 27 500 m³ à l'heure d'eaux d'égout. 11 millions de Péruviens ne sont pas reliés à un réseau d'eau potable, et les deux tiers de la population n'a pas de latrines. Et puis, le terrorisme des guérilleros du Sentier lumineux a poussé vers les



Un bain de choléra

Pas de réseau d'égouts, pas de distribution d'eau potable, pas ou peu d'hygiène, tout était prêt au Pérou pour l'explosion du vibron "El Tor" (ci-contre), responsable de l'épidémie de choléra qui sévit dans ce pays depuis janvier 1991.

ville des millions de *campesinos* terrorisés qui s'entassent dans les *barriadas* sans hygiène.

L'immunodépression. Elle est provoquée par la malnutrition, les infections chroniques par divers microbes, la prématurité des enfants, les stress de la guerre ou de la déportation de populations. Lorsque le système de défense immunitaire baisse suffisamment sa garde, les bactéries s'introduisent dans l'organisme, par le tube digestif, les voies aériennes ou urinaires, et passent dans le sang où elles peuvent produire des chocs septiques. Par ailleurs, elles se "réactivent" chez les individus sans défense – à la faveur d'un choc psychologique, d'une autre maladie, etc. –, où elles étaient présentes depuis longtemps. Comme le simple colibacille présent dans le tractus urinaire de près du tiers des femmes françaises. On constate le même phénomène chez les malades rece-

vant une transplantation d'organe. Ils subissent un traitement immunosuppresseur pour que leur greffon ne soit pas rejeté : ils courrent alors le risque d'une surinfection par ces agents opportunistes.

Le milieu hospitalier est spécialement propice à la propagation. Les infections hospitalières ont triplé en dix ans aux Etats-Unis. Aujourd'hui, un malade américain sur vingt contracte une infection pendant son séjour à l'hôpital. En France, le projet *Hôpital propre* financé par la firme pharmaceutique Beecham a étudié récemment 33 000 patients hospitalisés dans 49 services français : le taux d'incidence global des infections "nosocomiales" (contractées à l'hôpital) y est de 17,2 % ; ce qui revient à dire qu'un malade sur six s'infecte à l'hôpital. Or, ces germes hospitaliers, surtout en soins intensifs, sont de plus en plus résistants aux antibiotiques. Névine El Solh, au Centre national

de référence de l'Institut Pasteur à Paris, désigne les staphylocoques multirésistants comme responsables de 40 % des septicémies d'origine hospitalière. En 1985, un cinquième des prélèvements de sang de malades fébriles contenait du staphylocoque hospitalier ; en 1988, on était passé à un tiers et plus.

Les raisons du succès des bactéries en milieu hospitalier sont bien connues : seules 30 % des infirmières de réanimation et moins de 10 % des médecins se lavent les mains entre deux malades (3). Les procédures diagnostiques, les examens deviennent de plus en plus invasifs : exploration chirurgicale des cavités abdominales chez la femme stérile, endoscopie bronchique, gastro-duodénale, urinaire, de la sphère ORL, cathéters de perfusion veineuse, sondes de pression intra-artérielle ou même cardiaque sont autant de portes d'entrée. Le schéma est désormais classique :

la main de l'infirmière ou le gant du technicien transportent, d'un malade à l'autre, les klebsielles, les colibacilles, les *Proteus mirabilis* ou les staphylocoques qui colonisent sa peau. Tant qu'ils restent sur la peau, ces microbes ultra-résistants ne sont pas très virulents et n'entraînent aucune infection. Mais dès qu'une brèche cutanée est réalisée pour une opération ou une prise de sang, le microbe passe dans le sang ou dans les tissus et déclenche, selon le site, pneumopathies, septicémies ou péritonites.

Aux Etats-Unis, le CDC, resigné, préconise le retour du port de gants jetables : «Puisque le lavage des mains est inadéquat dans la plupart des hôpitaux, le port de gants semble le moyen pratique de prévenir la colonisation des mains et le portage de l'infection», lit-on dans une brochure éditée par cet organisme. Mais les exemples abondent de gants poreux, de transmission des germes par des

UNE ARME DE GUERRE

La légende veut qu'en 1347, les Tartares ne parvenant pas à prendre d'assaut le comptoir génois de Caffa, en Crimée, balancèrent par-dessus les murailles des cadavres de pestiférés. Rentrant chez eux sans le savoir avec *Yersinia pestis*, la bactérie de la peste, les marchands italiens répandirent dans toute l'Europe une peste bubonique qui fit 30 à 50 millions de morts.

Il est aujourd'hui avéré que pendant leur campagne de Mandchourie, à la veille de la Deuxième Guerre mondiale, les Japonais ont utilisé l'arme microbienne contre les Chinois. En 1943, les Américains du Chemical Warfare Service ont, à leur tour, préparé sans états d'âme la guerre bactériologique contre le Japon : le charbon pulmonaire (l'antrax), le botulisme et la peste ont été au menu. Si la guerre avec le Japon avait duré quelques mois de plus, des millions de Japonais auraient subi un déluge d'agents bactériologiques.

La plupart des grandes universités américaines ont collaboré à ce programme, ainsi que Merck, la multinationale de la pharmacie. J. Howard Mueller, de Harvard, étudia le charbon ; Edwin Fred, de l'université du Wisconsin, se concentra sur le

botulisme humain.

Des essais de toute taille eurent lieu dans les champs de l'île de Horn, à Pascagoula dans le Mississippi, et un site de 400 km² fut réservé dans l'Utah, à Granite Peak, aux essais de bombardement. Dès 1943, de petites bombes à anthrax de 2 kg, emplies de spores de *Bacillus anthracis* pathogènes, étaient prêtes. Les comptables de la guerre avaient même prévu que 6 000 sorties de bombardiers B24 seraient suffisantes pour "couvrir" la totalité de l'archipel japonais. Les bombes larguées par ces B24, en explosant au sol, libèrent des spores pathogènes qui sont inhalées et vont se loger dans les alvéoles pulmonaires pour y déclencher des pneumonies mortelles.

Parallèlement, les militaires américains avaient obtenu, en 1944, un financement de 2,5 millions de dollars pour fabriquer 275 000 bombes botuliques par mois. Le botulisme est une toxï-infection alimentaire due à un agent microbien anaérobio, *Clostridium botulinum*. Une fois dans l'intestin, il produit une toxine très virulente, toxique pour les tissus nerveux : le sujet infecté voit double, ne peut plus accommoder, ses pupilles se dilatent de-

mesurément, il lui devient pénible, puis impossible d'avaler, sa gorge se paralyse, puis progressivement ses membres, et il meurt de paralysie respiratoire en quinze jours.

Pendant la dernière guerre, les agents secrets de l'OSS avaient prévenu Henry Stimson, alors secrétaire d'Etat américain à la guerre, que la tête des nouveaux V1 allemands pouvait aussi bien être remplie de pathogènes que d'explosifs. Ce qui a sans doute alimenté la course à l'arme bactériologique chez les Alliés. Mais ceux-ci ne savaient pas qu'Hitler avait interdit, dès 1939, puis régulièrement au cours du conflit, l'emploi d'armes chimiques et biologiques (1). Il ne voulait pas faire la guerre avec des gaz chimiques ou des microbes. Peut-être parce qu'il avait été gazé lui-même en 1917 ? Les services de recherche biologique des principales armées du monde sont, depuis lors, restés en état de veille (défensive et offensive) sur cette question de la guerre microbienne.

(1) In *Les archives "Alsos"* : A résumé of England-American Biological Warfare Intelligence gathered by German Intelligence Organizations (24 05 45) ; Official German Documents and Reports on Biological Warfare ; A Review of German Activities in the Field of Biological Warfare (1945) and Bacteriological Warfare (1947).

(3) Dr Bradley Doberling, *New England Journal of Medicine*, juillet 1991.

HARO SUR LES CERFS

La maladie de Lyme est l'exemple type d'une nouvelle pathologie transmissible causée par une modification de l'environnement. Elle est due à une petite bactérie du genre *Borrelia*, ayant la forme d'une hélice allongée à spires larges et irrégulières de la famille des spirochètes (comme la syphilis). Cette bactérie est véhiculée par des tiques (le plus souvent de l'espèce *Ixodes damini*, mais aussi *Ixodes ricinus*).

La tique se fait héberger par des rongeurs sauvages (des campagnols), des sangliers et des cerfs, des daims ou des chevreuils. L'hôte habituel, c'est le cerf, mais le réservoir animal est surtout constitué par la souris à pattes blanches. Cette affection grave et mortelle, qui touche les articulations et le système nerveux central, a rencontré un beau succès écologique ces dernières années : 10 000 cas répertoriés aux Etats-Unis, 30 000 à 60 000 en Alle-

magne, un millier en France.

L'Est des Etats-Unis a été presqu'entièrement déboisé au XIX^e siècle pour subvenir aux besoins de l'agriculture intensive et à l'énorme consommation de bois des habitants de la Nouvelle-Angleterre. Quand, au milieu des années 1800, l'agriculture américaine se déplaça vers les grandes plaines, la forêt reprit sur les fermes et les terres abandonnées de la côte Est. Les cerfs revinrent. Mais, contrairement à la forêt primaire, cette nouvelle forêt engorgée de broussailles n'abrite plus de grands prédateurs carnivores (félins, loups) capable d'équilibrer la population de cervidés.

Le premier cas s'est déclaré dans le Wisconsin, en 1969, suivi par une épidémie de 51 cas sur la côte du Connecticut, dans la ville de Old Lyme, qui a donné son nom à la maladie. Les médecins ont cru, jusqu'en 1980, que l'endémie était limitée au Sud et au centre de cet Etat : ils ne faisaient donc le diagnostic que chez des habitants ou des voyageurs venant de cette région. Les résidents d'autres Etats qui avaient des symptômes pourtant typiques de la maladie étaient étiquetés arthritiques, érythémateux ou déments.

Dans l'Etat du Massachusetts, les diagnostics de morsures d'araignée se sont multipliés à partir de 1970. On ne



Les cerfs au contact des hommes véhiculent les tiques qui transmettent *Borrelia burdorferii*, agent de la maladie de Lyme.

comprit qu'en 1982 que ces morsures étaient caractéristiques des tiques vecteurs de la maladie de Lyme.

Après quoi, l'incidence de l'affection augmenta : elle atteint 1 % par an sur Fire Island, à l'est de New York. En 1986, sur Great Island, dans le Massachusetts, l'incidence atteignit 5 % et, à Ipswich, elle dépassa 10 %.

Aujourd'hui, cinq Etats sont touchés : New York, New Jersey, Pennsylvanie, Wisconsin et Minnesota. Une peur panique de la maladie s'est développée. Les scientifiques et les fonctionnaires de la FDA s'efforcent de calmer les esprits. Mais on vient de s'apercevoir que les tiques porteuses de *Borrelia* peuvent aussi trans-

mettre une autre maladie mortelle, provoquant une insuffisance rénale aiguë, la babesiose. Elle est due au parasite *Babesia microti*, qui a un cycle comparable à celui du paludisme et qui infecte les globules rouges, surtout chez les humains ayant été opérés de la rate... Si nos voisins allemands sont plus souvent victimes de la maladie, c'est que le couvert forestier y est plus adapté aux tiques, que les vecteurs animaux (chevreuils, rongeurs) sont plus nombreux et plus proches d'un habitat plus dispersé, qui permet de plus fréquents contacts. C'est aussi que le système de centralisation des déclarations de maladie de Lyme est mieux organisé qu'en France.



Borrelia burdorferii (en coupe)

gants trop rarement changés, ou d'infections véhiculées par le technicien de maintenance d'appareils porteur de gants souillés.

«Pour lutter contre les infections nosocomiales, il faut des règles simples mais drastiques, dit Névine El Solh ; les Norvégiens et les Suisses sont parvenus à diminuer le pourcentage de staphylocoques dorés multirésistants de 40 % à moins de 1 %. Comment ? En obligeant les infirmières à se laver, et en isolant tout malade suspect d'infection ! Et ces mesures d'hygiène valent pour toutes les infections transmissibles, la tuberculose comme la méningite.»

Les traitements en aérosols sont eux

aussi d'extraordinaires vecteurs de microbes. Une gouttelette d'aérosol, qui chute dans l'air à la vitesse de 12,2 mm par minute, peut contenir dix bacilles, de quoi infecter une autre personne.

Bien entendu, cette situation préoccupante n'est pas l'apanage des pays riches : le Dr Richard Wenzel, un épidémiologiste de l'Iowa, estime que les taux d'infections nosocomiales sont sans doute 5 à 10 fois supérieurs dans les pays du Tiers Monde. Mais le Center for Disease Control (CDC) d'Atlanta constate que les infections hospitalières ont triplé en dix ans aux Etats-Unis.

L'explosion démographique, les voyages intercontinentaux, les chaînes





industrielles de traitement des aliments, le commerce international de produits frais et les comportements alimentaires, mais aussi la pollution, la reforestation et le réchauffement du globe : tous ces éléments caractéristiques du XX^e siècle ont une responsabilité dans la nouvelle menace bactérienne.

La revue scientifique *Nature* pose la question crûment : les responsables de la santé publique, en Europe et aux Etats-Unis, sont-ils en mesure de combattre une possible épidémie de tuberculose ou de choléra ? La réponse du journal est non. Aux Etats-Unis, l'administration a fait des coupes claires dans les programmes de surveillance et de contrôle des maladies : ce malgré les avertissements répétés de James Mason, qui dirigeait le CDC sous l'administration Reagan. Reste qu'avec ses 6 000 employés, le CDC est une organisation puissante qui suscite l'envie des

Des victimes plus nombreuses

En France, la mortalité par maladies infectieuses, toutes causes confondues, a augmenté de 1980 à 1990. Si la tuberculose a moins tué dans cette période, il n'en demeure pas moins que l'on compte 9 000 nouveaux cas par an en moyenne ces dernières années (voir encadré p. 53).

Français. L'an dernier, le CDC a répertorié douze épidémies hospitalières de tuberculose pulmonaire parmi les malades sidéens et les médecins qui les soignent. La Food and Drug Administration vient de demander à l'administration fédérale de limiter, cet hiver, les

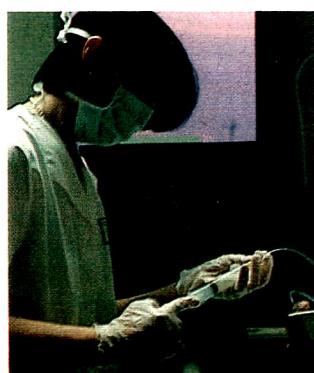
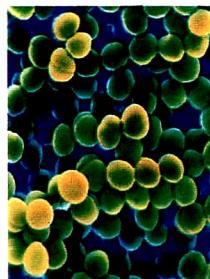
importations de produits frais venus du Mexique : déjà, plusieurs dizaines de cas de choléra d'origine alimentaire se sont été enregistrés dans les Etats du sud. Réponse de l'administration : il faut un arbitrage avec les Douanes, l'Agriculture, les Affaires étrangères, les Finances et les importateurs !

Les efforts fournis en France pour prévenir, découvrir, traiter les futures épidémies ne sont ni très importants, ni encore structurés : le Centre national de la recherche scientifique ne consacre guère plus de 4 % des 150 millions de francs du budget total "microbiologie" du département des sciences de la vie à des travaux sur les mécanismes de résistance des microbes ou à l'élaboration de nouveaux agents antibactériens. Et l'Institut national de la santé et de la recherche médicale annonce, dans le domaine de "la guerre des microbes", avoir engagé en 1991 quelque 69 millions de francs, soit, là encore, 4 % de son budget.

Par ailleurs, s'il existe pour nombre de maladies bactériennes des centres nationaux de référence, un Laboratoire national de la santé et une Direction générale de la santé, leurs moyens en hommes et en crédits affectés à la surveillance épidémiologique des maladies infectieuses sont trop faibles et mal employés. Alain Moren, épidémiologiste à Médecins sans frontières, prend l'exemple de l'épidémie actuelle de listériose (qui provoque des méningites mortelles chez l'enfant et l'adulte), qui a atteint plus de 250 personnes en quatre mois : «L'enquête cas-témoin est faite par 2 enquêtrices, elle avance trop lentement. Il faudrait 10 personnes.» Une nouvelle structure, le Réseau national de santé publique, dirigé par le Dr Jacques Drucker, médecin à Saint-Maurice, dans la banlieue parisienne, va voir le jour. Aura-t-elle les moyens de ses ambitions ? Le Dr Elisabeth Bouvet, de l'hôpital Bichat, qui a travaillé longtemps à la DGS, admet que l'exemple est particulièrement cruel et que les moyens sont notamment insuffisants. «Mais si l'épidémie de listériose est mal gérée, lance-t-elle, le problème nouveau de la tuberculose en France, lui, n'est pas géré du tout.»

La terreur des hôpitaux

Les staphylocoques (*ci-contre*) sont responsables de 40 % des sépticémies d'origine hospitalière. Le port de masques et de gants jetables par le personnel soignant semble le moyen pratique de prévenir la contagion par aérosols ainsi que la colonisation des mains et le transport de l'infection d'un malade à l'autre.



3 - COMMENT LES BACTÉRIES ENTRENT EN RÉSISTANCE

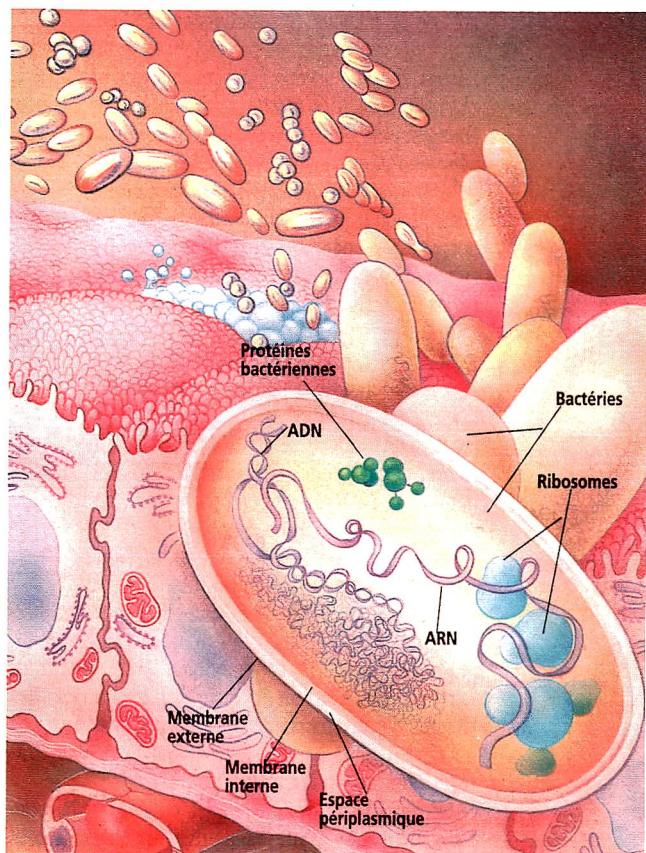
Aucun antibiotique véritablement nouveau n'a été découvert depuis quinze ans. Or, les bactéries ont trouvé le moyen de résister aux antibiotiques classiques.

En 1929, le bactériologiste anglais Alexander Fleming remarqua que des staphylocoques en culture étaient tués au voisinage d'une moisissure développée accidentellement. Il réussit à préparer avec ce champignon microscopique, le *Penicillium*, un "jus" très bactéricide et peu毒ique. Ce n'est qu'en 1940 que l'on parvint à isoler la pénicilline pure, qui devient le premier antibiotique fabriqué industriellement.

Depuis, des centaines d'autres antibiotiques ont été préparés. A la différence des antiseptiques, qui attaquent toutes sortes de cellules, l'action des antibiotiques est sélective. Un antibiotique est毒ique pour une espèce, un genre ou une famille de bactéries, qui représentent son "spectre" d'action. Chaque antibiotique agit à sa manière. Certains bloquent la synthèse de la membrane protectrice de la bactérie, d'autres dérèglent son métabolisme, d'autres bloquent la transmission d'informations génétiques (dessin ci-contre).

Mais on s'est vite aperçu que les bactéries ne se laissaient pas faire. Ainsi, en 1941, pratiquement toutes les souches de *Staphylococcus aureus*, le "staphylocoque doré", étaient vulnérables à la pénicilline. Or, trois ans plus tard, *S. aureus* était déjà devenu capable de détruire la pénicilline en fabriquant contre elle une enzyme spécifique, la pénicillinase. Aujourd'hui, plus de 95 % des souches de cette bactérie sont résistantes aux diverses pénicillines, et les infections hospitalières dues à ce staphylocoque ont causé des milliers de morts.

Autre exemple : la résistance développée par le *Streptococcus pneumoniae*, agent de la pneumonie. «En 1941, 10 000 unités de pénicilline 4 fois par jour suffisaient pour guérir un malade atteint de pneumonie», écrit Harold C. Neu, professeur de médecine et de pharmacologie à la faculté de médecine de Columbia University (New York). Aujourd'hui, un patient infecté par cette bactérie peut recevoir 24 millions d'unités de pénicilline par jour et mourir de méningite. Les pneumocoques restent la cause la plus importante de pneumonie acquise en communauté, et une cause majeure d'otite, de sinusite et de méningite, chez les



Où frappent les antibiotiques

Les antibiotiques agissent sur différents sites des bactéries contre lesquelles ils sont dirigés. Certains empêchent la synthèse de la paroi bactérienne. D'autres brouillent le message génétique contenu dans l'ADN, ou la traduction de ce message en ARN, indispensable à la fabrication des protéines du microbe. D'autres encore inhibent cette fabrication à son stade final, au niveau des ribosomes, ou dérèglent le métabolisme de la bactérie, ou agissent soit contre sa paroi externe, soit au niveau de l'espace périplasmique, entre cette paroi et la membrane interne. Contre chacune de ces attaques, les bactéries ont réussi à monter une résistance appropriée.

enfants comme chez les adultes (1).»

Comment les bactéries parviennent-elles à s'«immuniser» contre un antibiotique ? Elles le font grâce à deux facultés qui leur sont propres : celle de se reproduire rapidement, et celle de muter, c'est-à-dire de subir des modifications génétiques transmissibles à leur descendance.

Dans de bonnes conditions (déterminées par le milieu de culture et la température), une bactérie peut se dédoubler une fois par heure : en vingt-quatre heures, elle peut «engendrer» près de 17 millions de ses congénères ! Pendant cette réplication, se produisent des mutations (altérations génétiques provoquées par des radiations, des produits chimiques, des changements de température). Les mutants adaptés au nouvel environnement «empoisonné» par l'antibiotique survivent et se multiplient, selon le principe darwinien de la sélection naturelle, donnant ainsi naissance à une souche résistante. Les bactéries vulnérables périssent, mais peu importe : la multitude des mutants résistants prend la relève.

Les bactéries sont des êtres sociaux, dans le sens où elles se déplacent en groupe, coopèrent, et parfois se sacrifient pour la survie de leurs congénères. Le Dr Elena O. Budrene, de la Harvard University à Boston, pense que l'étude de ce comportement «social» mérite d'être une discipline à part entière de la microbiologie. Elle a montré que les bactéries exposées à des antibiotiques ou autres substances nocives se déplacent et s'assemblent pour former des billes microscopiques s'éloignant du point devenu empoisonné de la boîte de Petri où elles sont en culture, formant parfois des dessins d'une surprenante régularité, des «fleurs de bactéries», dont la forme reflète sans doute une stratégie de protection (photo ci-contre).

On a découvert voilà quelques années que les bactéries peuvent devenir résistantes aux antibiotiques, non seulement grâce à des mutations dues au hasard, mais aussi par acquisition de matériel génétique provenant d'autres bactéries. Les gènes sont transmis de bactérie en bactérie par des plasmides, petites bribes d'ADN circulaire se trouvant dans de nombreuses cellules, ou par des transposons (dits gènes de résistance transposables, ou encore «gènes sauteurs»). Plasmides et transposons peuvent ainsi transmettre des gènes de résistance d'une espèce bactérienne à une autre, ce qui peut avoir des consé-

UN NOUVEAU GENRE DE VACCIN ?

Un vaccin est une préparation visant à apporter à un individu une protection immunitaire contre une maladie infectieuse. Généralement dérivés d'agents infectieux pathogènes, les vaccins sont injectés ou administrés oralement pour stimuler la production dans l'organisme d'anticorps spécifiques, molécules qui vont s'attaquer spécialement à tel ou tel motif d'un agent pathogène, par exemple un virus ou une bactérie (on appelle antigène ces motifs ou ces agents).

Mais il est, aussi possible, en théorie, d'empêcher l'antigène de pénétrer dans l'organisme. Dans la plupart des cas, l'entrée se fait par les membranes muqueuses, qui tapissent les systèmes respiratoire, digestif et sexuel.

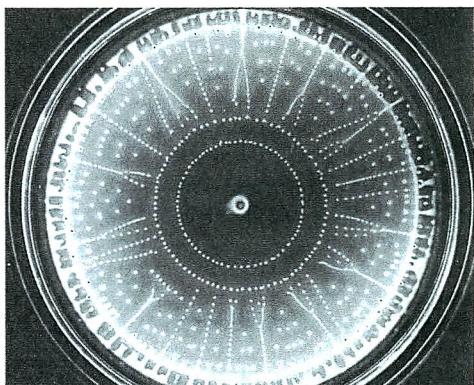
Peut-on interdire aux antigènes (virus ou bactéries) l'accès à ces membranes muqueuses ? La surface des membranes muqueuses dans l'organisme humain est de l'ordre de 400 m². La surface d'un bel appartement. Ces membranes sécrètent jusqu'à 15 grammes d'immunoglobulines (anticorps) par jour, soit six fois plus que les autres sites – rate, moelle osseuse, gan-

glions lymphatiques.

Ces défenses ne sont pourtant pas infaillibles, puisque certains virus et bactéries parviennent à les traverser. Ne peut-on les renforcer ? C'est ce que tentent de faire quelques chercheurs, notamment le Dr Jean-Pierre Kraehnenbuhl, de l'Institut suisse de recherches expérimentales sur le cancer (Lausanne), et le Dr Marian Neutra, du Children's Hospital (hôpital des enfants) et de la faculté de médecine de Harvard.

Les cellules M, gardiennes des muqueuses.

La grande capacité de défense des membranes muqueuses est dû au fait qu'elle est parsemée de sites spécifiques contenant des cellules M (voir dessin ci-contre). Dès que des antigènes (corps étrangers : bactéries, virus) arrivent sur ces sites, ils pénètrent dans la sorte de poche que forme la membrane de chaque cellule M. Or, ces poches sont peuplées de globules blancs, macrophages et lymphocytes T et B, qui reconnaissent les agresseurs et sécrètent une armée d'anticorps (des immunoglobulines) pour les détruire et, surtout, pour protéger la muqueuse du gros des troupes de patho-



Fleur de bactéries

Formée après introduction d'une substance nocive au centre d'une culture de salmonelles, et reflétant, de la part de ces micro-organismes, un comportement «social» de défense (micrographie de Elena Budrene).

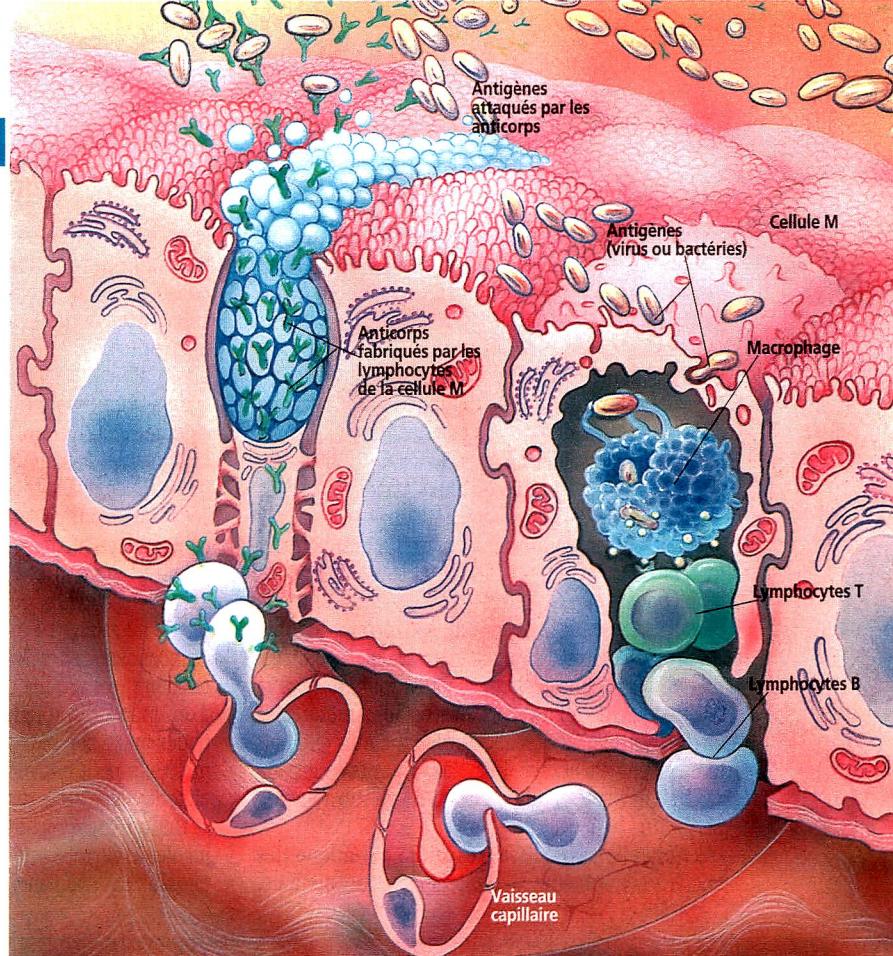
gènes qui risque de suivre.

Ce système de défense a pourtant ses failles,

que virus et bactéries mettent à profit pour pénétrer dans la muqueuse, envahir les cellules et se multiplier avant qu'une quantité suffisante d'anticorps protecteurs soient fabriqués et libérés. Kraehenbuhl et Neutra veulent exploiter les mécanismes par lesquels les pathogènes réussissent à traverser la membrane des cellules M. En d'autres termes, vacciner la muqueuse !

Premier succès. Ils ont identifié un anticorps sécrété par la muqueuse qui empêche les antigènes de se lier aux cellules de la muqueuse, et réussi à "fabriquer" un anticorps spécifique qui protège les souris contre une dose normalement mortelle du vibrio du choléra.

Maintenant, ils tentent de mettre au point des "vaccins mucosaux", administrables oralement ou par inhalation. Pour qu'un tel vaccin "marche", il faut que les substances vaccinantes adhèrent aux cellules M, donc



qu'elles possèdent les molécules de surface requises. Or, ces molécules, on commence à les connaître, grâce à

l'étude des virus et bactéries qui parviennent à utiliser les cellules M comme un cheval de Troie pour pénétrer dans

la place-forte. On étudie aussi la possibilité de renforcer les défenses immunitaires de la muqueuse en général.

quences désastreuses. Exemple : une bactérie inoffensive, comme l'*Escherichia coli* du système digestif, exposée à un antibiotique utilisé pour combattre une bactérie pathogène, acquiert la résistance à l'antibiotique en question. L'inoffensive *coli*, au hasard de ses rencontres, pourra transférer le gène de résistance à une autre bactérie, pathogène.

Ces échanges de bons procédés sont courants parmi les bactéries, et l'on sait que l'utilisation abusive d'antibiotiques chez l'homme et les animaux a contribué à l'extraordinaire prolifération de la résistance bactérienne. Patrice Courvalin, de l'Institut Pasteur, cite l'exemple des céphalosporines. Ces antibiotiques furent d'abord utilisés sous forme injectable, en milieu hospitalier, ciblés avec soin pour s'attaquer aux microbes faisant partie de leur spectre d'activité. Ensuite, leur usage s'est répandu dans le public, sous forme orale. La résistance bactérienne n'a pas tardé à se manifester. De nombreuses bactéries pathogènes autrefois vulnérables à la céphalosporine n'en ont cure aujourd'hui.

L'utilisation abusive d'antibiotiques contribue à disséminer le phénomène de résistance, et l'effet est tout particulièrement pervers lorsqu'on administre à un malade un antibiotique contre lequel une bactérie pathogène est déjà résistante. L'antibiotique va alors détruire les bactéries inoffensives concurrentes de la bactérie-cible nocive, offrant ainsi à cette dernière l'opportunité d'une explosion démographique.

Aujourd'hui, de nombreuses bactéries sont résistantes à plusieurs antibiotiques, et la multiplication de ces derniers ne fait que pallier une résistance jusqu'à l'apparition de la suivante. Pour le médecin, lorsqu'un antibiotique ne marche pas, il n'y a guère d'autre choix que d'en essayer un autre. La collectivité des bactéries n'attend que cela pour se faire une résistance de plus.

L'industrie pharmaceutique s'essouffle à remplir ce tonneau des Danaïdes. La création d'un antibiotique requiert l'étude de milliers de substances, de leur effet sur des cultures de bactéries, de leur purification, de la sélection de produits potentiellement intéressants.

Suivront l'expérimentation sur l'animal, les études de toxicité, du métabolisme, de l'élimination des antibiotiques, et enfin l'expérimentation humaine, en attendant l'autorisation de mise sur le marché.

De moins en moins de laboratoires sont prêts à engager les sommes considérables requises pour cette recherche, sachant que l'antibiotique obtenu risque d'avoir une durée de vie efficace limitée. «Depuis 15 ans, dit Patrice Courvalin, il n'y a pas eu un seul antibiotique nouveau. La situation aujourd'hui est moins confortable qu'elle ne l'était dans les années soixante-dix.»

Ainsi, l'on croyait récemment qu'un antibiotique, la pristinamycine, était l'arme absolue contre les staphylocoques hospitaliers. Or, les chercheurs de l'Institut Pasteur ont découvert que certains staphylocoques hospitaliers y sont "faussement" sensibles. Ils ont acquis une résistance faible mais réelle à la pristinamycine. Si les médecins ne donnent que des doses trop faibles de cet antibiotique aux malades infectés par ces microbes-là, des mutants résistants vont se développer rapidement. Et on aura encore perdu une bataille.

Les nouvelles connaissances sur la génétique des bactéries, leur métabolisme, leur structure spatiale,

leurs mécanismes de résistance ouvrent des perspectives : la recherche peut désormais se fonder non plus sur le criblage, au hasard, de milliers de substances naturelles, mais sur l'ingénierie biochimique permettant de cibler un produit sur tel ou tel point faible du microbe. C'est ainsi qu'une équipe franco-britannique vient d'identifier un gène du bactéries de Koch qui lui permet de se protéger contre l'isoniazide, l'antibiotique jusqu'à présent le plus puissant contre la tuberculose⁽²⁾. Mais de telles découvertes n'ont pas encore permis une véritable ingénierie des antibiotiques, opération d'une complexité byzantine. Exemples : *Vibrio cholerae*, l'agent du choléra, possède un gène (dit *tox R*) qui régule au moins 14 autres gènes impliqués dans la pathogénèse ; chez *Staphylococcus aureus*, de triste mémoire, un groupe de gènes contrôle la synthèse d'au moins 12 protéines différentes. Dans des systèmes aussi complexes, la modification d'une seule molécule peut entraîner une chaîne d'événements chaotiques, c'est-à-dire imprévisibles.

Une autre approche, prometteuse, tente non pas de juguler le microbe une fois qu'il a pénétré dans la forteresse de l'organisme, mais de lui en interdire l'accès (voir encadré p. 60).

En attendant, les prévisions optimistes d'il y a une vingtaine d'années, alors qu'on se faisait fort de reléguer les bactéries aux oubliettes, ne se sont pas réalisées. Les bactéries n'ont pas perdu la guerre. La prophétie plus réaliste de Daniel E. Koshland, rédacteur en chef de la revue *Science*⁽³⁾, mérite réflexion, et action : «Nous allons assister à une bataille ininterrompue pendant de longues années, une guerre souterraine dans laquelle la présomption et le manque de détermination peuvent mener à la douleur et la mort.»

Jean-Michel Bader et Alexandre Dorozynski

« **C**a ne va pas du tout, docteur, il me faut un remède de cheval. Des antibiotiques. Et des piqûres, s'il vous plaît ! » L'antibiotique tient une place prépondérante dans l'acte quotidien du médecin et dans la relation qu'il entretient avec le malade. Qu'en est-il aujourd'hui de la demande d'antibiotiques par le patient en pratique libérale ? Citons quelques exemples caractéristiques. Le cas précédent est significatif d'une demande précise, revendicatrice. Il lui faut un remède efficace, rapide et... douloureux. Le médecin subit souvent ce genre de demande à propos d'enfants en bas âge dont les parents s'inquiètent pour toute fièvre ou simple toux.

L'histoire suivante d'un couple d'une soixantaine d'années montre bien l'opinion préconçue que se font certains parents sur le médicament. Alors qu'ils présentaient tous les deux les mêmes symptômes de pharyngite, le mari déclara d'em-

blée que tout antibiotique était exclu, car cela donnait mal à l'estomac, diarrhée et fatigue. Son épouse, quant à elle, acceptait mon ordonnance sans sourciller, car sa confiance aveugle s'en remettait à ce qu'elle croyait être ma puissance et mon pouvoir.

Le médecin subit en permanence la pression des techniques publicitaires des firmes pharmaceutiques soucieuses de faire consommer leurs produits. Bien que la demande du patient ne soit pas toujours justifiée sur le plan clinique, nous avons tendance à prescrire l'antibiotique car nous redoutons une complication infectieuse qui, pour être rare, n'en est pas moins gravissime (méningite, mastoïdite). L'acte médical engage la responsabilité du praticien, et la prescription est donc une sécurité quelquefois nécessaire.

La revendication toujours croissante du patient, mais aussi le désir du médecin de fidéliser son client, sont autant

d'arguments qui poussent à la prescription. L'antibiotique est alors utilisé pour combattre l'angoisse. Il rassure le patient et le médecin.

Face à la résistance des bactéries aux antibiotiques classiques, le médecin, même en ville, est amené à utiliser des antibiotiques de plus en plus puissants et aux spectres d'action plus larges, comme certaines céphalosporines de troisième génération ou certaines fluoroquinolones. Cela peut poser quelques problèmes avec des germes comme le pneumocoque, le staphylocoque, l'hémophilus, fréquemment résistants et nécessitant un choix de traitement plus étroitement ciblé.

La seule pratique raisonnable est de restreindre l'utilisation des antibiotiques, tant à l'hôpital qu'en ville. Et pour freiner la sélection des résistances, de varier leur usage : nous en avons plusieurs dizaines à notre disposition.

Dr Didier Nakache

(2) Travaux de Ying Zhang, du Medical Research Council britannique, et de Beate Heym et Stewart Cole, de l'Institut Pasteur et du CHU Pitie-Salpêtrière à Paris. *Nature* (vol 358, n° 6 387, 13 août 1992).

(3) *Science*, vol. 257, 21 août 1992.

1953.

Onze pays européens relèvent le défi américain et s'unissent pour construire le plus grand accélérateur de protons du monde. Objectif : casser les particules fondamentales de la matière. Six ans plus tard, le synchrotron est inauguré près de Genève. C'est la naissance du premier grand instrument scientifique international que vous racontent ces CAHIERS DE SCIENCE & VIE.

HORS SÉRIE - N°12 - DÉCEMBRE 1992. 30 F - 219 FB - 815 - 800 Frc - 40 Dh - 3,450 Dfl - 5,50



03-21-13227

LA PHYSIQUE GÉANTE

LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

BIG SCIENCE : LES GRANDS PROJETS SCIENTIFIQUES DU XX^e SIÈCLE

Au cœur de la matière : LE FASCINANT UNIVERS DES PARTICULES ELEMENTAIRES



- Interview de Georges Charpak, prix Nobel 92 : les retombées fécondes de la physique des particules. P. 92
- La Physique nucléaire en Europe avant-guerre : visite guidée d'une ville. P. 6

- Comment l'Europe a contribué à la chasse aux nouvelles particules : de la fondation du CERN à la découverte des bosons. P. 34
- Le zoo des particules. P. 60
- La physique fondamentale se tourne vers le cosmos. P. 82

LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

**BIG SCIENCE :
LES GRANDS PROJETS SCIENTIFIQUES
DU XX^e SIECLE
EN VENTE PARTOUT**

PAR PIERRE ROSSION

LES CADAVRES ONT DES ANTENNES



Un coléoptère
nécrophage,
Ptinus brunneus

Les insectes et acariens nécrophages, qui ne manquent pas de coloniser tout corps en putréfaction, sont une précieuse source de renseignements pour la police. Il suffit de les questionner pour connaître les détails d'un crime, voire l'identité du coupable.

C'est ici !, prévient Joseph, le chauffeur de taxi. Nous sommes à Beyne-Heusay – une banlieue triste de Liège, avec ses rues vides et sans âme –, arrêtés devant une maison en briques rouges, séparée de la rue par un jardinet où s'éteignent les dernières pensées de l'automne. C'est ici qu'habite le Dr Marcel Leclercq, le plus fin limier de Belgique.

Petit, nerveux, il nous reçoit dans son bureau qui donne sur la pluvieuse vallée de la Meuse. Sur une table, en vrac, des coupures de journaux relatant d'horribles faits divers, une vieille machine à écrire, des pipes archiculottées et un chapeau mou. Bref, du Simenon. «Plutôt du Conan Doyle», tient à rectifier Marthe Leclercq, tasse de café à la main et chat sur les genoux : «Entre Maigret et mon mari, il y a une montagne. Mon mari, ce n'est pas de la psychologie, mais de la science. Comme Sherlock Holmes.»

De fait, ce n'est pas dans les méandres de l'âme humaine que le Dr Leclercq trouve les réponses aux énigmes criminelles qu'on lui demande de résoudre, mais dans les manuels d'entomologie, en interrogeant les insectes et autres acariens nécrophages qui accourent dès qu'un cadavre se putréfie. Récoltés sur le corps, ils sont alors les seuls indicateurs du moment de la mort et deviennent ainsi, par la force des choses, une aide précieuse pour la justice. Et cela, aussi bien dans les cas de mort ancienne que récente.

C'est après avoir obtenu son diplôme de médecine à l'université de Liège que le Dr Leclercq se passionne pour la parasitologie et l'entomologie, dont il suit le cursus universitaire à Paris, à Lyon et à Clermont-Ferrand. Bardé de diplômes, il retourne à Liège où il coiffe quatre casquettes : médecin généraliste, professeur d'entomologie à la faculté de médecine, expert auprès de la police judiciaire belge, et enfin consultant pour les pays étrangers. L'armée américaine fait appel à lui, en 1965, pour déterminer l'agent de la fièvre hémorragique dont sont atteints des soldats au retour du Vietnam. A ce jour, le Dr Leclercq est l'au-

teur de 312 publications ayant trait à la médecine légale, mais aussi à la médecine tout court.

La méthode Leclercq est utilisée en Belgique depuis 1947, et elle a fait école depuis en Russie, en Finlande, en Tchécoslovaquie, en Grande-Bretagne, en Nouvelle-Zélande, en Italie et, depuis dix ans, aux Etats-Unis. «Je suis en rapport constant avec les spécialistes du FBI de la station centrale de Hartford, dans le Connecticut, qui me considèrent un peu comme le pape de cette discipline. Chaque fois qu'ils ont un problème à résoudre, ils font appel à moi», nous dit le Dr Leclercq. En revanche, c'est seulement depuis un an que la méthode est utilisée en France par la gendarmerie nationale. A cet effet, l'Institut de recherche criminelle, à Rosny-sous-Bois, dispose d'une cellule d'entomologie médico-légale, dirigée par le commandant Philippe Masselin ; celui-ci travaille avec Loïc Matile, responsable du service des diptères au Muséum national d'histoire naturelle de Paris.

L'utilisation de l'entomologie en médecine légale n'est pas nouvelle. Elle est mentionnée pour la première fois dans un manuel de médecine légale du XIII^e siècle, en Chine : elle avait alors été employée pour confondre un ouvrier agricole qui avait tué sa victime avec une faufile. Après la découverte du cadavre, le juge de province convoqua les paysans des alentours, les fit aligner et les invita à déposer leur outil devant eux. Il ouvrit alors une cage en bambou finement tressé, de laquelle s'échappèrent des mouches. Après quelques tourbillons, les diptères, attirés par l'odeur du sang, se dirigèrent vers la faufile coupable et son propriétaire fut condamné à avoir la tête tranchée.

Il faut ensuite attendre 1855 pour retrouver cette méthode dans un rapport d'expertise, celui d'un médecin d'Arbois (dans le Jura), le Dr Maurice Bergeret. Ce rapport faisait suite à la découverte du corps d'un nouveau-né. Des larves et des pupes de mouches ainsi que des chenilles de mites se trouvaient sur le cadavre. En se fondant sur les connaissances

- fausses - de l'époque sur la durée des métamorphoses de chacune de ces espèces d'insectes, Bergeret fit remonter la mort de l'enfant à 1848. Actuellement, on la fixerait à la fin de l'été 1849. Trente ans plus tard, deux médecins légistes de la faculté de médecine de Paris, le Pr Paul Brouardel et son élève, le Dr Georges-Pierre Yovanovitch, se mirent en rapport avec le Pr Pierre Mégnin, entomologiste au Muséum national d'histoire naturelle de Paris, pour définir les bases scientifiques de cette discipline. En voici les principaux éléments.

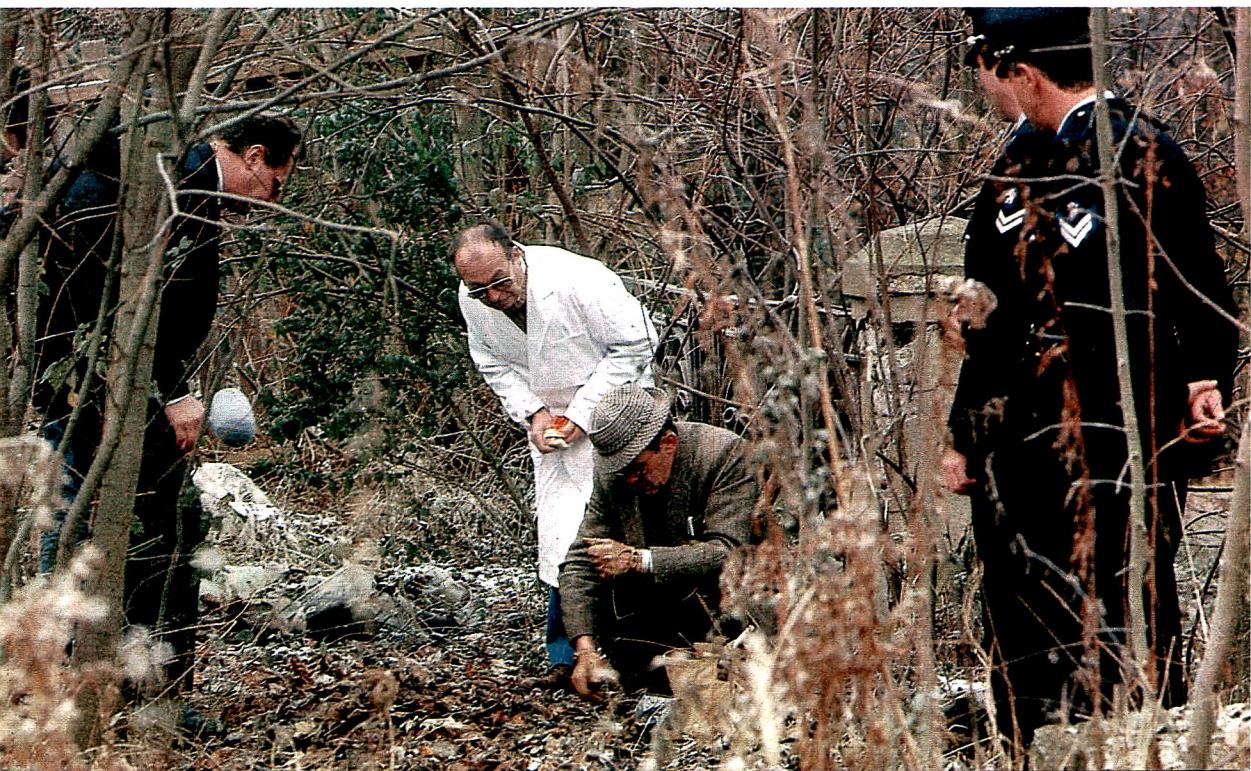
Lorsque la mort survient, la température interne du corps s'abaisse de 1 °C par heure jusqu'à s'équilibrer avec celle du milieu ambiant. Simultanément, le cadavre se rigidifie en produisant de l'acide lactique aux dépens du glycogène des muscles. Peu à peu, des taches violacées apparaissent, tandis que le corps commence à se putréfier, sous l'influence prépondérante des bactéries et des champignons saprophytes. Cette putréfaction se traduit, d'une part, par l'apparition de deux taches vertes de chaque côté du bassin, qui s'étendent à toute la partie inférieure de l'abdomen, et, d'autre part, par la décomposition des tissus organiques internes, les lipides étant dégradés en acide acétique, les hydrates de carbone en acide lactique et alcools, les protides en acides aminés. Deux exceptions cependant : chez le nouveau-né et le noyé, la putréfaction débute au niveau de la face.

A chaque stade de la décomposition, le cadavre constitue un écosystème particulier. De ce fait, différentes escouades d'insectes et d'acariens nécrophages se succèdent, attirées sélectivement par l'odeur propre à chaque stade de la putréfaction. Leur succession est régie par une loi, dite "loi des travailleurs de la mort", définie par Mégnin : «Si la température atmosphérique, le degré hygrométrique de l'air, les saisons sont d'une régularité parfaite, la succession des nécrophages se fait avec une précision quasi mathématique.» Le nombre des escouades successives varie évidemment en fonction de la latitude : selon Mégnin, huit dans la France tempérée, cinq dans les pays méditerranéens, une dans les déserts, zéro aux pôles et sur les sommets glacés des montagnes. Chacune renseigne exactement sur l'état de décomposition d'un cadavre et constitue en quelque sorte la signature de cet état. Grâce à la loi de Mégnin, on peut donc, en présence d'une population donnée d'insectes ou d'acariens, connaître le temps écoulé depuis le décès.

Pour un corps trouvé en plein air dans un pays tempéré comme la France, la première escouade intervient en général dans les heures qui suivent la mort, quand aucune odeur ne semble

Sur les lieux du crime

Le Dr Leclercq (accroupi) recueille insectes et acariens susceptibles de renseigner sur la victime et son meurtrier.



Soixante- treize énigmes résolus par la méthode Leclercq

en émaner, et la dernière, quelque trois ans plus tard.

Dans la première escouade, on trouve exclusivement des mouches, représentées principalement par deux espèces du genre *Calliphora* (la mouche bleue de la viande), à savoir *C. vicina*, volontiers citadine, et *C. vomitaria*, exclusivement agreste. S'y ajoutent éventuellement plusieurs autres espèces appartenant aux genres *Musca* et *Muscina*, toutes grises et dont les plus connues sont *Musca domestica*, la mouche domestique, dite des cuisines – sa biologie est étroitement adaptée à la vie de l'homme –, et *Muscina stabulans*, ou mouche des étables, qui pénètre dans les maisons pour pondre et hiverner. Le passage des calliphores est obligatoire. Par conséquent, si sur une victime on ne trouve aucune pupe vide et aucun adulte mort, les enquêteurs ont de fortes raisons de penser que la victime a été transportée là où on l'a découverte, et qu'elle a été assassinée dans une pièce close inaccessible aux calliphores.

Quand l'odeur cadavérique commence à se faire sentir, arrive la deuxième escouade. Elle est constituée de mouches vertes appartenant aux genres *Lucilia*, *Chrysomya* et *Cynomya*, et de mouches grises du genre *Sarcophaga*. La plupart de ces mouches se rencontrent à la ville comme à la campagne et n'hésitent pas à entrer dans une maison pour pondre sur un cadavre en putréfaction. Les œufs devenus larves pénètrent dans le corps et à l'intérieur des viscères.

Les insectes de la troisième escouade sont attirés par l'odeur des acides gras volatils, provenant du rancissement des graisses. Ces insectes friands de substances grasses fermentées sont des coléoptères du genre *Dermestes* et des lépidoptères du genre

Aglossa. Ils colonisent le corps de trois à six mois après la mort.

Peu après la fermentation des matières grasses se produit celle des matières protéiques qui attire la quatrième escouade : des mouches de l'espèce *Piophila casei*, très communes dans les habitations où elles se nourrissent de fromage, et des coléoptères de l'espèce *Corynetes cæruleus*, que l'on rencontre dans les entrepôts de conserves alimentaires, de jambons et de produits fumés.

Les insectes de la cinquième escouade se manifestent lorsque le cadavre est au stade de la fermentation ammoniacale, quand les chairs en lambeaux se transforment en liquides putrides et noirâtres. Ce sont encore des mouches qui interviennent, notamment *Triphleba hyalinata*, que l'on rencontre fréquemment dans les grottes, près des tombes et jusque dans les cercueils. Dans ce groupe, on rencontrait avant 1900 une mouche, que l'on n'a plus

jamais retrouvée depuis, du fait des progrès de l'hygiène publique. Il s'agit du genre *Thyreophora*, qui pullulait jadis sur les pièces anatomiques des facultés de médecine. Outre ces mouches, cette formation comprend aussi des coléoptères appartenant, entre autres, au genre *Necrophorus*.

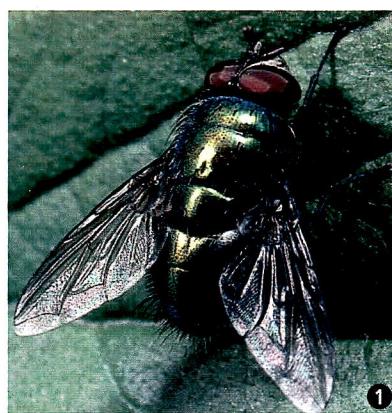
Arrivent maintenant les acariens de la sixième escouade, qui achèvent d'absorber toutes les humeurs dont le cadavre est imprégné, mettant ainsi un terme à la série des fermentations et contribuant à la dessiccation. Une dizaine d'espèces, toutes microscopiques, comptant chacune plusieurs millions d'individus, ont été répertoriées.

La septième escouade apparaît quand le cadavre est complètement desséché, c'est-à-dire au bout d'une année ou plus. Ce sont des coléoptères et des lépidoptères qui rongent habituellement les étoffes, les fourrures et les collections d'histoire naturelle. Enfin, quand la mort remonte à plus de trois ans, la dernière escouade, composée elle aussi de coléoptères, vient faire disparaître les derniers débris.

Les travaux de Mégnin ont été améliorés par le Dr Leclercq, en fonction des connaissances acquises depuis le milieu du XIX^e siècle en entomologie et en météorologie. Le fruit de ces nouvelles connaissances se trouve consigné dans un livre du Dr Leclercq, publié à Bruxelles en 1974, intitulé *l'Enquête entomologique dans les expertises médico-légales*. Les quatre étapes que doit respecter tout expert avant de rédiger ses conclusions y sont définies :

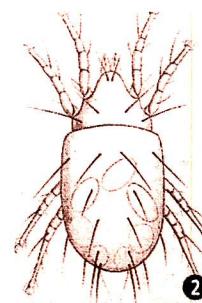
- récolter sur le cadavre un échantillonnage aussi complet que possible de toute espèce vivante, à chaque stade d'évolution ;
- estimer l'abondance relative de chaque espèce à ses différents stades de développement ;
- relever la localité, le jour, l'heure des prélèvements, sans oublier l'état d'altération du cadavre et les caractéristiques du milieu : citadin ou rural, clos ou à l'air libre, cadavre enfoui ou pas, en présence d'eau ou non, à l'ombre ou au soleil ;
- exécuter au laboratoire un certain nombre d'opérations relatives à la préparation et à l'identification du matériel vivant récolté.

Pour illustrer l'efficacité de la méthode entomologique en médecine légale, le Dr Leclercq nous cite quelques exemples. D'abord, celui de deux pilotes italiens dont l'avion s'était abîmé dans le désert du Cyrénaique le 28 février 1925 et dont les dépourvues furent découvertes le 8 juin suivant. Les cadavres étaient alors à l'état de squelette, sauf au niveau des articulations où subsistaient quelques parties molles, colonisées par des *Dermestes*. Pour établir la date de la mort des deux aviateurs, les experts italiens déposèrent des cadavres d'animaux là où



Les travailleurs de la mort

La mouche *Lucilia caesar* ①, l'acarien *Tyroglyphus siro* ② et le papillon *Aglossa pinguinalis* ③



l'avion s'était abîmé. Vingt-quatre heures après, apparaissent en effet des *Dermestes* qui pondirent des œufs, lesquels, quatre jours plus tard, donnèrent des larves, et, un mois après, des adultes. Les experts constatèrent alors que dans les mois très chauds (entre 15 °C et 30 °C), ces insectes peuvent réduire en vingt-quatre jours un cadavre à l'état de squelette, tandis que, pendant les mois plus froids (époque de l'accident), il leur faut de trente à quarante jours. Ils purent ainsi établir que deux générations de *Dermestes* s'étaient succédé sur les cadavres des deux aviateurs et que la mort remontait bien à quatre-vingt-dix jours avant leur découverte.

Puis notre Sherlock Holmes nous parle des énigmes qu'il a eu personnellement à résoudre. Le 21 mai 1947, dans les Ardennes belges, on découvre le cadavre d'un nouveau-né rongé par des larves de *Calliphora vicina* âgées de dix à vingt jours. Le Dr Leclercq en conclut que la mort doit remonter à la dernière semaine d'avril.

Le 10 octobre 1969, on découvre dans des broussailles le corps d'une femme recouvert de feuilles et de terre. L'autopsie, faite le 11 octobre 1969 à 8 h 15, détecte la présence de larves de *Calliphora vomitaria* au niveau des yeux. En tenant compte du temps nécessaire aux mouches pour arriver sur le cadavre, du moment de la ponte, de l'éclosion des œufs et de l'âge des larves, le Dr Leclercq peut faire remonter la date du décès au 6 octobre. Mieux : en faisant appel au relevé des températures, prises toutes les quatre heures à la station météorologique la plus proche, le jour du crime, et en tenant compte de l'heure du lever et du coucher de soleil ce jour-là, il peut conclure que le crime a été commis entre 9 h 30 du matin et 18 h, avant la tombée de la nuit.

Le 1^{er} octobre 1976, deux personnes portées disparues et recherchées par la police sont découvertes à 1 000 mètres d'altitude dans les Alpes. Disposées côte à côte, sous des branchages, elles sont à l'état de momies. Après les avoir transportées à la morgue, on relève sur leurs corps des traces d'acariens et de petits diptères impossibles à identifier, mais curieusement, on ne détecte aucune larve ou pupe de diptères des genres *Calliphora*, *Muscida* et *Sarcophaga*, et aucune larve ou nymphe de coléoptères *Dermestes*, témoins

du rancissement des graisses. Autrement dit, aucune des bestioles des trois premières es couades. Pour expliquer cette absence, on a d'abord supposé que

les victimes étaient décédées ailleurs, dans un lieu où les insectes n'auraient pu pénétrer. Cependant, une constatation était particulièrement troublante : des policiers avaient plusieurs fois patrouillé dans le secteur sans que les chiens qui les accompagnaient soient attirés par les cadavres. Le mystère fut éclairci quand les analyses des corps révélèrent la présence de grandes quantités de plomb et d'arsenic, substances à la fois répulsives pour les insectes et pour les chiens. A l'évidence, les deux personnes s'étaient suicidées à l'arséniate de plomb, là où l'on retrouva leurs dépouilles. Avec le temps, ces substances furent diluées par les pluies, rendant alors possible la colonisation des cadavres par les acariens et les diptères. L'expertise n'a cependant pas pu aboutir à une datation précise du décès des victimes.

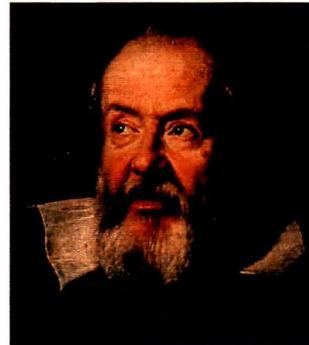
Sur les soixante-treize énigmes que le Dr Leclercq a eu à résoudre, c'est celle de Nadine Renardy, une jeune fille de 17 ans portée disparue le 18 août 1985, qui eut le plus grand retentissement dans la presse internationale. L'affaire commença par la découverte, le 29 avril 1986, dans un bois des Ardennes belges, d'ossements humains. Après avoir constaté l'absence de nombreux chaînons dans les différentes catégories d'insectes nécrophages, notamment ceux qui interviennent dans les premiers temps suivant la mort, le Dr Leclercq put établir avec l'aide de son équipe que l'endroit du crime n'était pas celui de la découverte des ossements, et que la date de la mort pouvait être fixée au 18 août 1985. Grâce à ses conclusions, on put arrêter rapidement les coupables qui avouèrent. Le scénario du crime s'était exactement déroulé comme le Dr Leclercq l'avait prévu.

A l'avenir, les candidats au crime devront donc davantage se méfier. Ils savaient déjà que les murs ont des oreilles, ils sauront désormais que les cadavres ont des antennes.

Pierre Rossion

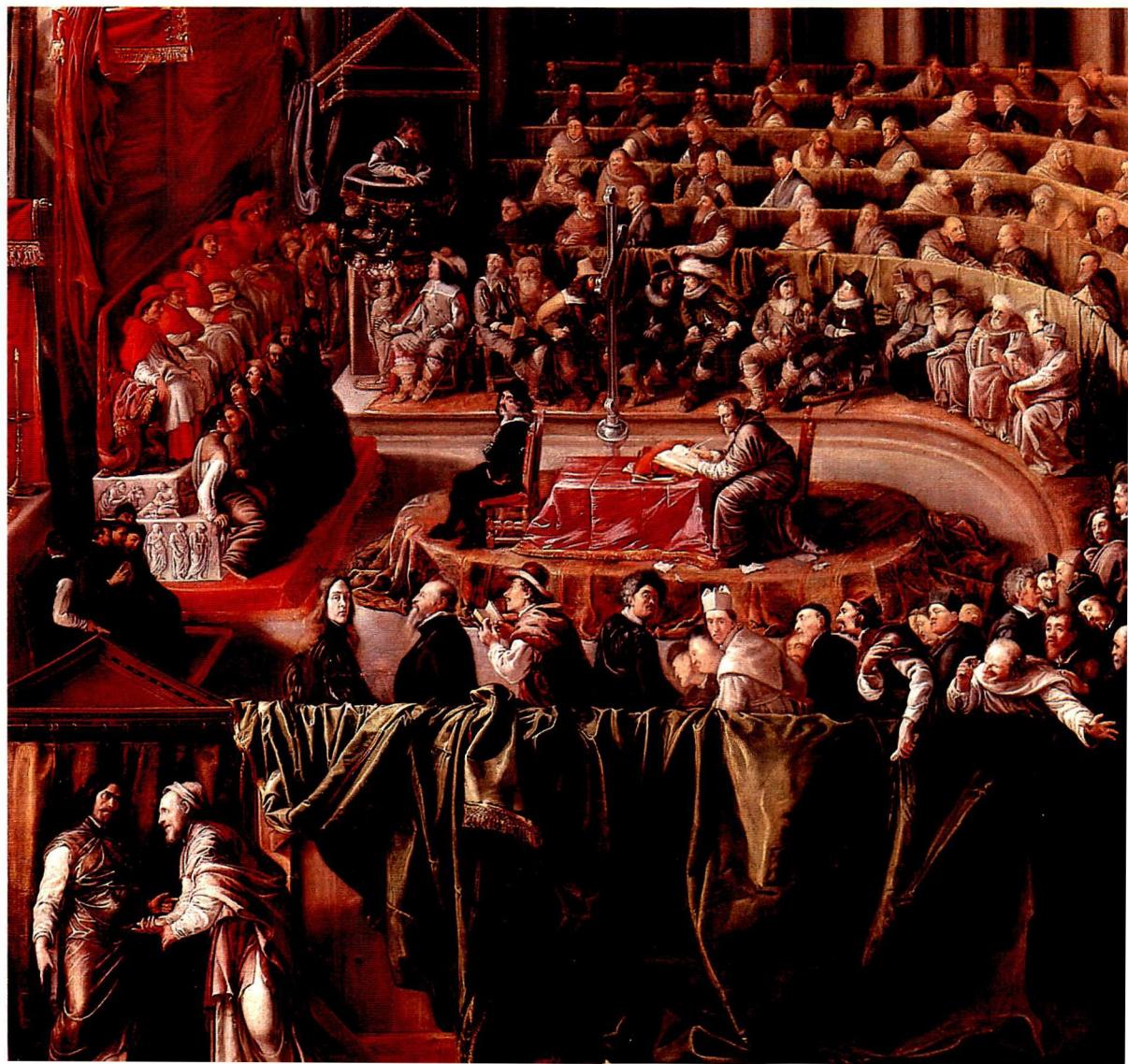
PAR MAURICE ARVONNY

DEUX ERREURS DE GALILÉE



Le pape a réhabilité Galilée. *Science & Vie* n'est pas aussi indulgent...

Ce grand génie, cet adversaire intraitable de la pensée magique, s'est souvent trompé. Parfois avec obstination. Nous revenons sur ses deux principales erreurs, qui concernent les comètes et les marées, pour en comprendre les raisons.



Galilée est souvent considéré comme le père de la physique, et par là, de la science moderne. On lui attribue la fondation de la méthode expérimentale, sinon la découverte de la démarche scientifique. Enfin, parce qu'il eut le goût du débat et qu'il écrivit ses œuvres majeures en italien et non en latin, on peut voir en lui l'initiateur de la vulgarisation scientifique.

C'est peut-être beaucoup pour un seul homme, qui savait d'ailleurs très bien faire sa publicité personnelle et ne souciait guère, sauf en ce qui concerne Archimède, de rendre justice à ses devanciers. Touche-à-tout de génie, Galilée a beaucoup emprunté. Mais il a toujours largement fait fructifier ses emprunts. Il s'est aussi souvent trompé. Mais

ses erreurs sont pour la plupart très intéressantes : elles l'ont aidé à progresser.

Quand Galilée se trompait, c'est souvent parce qu'il avait une vision claire du but à atteindre et que recourir à des arguments faux était le moyen le plus simple d'écartier les obstacles de sa route. Ainsi a-t-il nié des phénomènes liés à la tension superficielle, pourtant aisément observables, parce qu'ils auraient interdit l'établissement de lois simples en hydrostatique. C'était une erreur véniale : la théorie de Galilée était pour l'essentiel juste. Il s'est au fond contenté, comme tant d'autres après lui, de faire un peu trop bien "coller" l'expérience à la théorie.

En deux occasions, il s'est plus gravement trompé : en contestant l'existence des comètes, et en soutenant *mordicus* une théorie fausse sur les marées. Mais ces deux erreurs (sur lesquelles nous reviendrons plus loin) s'expliquent aisément. Les comètes et leur mouvement erratique menaçaient le système de Copernic (la Terre et les autres planètes tournent autour du Soleil), seul à même de fournir une description simple des cieux. Il ne pouvait donc y avoir de comètes, et Galilée déploya des trésors d'ingéniosité pour réfuter leur existence. Quant aux marées, la seule cause rationnelle qu'il pouvait leur imaginer était la rotation de la Terre. Il fallait donc qu'elles soient explicables par cette rotation. Il a forgé sur cette prémissse une théorie simple, et négligé – comme pour l'hydrostatique – tout ce qui allait à l'encontre. Mais, cette fois, la théorie était complètement fausse.

Galilée était un visionnaire. Quelles que fussent ses faiblesses, quels qu'aient été les mérites d'un Kepler – qui eut souvent raison contre lui – ou même d'un Descartes, il est difficile de ne pas le considérer comme le plus grand esprit de son époque.

Galilée naît à Pise le 15 février 1564 d'un père florentin – un commerçant aisé, par ailleurs bon joueur de luth et qui a laissé plusieurs œuvres de théorie musicale. Il commence des études de médecine, mais, dès 1583, se passionne pour les mathématiques et l'œuvre d'Archimède ; il démontre plusieurs théorèmes sur les centres de gravité. En 1586, il invente une balance hydrostatique en reconstituant la méthode qu'aurait utilisée Archimède pour prouver qu'une couronne n'était pas d'or pur. Doué d'une plume alerte, il se fait aussi remarquer par deux



Le Procès de Galilée, Ecole italienne, XVII^e siècle

La science contre la religion

Ou l'affrontement d'un physicien visionnaire et d'un pape ne pouvant tolérer qu'on mette en cause l'autorité de l'Eglise. L'abjuration de ses théories n'empêcha pas Galilée de poursuivre ses travaux. Ceux-ci ne seront toutefois publiés qu'en Hollande...

conférences, où il utilise ses connaissances mathématiques pour situer l'Enfer de Dante. Sa réputation s'accroît assez pour qu'il soit nommé, en 1589, à la chaire de mathématiques de l'université de Pise, un poste toutefois d'importance seconde à l'époque. Il y enseigne – c'est alors une obligation – le système astronomique de Ptolémée (la Terre est fixe au centre de l'Univers et les autres astres décrivent autour d'elle des combinaisons de mouvements circulaires). Il y découvre la "physique parisienne" : ainsi appelait-on la théorie de l'*impetus*, suivant laquelle la cause du mouvement d'un projectile était ce qu'on nommera plus tard son impulsion initiale, alors qu'Aristote voyait cette cause dans les propriétés du milieu où se meut le projectile. C'est la première fois que Galilée s'oppose à Aristote qui, écrit-il, «ignorait les plus élémentaires principes de la géométrie». Ce ne sera pas la dernière.

En 1592, il part pour Padoue, où il professera dix-huit ans. C'est là qu'il fait ses principales découvertes de mécanique, comme la loi de la chute des corps et le principe d'inertie (impossibilité de distinguer de l'intérieur l'immobilité et le mouvement uniforme). L'idée du principe d'inertie n'est pas entièrement nouvelle, la formulation générale attendra Descartes. Il n'empêche que c'est bien Galilée qui a mis ce principe au cœur de la mécanique.

Les célèbres expériences de la tour de Pise, racontées, après sa mort, par son biographe Viviani, sont très probablement imaginaires. Mais Galilée a ins-

tallé dans sa maison de Padoue un petit atelier où travaille un artisan habile. Il y fait construire des appareils d'expérimentation, mais aussi des instruments dont la vente augmente ses ressources : en particulier, une sorte de règle à calcul qui fit beaucoup pour son

Galilée a découvert les satellites de Jupiter

renom et fut utilisée jusqu'à l'apparition des tables de logarithmes. Ainsi peut-il, quand se répand en 1609 le bruit de l'invention en Hollande des premières lunettes d'approche, en retrouver le principe et construire, sans rien comprendre à l'optique, la "lunette de Galilée". Ayant vérifié sur des objets éloignés qu'elle en donnait une image agrandie, mais fidèle, il la tourne vers le ciel et découvre les satellites de Jupiter qui le rendent immédiatement célèbre. C'est ensuite l'aspect étrange de Saturne, qui paraît être en trois parties, puis les phases de Vénus.

De retour à Florence en 1610, "premier mathématicien et philosophe" du grand-duc Cosme II, il est nommé membre de l'Académie romaine des Lincei (des lynx), titre dont il sera très fier. Convaincu depuis au moins quinze ans de la validité du système

de Copernic, donc de la rotation de la Terre sur elle-même et de sa révolution annuelle autour du Soleil, il espère faire accepter ces idées par l'Eglise. Illusion : en 1616, Copernic est mis à l'index et Galilée se voit notifier que «la doctrine attribuée à Copernic ne peut être ni défendue, ni soutenue». Entre-temps, un débat sur l'hydrostatique l'a conduit à préciser ses travaux antérieurs et à rédiger son discours sur les corps flottants. Une autre polémique l'a opposé au jésuite Christophe Scheiner à propos des taches du Soleil. Il démontre que celui-ci a tort, ce que l'intéressé ne lui pardonnera pas.

En 1618, Galilée s'engage à propos des comètes dans une nouvelle polémique avec un autre jésuite – mais cette fois, c'est lui qui a tort. L'élection en 1623 du pape Urbain VIII, florentin comme lui, qui lui témoigne beaucoup d'estime et dont le neveu est un de ses amis, lui fait penser qu'en y mettant les formes et beaucoup de prudence, il pourra reprendre sa propagande en faveur de Copernic. Il écrit le *Dialogue sur les deux systèmes du monde* qu'après bien des efforts il fait accepter par la censure ecclésiastique et publier en 1632.

Les adversaires de Galilée s'offusquent ouvertement. Une citation malheureuse fait croire à Urbain VIII que Galilée s'est moqué de lui. En outre, le pape, en butte à des difficultés politiques, a grand besoin d'affirmer son autorité. Humilier publiquement Galilée, homme universellement connu et protégé des Médicis, est une manière de montrer où est le vrai pouvoir. L'affaire est soigneusement menée. Galilée échappera à la prison et à la torture, mais devra faire une retentissante abjuration publique, puis passer le reste de sa vie dans sa villa des environs de Florence, dans un isolement assez strict.

Il y reprend ses travaux anciens sur la mécanique, pour la plupart non publiés, et écrit son *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux nouvelles sciences se rapportant à la mécanique et au mouvement local*, où les trois personnages du *Dialogue* passent en revue les conceptions de leur ami académicien sur la dynamique et la résistance des matériaux. Le *Discours*, qu'il n'est pas envisageable de faire paraître à Florence, est publié en 1638 par l'éditeur hollandais Elzévir. Cette même année, Galilée, qui avait de nombreux projets, devient aveugle. Il dictera encore quelques textes à ses disciples Torricelli (l'inventeur du baromètre) et Viviani, et meurt le 8 janvier 1642.

Revenons sur ses deux grandes erreurs.

La nature des comètes. L'apparition à la fin du XVI^e et au début du XVII^e siècle de plusieurs comètes spectaculaires allait poser bien des problèmes aux astronomes et aux philosophes. Que l'on fût ptolé-

LES MARÉES : L'EXPLICATION ACTUELLE

méen ou copernicien, la permanence des phénomènes célestes restait un dogme. Or, les comètes brisaient apparemment cette intangibilité. On s'en était pratiquement accommodé en faisant d'elles des phénomènes "sub-lunaires", comme les arcs-en-ciel ou les étoiles filantes. Pour Aristote, les comètes étaient issues d'exhalaisons terrestres qui, chauffées par la rotation rapide du ciel, s'enflammaient spontanément. C'est l'astronome danois Tycho Brahe qui ruina cette explication commode. Ses mesures de parallaxe sur la comète de 1577 prouvent en effet que celle-ci était bien plus éloignée que la Lune (nous y reviendrons plus loin).

Une autre comète très brillante (ou peut-être la même) fut longuement visible dans les derniers mois de 1618. Galilée, malade, ne put l'observer lui-même, mais elle fut l'objet de nombreuses études. En 1619 fut publiée une conférence d'un jésuite, Oratio Grassi, professeur de mathématiques au Collège romain, qui se rangeait à l'opinion émise quarante ans plus tôt par Tycho Brahe et faisait des comètes des astres tournant autour du Soleil. En filigrane de cette affirmation pointait une attaque contre le système de Copernic.

Pour Galilée, toujours engagé dans la défense de l'approche copernicienne, même si, depuis 1616, il lui était interdit d'en faire état publiquement, cet éloignement des comètes était en effet bien gênant. Dans le modèle du monde qu'avait construit l'astronome de Cracovie, les planètes et la Terre elle-même décrivaient uniformément des cercles autour du Soleil. Galilée ne remit jamais en question ce mouvement circulaire uniforme. Pourtant, Kepler avait

Les marées sont principalement dues à l'attraction de la Lune, et secondairement à celle du Soleil. Mais c'est un effet différentiel. S'agissant du mouvement de l'eau par rapport à la Terre, ce qui compte est la différence entre l'attraction lunaire en un point et celle qui s'exerce au centre de la Terre. Pour le point A de la surface du globe situé exactement sous la Lune, l'attraction lunaire (F_L) est un peu plus forte qu'au centre de la Terre (F_0). Cela se traduit par une force résiduelle ($F_A - F_0$) dirigée vers la Lune, puisque F_A est plus grande que F_0 . L'effet est faible : l'accélération de la pesanteur ($9,8 \text{ m/s}^2$) est réduite de $1,128 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$. Mais bien qu'infinie, cette réduction suffit à augmenter la hauteur de la mer au voisinage de ce point.

Au point situé de l'autre côté de la Terre (B), on observe la même réduction de pesanteur. Ici la force d'attraction de la Lune (F_L) est plus faible qu'elle ne l'est au centre de la Terre, mais, comme elle s'exerce vers le centre de la Terre, la différence ($F_B - F_0$) est une force oppo-

sée à la direction de la Lune, puisque F_B est plus petite que F_0 . D'où une augmentation similaire de la hauteur de l'eau.

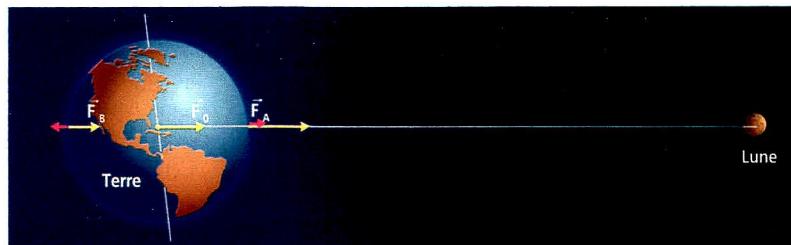
En clair, sur la face du globe exposée à la Lune, l'eau est plus proche de cette dernière et donc plus attirée que la Terre. Sur la face opposée, l'eau est plus éloignée que la Terre et donc moins attirée. Dans les deux cas, on obtient une "bosse" d'eau.

Ces deux "bosses" tendent à suivre le mouvement apparent de la Lune, et donc à tourner de l'est vers l'ouest. Si la Terre était uniformément couverte d'eau, cette rotation produirait deux marées par jour. Mais les continents bloquent la rotation de l'eau. Le seul mouvement possible est une oscillation – alternativement d'est en ouest et d'ouest en est – dont l'amplitude dépend de la forme des océans. L'Atlantique "répond" bien, les deux marées journalières y sont nettement marquées. Il n'en est pas de même dans le Pacifique.

Le Soleil a un effet similaire à celui de la Lune, mais la réduction de pesanteur qu'il crée est plus

faible : $0,504 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$. Les deux effets s'ajoutent à la nouvelle et à la pleine Lune (marées de vive-eau). Au premier et au dernier quartier, le Soleil "tire" dans une direction à peu près perpendiculaire à celle de la Lune, et la force résultante n'est guère supérieure à celle due à la seule Lune. La marée est moins forte (marée de morte-eau).

L'inclinaison de l'équateur sur l'écliptique (plan de l'orbite terrestre, qui coïncide à peu de chose près avec celui de l'orbite lunaire), ainsi que la non-circularité de ces deux orbites, ajoutent des termes correctifs à la force de marée. Le principal est un terme "diurne", qui tend à ne produire qu'une marée par 24 heures. Etant donné la grande largeur du Pacifique, c'est ce mode d'oscillation qui est favorisé dans cet océan. Les marées, plus faibles que dans l'Atlantique, y résultent du mélange d'une oscillation diurne, en général prépondérante, et d'une oscillation semi-diurne. Ce qui fait qu'en certaines zones, on observe tantôt une marée par jour, tantôt deux.



prouvé depuis plus de dix ans que l'orbite de Mars était elliptique, et énoncé ses deux premières lois : l'orbite des planètes est une ellipse dont le Soleil est un foyer ; cette orbite est parcourue suivant la loi des aires, une droite joignant le Soleil à la planète balayant des aires égales en des temps égaux.

Mais Galilée ne comprit jamais Kepler et ne le lut sans doute même pas, bien qu'il ait possédé plusieurs de ses livres et qu'il ait échangé plusieurs lettres avec lui. Il faut dire que Kepler ne faisait rien pour rendre son œuvre aisément accessible – il fera plus tard reproche à Galilée d'avoir, par ses prises de position publiques en faveur du schéma copernicien, rendu la science trop accessible et attiré de ce fait les foudres de l'Eglise. D'autre part, astro-

logue autant qu'astronome, il mélangeait souvent déductions mathématiques et arguments magiques d'une manière qui ne pouvait que rebouter cet adepte de la clarté intellectuelle qu'était Galilée. Ce dernier restait donc fermement convaincu de la circularité des orbites. Son adhésion au système de Copernic tenait d'ailleurs pour beaucoup au fait que celui-ci, de par la seule rotation de la Terre, supprimait déjà bon nombre de ces cercles qui rendaient si complexe le modèle de Ptolémée. Pour Galilée, la nature devait être simple.

Or, il était évidemment impossible d'attribuer aux comètes des trajectoires circulaires parcourues d'un mouvement uniforme. On sait maintenant que les comètes décrivent au moins des ellipses très allongées, voire des paraboles ou des hyperboles. Pour le système de Copernic tel que le comprenait Galilée, il y avait là une faiblesse grave.

Un esprit moderne remarquerait que le mouvement des comètes était encore moins conciliable avec le système de Ptolémée. Mais ce n'est pas ainsi que la question se posait alors. L'immobilité de la Terre étant encore pour chacun une évidence, l'approche de Ptolémée allait de soi ; s'il fallait rajouter quelques dizaines de cercles pour décrire le mouvement des comètes, c'était affaire de spécialiste et sans conséquence de fond.

Le système de Copernic au contraire heurtait un véritable tabou, qui n'était pas seulement religieux mais tenait à ce que chacun croyait constater l'immobilité de la Terre.

La seule manière pour les partisans de Copernic de faire partager leurs idées était, d'une part, de montrer qu'une rotation de la Terre n'était pas directement perceptible et, d'autre part, que l'installation du Soleil au centre du monde offrait une description simple et limpide du mouvement des astres. Or, les comètes n'entraient pas dans ce schéma simple. Galilée n'hésita pas, il supprima les comètes, ou du moins leur nia toute réalité, affirmant qu'elles n'étaient que de trompeuses apparences.

Et puisque Tycho Brahe avait installé les comètes au-delà de la Lune, feu à volonté sur Tycho Brahe. L'astronome danois n'était d'ailleurs pas copernicien. Séduit par les idées de l'astronome polonais, mais fermement convaincu de l'immobilité de la Terre, il avait proposé un modèle intermédiaire, où le Soleil tournait autour de la Terre et les planètes autour du Soleil. C'était une approche tout à fait acceptable pour l'Eglise, à laquelle s'étaient d'ailleurs ralliés bon nombre d'anti-coperniciens. Mais ce

n'était pas un modèle très élaboré. Tycho Brahe ne s'était guère soucié de sa cohérence avec les observations. Son disciple Kepler, calculateur virtuose, eut tôt fait de l'abandonner et de revenir à Copernic, malgré toute l'admiration qu'il portait à son maître.

Galilée attaqua donc le modèle de Tycho Brahe, ce qui était facile. Il s'en prit aussi à l'astronome lui-même, l'accusant de manquer de cohérence. Tycho Brahe avait installé la comète de 1577 sur une orbite circulaire autour du Soleil ; mais il avait bien été forcé de lui donner un mouvement non uniforme, et c'était là pécher contre l'exigence de simplicité.

En même temps, Galilée ne pouvait nier que la méthode des parallaxes telle que l'avait pratiquée Tycho Brahe, c'est-à-dire l'utilisation d'observations faites depuis deux points éloignés pour mesurer les distances, était un acquis précieux pour l'astronomie. Or, elle plaçait les comètes loin derrière la Lune. Seule solution pour s'en sortir : nier la réalité des comètes. Il déclara qu'il s'agissait d'un phénomène atmosphérique : des nuages, s'élevant très haut, sortaient du cône d'ombre de la Terre et réfléchissaient alors la lumière du Soleil. Ce qu'on voyait n'était donc qu'une image du Soleil, et ce qu'on mesurait avec les parallaxes était la distance de cette image, à laquelle ne correspondait rien de réel.

Galilée fit présenter cette vision des comètes par un de ses admirateurs, Mario Guidicci, dans une conférence à l'académie de Florence. Oratio Grassi n'eut pas de mal à deviner qui en était le véritable auteur, et publia à la fin de 1619 un opuscule en latin, *Libra (balance) astronomica ac philosopha*, où il "pesait" les opinions de Galilée à leur juste poids. Celui-ci répondit en italien dans *Il saggiatore* (l'Essayeur), petit chef-d'œuvre d'humour, mais dont la valeur scientifique est bien faible. Galilée s'y enferrait à tel point qu'en mettant bout à bout certains de ses arguments, on peut construire une démonstration convaincante de l'immobilité de la Terre. Il y eut encore une réplique de Grassi, puis Galilée comprit qu'il valait mieux s'en tenir là. Il en avait assez fait pour se mettre à dos l'ordre des Jésuites, ce qui n'arrangea pas les choses lors de ses démêlés quelques années plus tard avec le Saint-Office.

L'origine des marées. Ce que Galilée considérait comme son grand œuvre, le *Dialogue sur les deux systèmes du monde*, qu'il publia en 1632 et qui lui valut sa condamnation, aurait dû s'appeler *Dialogue sur les marées* si la censure n'avait refusé une si claire prise de position et demandé qu'on rétablisse l'équilibre entre Ptolémée et Copernic. L'ouvrage se présente comme une discussion de quatre jours entre Salviati – un copernicien déclaré –, Simplicio – tenant de la vision classique et donc du système de

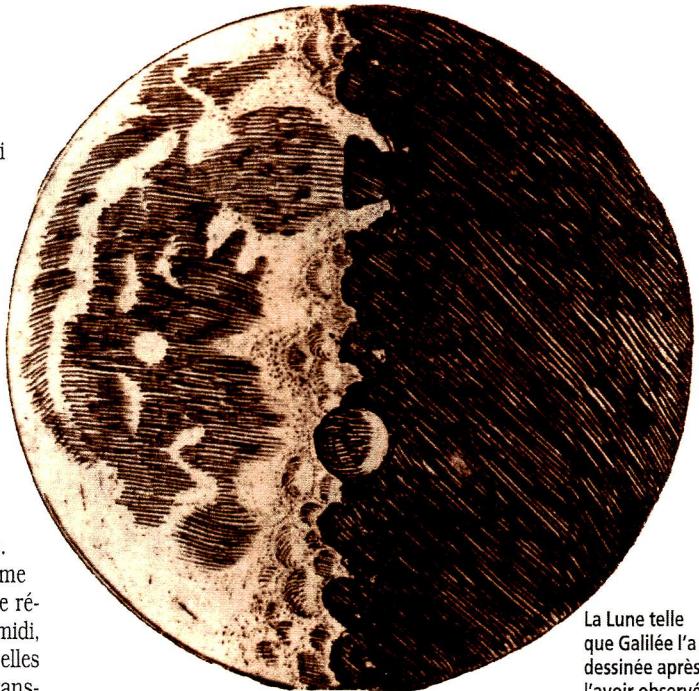
Ptolémée –, et le patricien vénitien Sagredo, qui les reçoit dans son palais (Simplicio est un personnage imaginaire, mais Salviati et Sagredo étaient deux amis de Galilée, morts à l'époque de la publication du livre). Galilée lui-même n'intervient pas, mais les personnages font fréquemment référence à "notre ami l'académicien".

La théorie des marées n'occupe que la quatrième journée du dialogue, mais elle s'en veut le point culminant. Aux yeux de Galilée, l'existence des marées prouvait la rotation de la Terre, elle était le critère qui tranchait entre Copernic et Ptolémée. Son explication du phénomène est simple, voire simpliste. Puisque la Terre tourne sur elle-même en même temps qu'elle tourne autour du Soleil, la vitesse résultante d'un point du globe est plus grande à midi, où les deux vitesses s'ajoutent, qu'à minuit, où elles se retranchent. Cette oscillation de vitesse se transmet à l'eau des océans et provoque le flux et le reflux.

Il y a plusieurs raisons pour laquelle cette analyse ne tient pas. L'une, que Galilée aurait pu noter lui-même, est que la marée est un mouvement de l'eau par rapport à la Terre. Or, celle-ci est en rotation uniforme. Aux tenants de l'immobilité de la Terre, qui prétendaient que si la Terre tournait d'ouest en est, une pierre lancée du haut d'un mât tomberait à l'ouest du pied du mât – c'est-à-dire en arrière du mât en raison du déplacement de celui-ci pendant la chute – Galilée avait longuement répondu que la pierre aussi tournait et qu'elle accompagnait le mât dans son déplacement vers l'est. De même, il affirmait que l'atmosphère tournait avec la Terre, raison pour laquelle on ne sentait pas un violent courant d'air. Si l'air était entraîné, l'eau devait l'être aussi. Certains ne manquèrent pas de lui faire cette objection. A quelques passages peu clairs du dialogue sur la houle qui subsiste après la chute du vent, montrant une capacité de l'eau à conserver un mouvement longtemps après que sa cause ait cessé, ainsi qu'à des remarques sur les vents alizés qui seraient les traces d'un entraînement imparfait de l'atmosphère, on peut supposer que Galilée sentait bien que son explication n'était pas convaincante.

L'autre raison qui fit rejeter la théorie de Galilée est qu'elle pouvait à la rigueur expliquer un flux et un reflux par vingt-quatre heures, mais certainement pas deux. Galilée admettait qu'il existait des causes secondes, sur lesquelles il était peu clair, qui modifiaient le rythme attendu d'un flot par jour.

Au fond, il est peu douteux que Galilée raisonnait en sens inverse. Il partait du fait que les marées



La Lune telle que Galilée l'a dessinée après l'avoir observée avec sa fameuse lunette.

existent, et jugeait que cette existence serait impossible si la Terre était immobile. Donc les marées devaient être dues au mouvement de la Terre et l'explication qu'il donnait devait être bonne, au moins pour l'essentiel.

On sait que les marées sont principalement causées par l'attraction lunaire (*voir encadré p. 71*). La coïncidence des heures de marées avec celles des passages de la Lune avait été notée de longue date. Certains avaient émis l'hypothèse d'une attraction par la Lune. Mais la notion d'action à distance, un demi-siècle avant Newton, était difficilement admissible et paraissait à Galilée pure magie. D'ailleurs, l'attraction lunaire ne rendait apparemment compte que d'une marée par jour, celle correspondant au passage de la Lune au-dessus du flot. Pour la deuxième marée, environ douze heures plus tard, la Lune était de l'autre côté de la Terre. Il fallait admettre qu'à travers la Terre elle repoussait l'eau, ou bien que celle-ci était attirée par le point du ciel opposé à la Lune, point où il n'y avait rien ; deux hypothèses encore moins compréhensibles. C'est la dynamique newtonienne qui établira comment l'attraction lunaire se traduit par une apparente répulsion. A l'époque de Galilée, les marées étaient véritablement des phénomènes inexpliquables. Le savant italien a compris qu'elles paraîtraient moins inexpliquables sur une Terre en mouvement que sur une Terre immobile, que leur existence suggérait une rotation de la Terre. C'était l'essentiel à ses yeux, et il n'a pas été trop regardant sur la manière dont cette rotation pouvait engendrer les marées.

Maurice Arvonny

PAR ALAIN MEUNIER

UN CORSET POUR LA TOUR

Alors que les débats font toujours rage, les autorités italiennes ont décidé d'agir. La tour penchée ne devrait pas s'écrouler. Mais la solution retenue est-elle la bonne ?



La tour de Pise est "câblée". Elle est ceinturée, jusqu'au troisième étage, par dix-huit câbles d'acier (**photo ci-dessus**), partie d'un dispositif destiné à empêcher le monument de s'effondrer. Car, au rythme actuel (en moyenne, 1 mm d'inclinaison supplémentaire par an, jusqu'à 1,26 mm certaines années – **voir encadré ci-dessous**), en 2080, le centre de gravité dépassera le point de stabilité et la tour s'écroulera⁽¹⁾. Elle n'aura donc même pas vécu un millénaire. Peut-être s'écroulera-t-elle avant : les pressions, beaucoup plus fortes du côté penché (9,8 kg/cm² contre 2,7 kg/cm² de l'autre côté), font déjà éclater les marbres du soubassement.

Bref, il semblait urgent d'agir. C'est chose faite depuis le 6 juillet dernier. La commission pour la consolidation de la tour de Pise (qui est la dix-septième du genre à se pencher sur la question !) a fait son choix parmi des milliers de plans de sauvetage, des plus farfelus aux mieux étayés. Les idées les plus loufoques ne manquent pas : retirer une "tranche" du premier étage, plus épaisse du côté où la tour ne penche pas que de celui où elle

penche, pour rétablir la verticalité de l'édifice, alléger le monument en creusant des trous dans le marbre, etc. Si on le laissait faire, un ingénieur milanais congelerait une vaste partie du terrain sous la tour à l'aide d'azote liquide, et des Japonais construiraient une piscine géante à sa base et en gèleraient l'eau, de façon à gainer de glace le pied de l'édifice... Sans parler des idées iconoclastes, comme d'accoller à la tour une bouteille de Coca-Cola géante, ou de la remplir de pâtes alimentaires !

Heureusement, elle est à l'abri de tels avatars. En effet, pour se conformer au vœu du gouvernement italien, le Pr Michele Jamiolkowski, président de la commission, a déclaré que les travaux ne devraient affecter en rien l'aspect du monu-

PORTRAIT D'UNE TOUR

Non seulement elle penche, mais en plus, elle est arquée. L'inclinaison ne date pas d'aujourd'hui : juste après la construction du troisième étage, en 1174, le terrains s'affaissa et l'architecte, Bonanno Pisano, décontenté, arrêta les travaux. Lorsque Giovanni da Simone, mandaté par l'archevêché, reprit la construction en 1280, la tour s'inclina encore plus. Il eut alors recours à un

subterfuge : il décida de corriger l'inclinaison en augmentant la longueur des colonnes et des murs du côté où la tour penchait ! Cela entraîna une rupture d'angle, d'où la forme incurvée, en "banane", de la tour.

Pis encore, quand la mort de Simone, à la guerre, interrompit à nouveau les travaux, à hauteur du septième étage, son successeur, Tommaso Pisano, décida à son tour

de redresser le huitième et dernier étage, accentuant l'aspect de "banane".

Tout cela n'empêcha pas pour autant le monument de continuer à s'incurver. En 1298, l'écart au sommet par rapport à la verticale était de 1,57 m. En 1817, cette inclinaison était passée à 3,77 m. En 1911, à 4,09 m ; elle atteint actuellement 5,20 m, soit 9°80'.

Outre cette inclinaison, la carte d'identité de la

(1) La stabilité peut s'évaluer simplement par la règle du tiers intérieur : si l'on divise la base en trois parties parallèles de largeurs égales, l'aplomb du centre de gravité ne doit pas sortir du tiers médian.

ment, ni à l'extérieur, ni à l'intérieur : la tour penchée restera la tour penchée, mais elle sera légèrement redressée et, surtout, stabilisée.

La solution finalement retenue avait, en fait, été proposée dès 1973 par le Dr Fritz Leonhardt, de Stuttgart. Le projet comporte trois étapes. La première consiste à établir des plans très précis de l'édifice et à mesurer les contraintes auxquelles il est soumis. La deuxième étape comprend deux stades : sangler les trois premiers étages dans un corset, constitué des fameux câbles, dont le rôle est d'assurer la cohésion des marbres en dépit de la compression qu'ils subissent ; puis installer sur la partie nord de la base de la tour (du côté opposé à la "pendaison") un contrepoids de plomb. La troisième étape, nous le verrons, est encore mal définie...

Retenir les pierres à l'aide de câbles et redresser la tour au moyen d'un contrepoids, l'idée semble toute bête, presque un jeu d'enfant. En fait, le problème est nettement plus complexe qu'il n'y paraît à première vue. Car, outre les exigences des autorités, les données que les ingénieurs doivent prendre en compte sont nombreuses et pas toujours faciles à évaluer avec précision.

La construction de la tour elle-même impose une certaine circonspection. Ainsi, les marbres ne sont pas partout identiques et leurs duretés diffèrent. Il est aussi difficile de savoir comment les murs, creux et comblés d'un remblai hétérogène (sable et débris de pierres), ou bien encore les colonnes, réagissent aux contraintes engendrées par le déséquilibre.

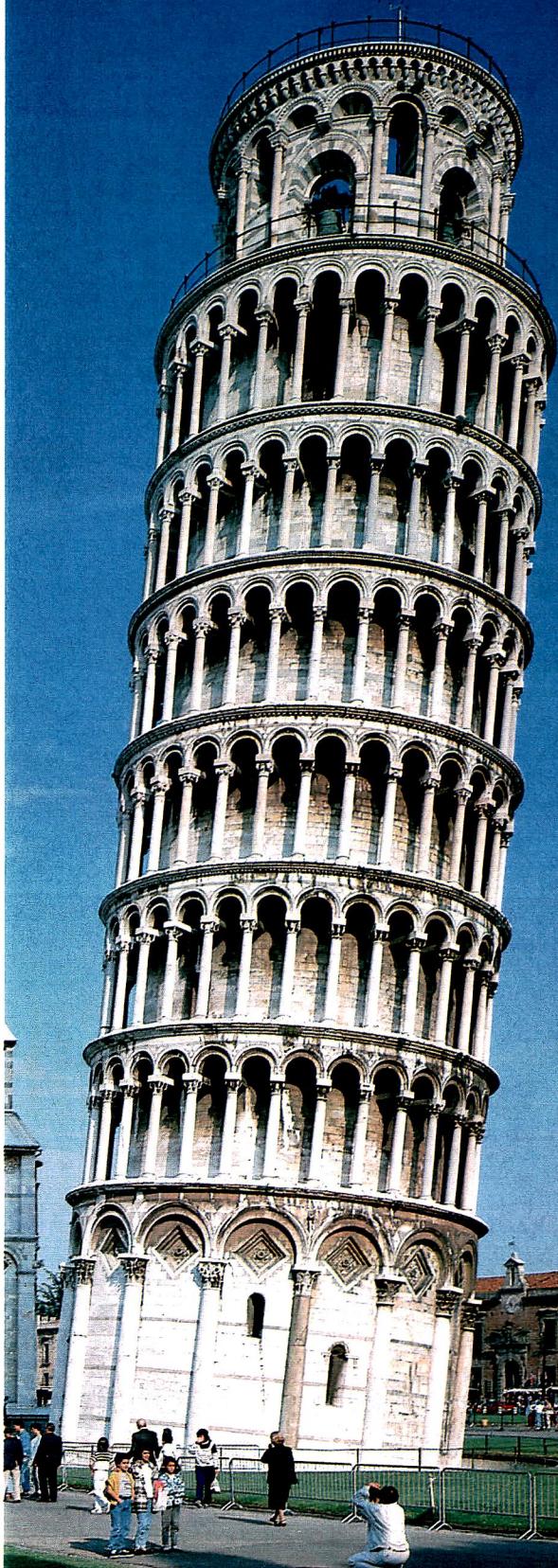
Les causes de l'inclinaison et de l'enfoncement sont elles aussi multiples : il y a bien sûr la nature du sol, terrain alluvionnaire constitué de sables et

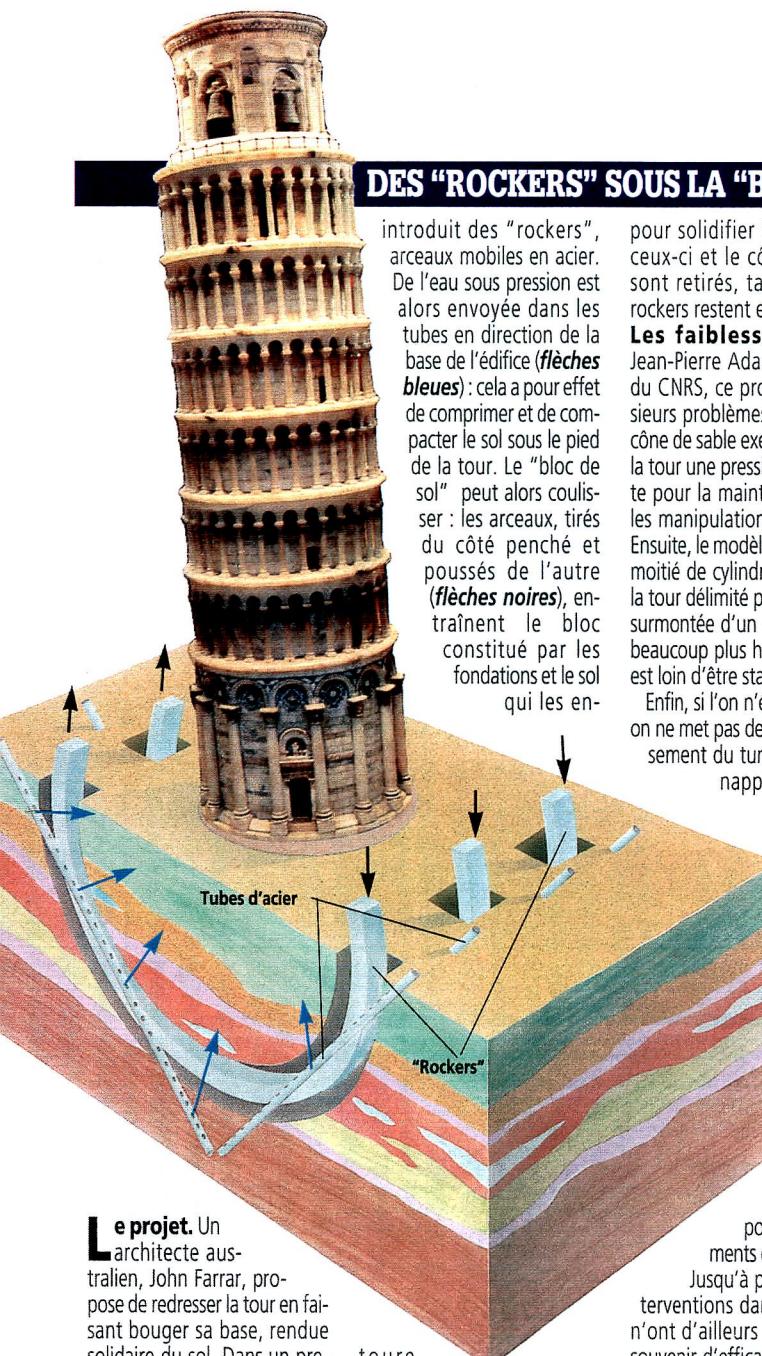
PENCHÉE... ET COURBÉE !

tour (établie avant les relevés photogrammétriques de l'IGN, avec les imprécisions que cela implique) est actuellement la suivante : hauteur maximale, 56,70 m ; diamètre intérieur à la base, 7,37 m ; diamètre extérieur à la base, 15,48 m ; les fondations ont 3 m de profondeur. La tour comporte un escalier intérieur de 294 marches et les murs ont une épaisseur de 3 m. Son poids ? Environ 14 500 t. Elle s'en-

foncera lentement de 8 à 10 mm par an.

Dotée dès l'origine de sept cloches accordées aux sept notes de la gamme, la tour avait pour fonction de marquer les heures, les événements importants de la cité... et la reprise des cours à l'université. Au milieu de ce siècle, elles ont été remplacées par un dispositif électronique, pour éviter des vibrations intempestives.





Le projet. Un architecte australien, John Farrar, propose de redresser la tour en faisant bouger sa base, rendue solidaire du sol. Dans un premier temps, on élève un cône de sable autour de l'édifice, jusqu'au troisième étage, pour la stabiliser pendant les travaux. Puis on glisse, de chaque côté, quatre tubes d'acier percés de trous et formant un V sous la tour. Cela fait, on creuse ensuite un tunnel central en demi-cercle sous la tour et deux autres de part et d'autre. On y

DES "ROCKERS" SOUS LA "BANANE"

introduit des "rockers", arceaux mobiles en acier. De l'eau sous pression est alors envoyée dans les tubes en direction de la base de l'édifice (**flèches bleues**) : cela a pour effet de comprimer et de compacter le sol sous le pied de la tour. Le "bloc de sol" peut alors coulisser : les arceaux, tirés du côté penché et poussés de l'autre (**flèches noires**), entraînent le bloc constitué par les fondations et le sol qui les en-

pour solidifier la base. Puis ceux-ci et le cône de sable sont retirés, tandis que les rockers restent en place.

Les faiblesses. D'après Jean-Pierre Adam, architecte du CNRS, ce projet pose plusieurs problèmes. D'abord, le cône de sable exercerait contre la tour une pression insuffisante pour la maintenir pendant les manipulations ultérieures. Ensuite, le modèle réalisé – une moitié de cylindre (le socle de la tour délimité par les tunnels) surmontée d'un cylindre creux beaucoup plus haut (la tour) – est loin d'être stable.

Enfin, si l'on n'étaie pas ou si on ne met pas de vérin, le creusement du tunnel dans une nappe phréatique

tournerait immuablement à la catastrophe. J.-P. Adam propose d'étudier ce modèle sur une maquette géante, comme on le fait maintenant

pour les tremblements de terre.

Jusqu'à présent, les interventions dans le sous-sol n'ont d'ailleurs pas laissé un souvenir d'efficacité : on avait tenté, en 1838, d'isoler la tour dans une enceinte profondément ancrée, destinée à réduire la souplesse du terrain, mais qui, en fait, avait provoqué des mouvements incontrôlés de la nappe phréatique. En 1934, on injecta quelque 93 t de ciment dans la base : ce lest alourdit la tour, qui se mit à s'enfoncer encore plus vite du "mauvais" côté.

d'argiles de différentes natures, déposés par l'Arno au cours des siècles. La présence d'une nappe phréatique, dont le niveau varie entre 1,50 m et 2,50 m sous la surface du sol, ne constitue pas non plus un mince problème. Le sol souple et gorgé d'eau est donc une véritable éponge, comme celui de Venise... Enfin, la pression qui s'exerce sur le côté incliné aggrave l'enfoncement de la tour à raison de 8 à 10 mm par an.

Pour tout arranger, on a découvert en août dernier, à une profondeur d'une trentaine de centimètres seulement, les vestiges d'une villa du IV^e siècle et deux momies d'enfants datant de l'époque étrusque ; et ce, à 10 mètres de la tour. En fait, le sous-sol de Pise, jadis grand port étrusque puis romain, et occupée sans interruption depuis vingt-trois siècles, doit abonder en ruines de ce genre.

On comprend, dans ces conditions, qu'il était absolument nécessaire, dans un premier temps, de dresser des plans détaillés du monument. Car, aussi bizarre que cela paraisse, il n'en existait pas. C'est à un organisme français, l'Institut géographique national (IGN), que les Italiens ont confié cette tâche. Dès 1972, l'IGN avait mis au point une méthode, la photogrammétrie, permettant d'obtenir une représentation en volume d'un bâtiment. Comme la

photographie aérienne en relief, cette technique utilise un jeu de photos du même objet, prises sous des angles différents mais se chevauchant. Dans le cas présent, la tour a été constellée de plus d'un millier de cibles servant de repères, destinés à assurer la superposition stéréoscopique exacte des photos. Un modèle en trois dimensions a été réalisé grâce à 1 200 vues, ainsi que des plans au 1/50.

Cette représentation tridimensionnelle, bien qu'indispensable, ne permet pas à elle seule de déterminer la répartition des forces s'exerçant sur l'édifice. On a donc disposé toute une batterie d'appareils enregistrant, en permanence et à différents niveaux, les changements d'inclinaison, les secousses et les contraintes subies par le marbre (matériau qui constitue presque exclusivement la tour). Cependant, même avec toutes ces données, il reste difficile d'évaluer la stabilité de la tour, cylindre creux, hétérogène et composé, nous l'avons vu, de matériaux de résistances différentes. Des modèles mathématiques, utilisés en architecture, pourraient y aider, mais ils sont conçus pour des sols fermes, non pour des terrains alluvionnaires.

La deuxième étape, on l'a vu, a consisté à ceinturer la tour de dix-huit câbles d'acier (composés chacun, en fait, de sept filins emballés dans des gaines de Téflon dont la couleur est censée se fondre dans la pierre) pour assurer la cohésion des marbres et prévenir leur effondrement sous l'effet de la compression. Des capteurs, reliés à des ordinateurs, surveillent constamment et en tout point la tension des câbles, ajustée à 13 tonnes.

L'étape suivante est l'installation d'un contre-poids de plomb : il est prévu de placer de 600 à 800 t de plomb au pied de la tour (à l'opposé du côté où elle penche), sous forme de lingots empilés, d'un volume total d'environ 60 m³. Pour le moment, cette

phase des travaux n'a pas débuté. Apparemment, les Italiens prennent leur temps – ils ont déjà du retard sur le calendrier –, et en profitent ainsi pour approfondir les fouilles dans le voisinage...

Une fois la tour stabilisée et légèrement redressée sous l'action du contre-poids, comme l'espèrent les ingénieurs, on pourra passer à la troisième et ultime étape... dont personne ne sait encore exactement en quoi elle consistera ! Enlèvera-t-on les câbles qui, bien que très discrets, modifient tout de même un peu l'aspect du monument ? Laissera-t-on le contre-poids ? Il est question d'en ajouter un second : judicieusement positionné, il pourrait agir un peu comme un objet qui, placé en un point d'une éponge, exerce une poussée ascendante à la périphérie de ce point. Ou alors, consolidera-t-on le sol ? Cela dépendra, notamment, de l'angle dont on aura réussi à redresser l'édifice.

D'après les spécialistes, si le contre-poids est efficace, même un redresse-

LA TOUR "ENQUILLÉE"

Le projet, Giancarlo Carcano, un architecte milanais, propose de rendre la tour solidaire d'un tube en ciment coulé contre sa paroi intérieure et allant de la base jusqu'au sommet du premier étage. Ce tube cylindrique est prolongé jusqu'au sommet de la tour par une armature métallique cylindrique.

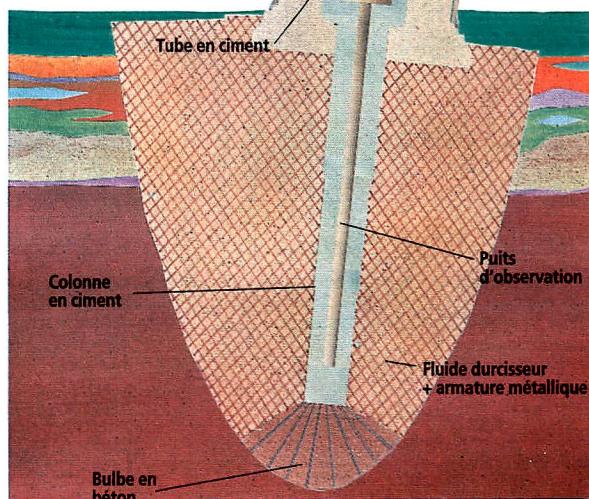
Vers le bas, il se poursuit par une colonne également en ciment, et comportant sur toute sa longueur un puits d'observation et plongeant dans le sous-sol sur une profondeur égale aux deux tiers de la hauteur de la tour.

Cette colonne se termine par un bulbe en béton armé. Un fluide durcisseur est ensuite injecté dans le sol autour de la colonne, armé de nombreux pieux métalliques en croisillons.

L'ensemble forme dans le sous-sol un cône dissymétrique dont la partie la plus large se trouve du côté opposé à celui qui penche. Ce cône agit comme une "quille" qui,

par son poids, redresse puis stabilise l'édifice. De ce point de vue, c'est certainement le meilleur projet.

Les faiblesses. Selon J.-P. Adam, du CNRS, le problème réside plutôt dans la pression exercée sur la base et le premier étage de la tour par le tube. Le marbre résisterait-il ? D'autre part, avant que le tube central soit achevé et le sol durci, il faudrait soutenir la tour. Autre objection, l'aspect intérieur du monument est modifié.



ment infinitésimal (d'une demi-seconde à une seconde d'arc), permettrait de retirer la ceinture de câbles du premier étage et de stabiliser l'édifice. De la sorte, la tour serait sauvée sans plus de frais et sans énormes déploiements de génie civil.

Si le contrepoids est efficace... Mais Jean-Pierre Adam, de l'Institut de recherche sur l'architecture antique du CNRS, se demande comment une masse de quelques centaines de tonnes déposée à la base de la tour pourrait ébranler un édifice de 14 500 t. En outre, d'après lui, le contrepoids aura pour effet d'enfoncer la tour un peu plus, alors que, jusqu'à présent, elle est encore en équilibre stable. **De là à prétendre qu'il ne faut rien faire**, il n'y a qu'un pas, que franchit allégrement l'historien

Piero Pierotti : pour lui, il faut laisser la tour subir son sort⁽²⁾. De même, le 31 juillet 1992, lors d'une *notte per la torre* (une nuit pour la tour), le Dr Sergio Sgorbi, député italien et critique d'art spécialiste de la restauration, s'est élevé contre les travaux actuels. Il pense que le mouvement est en train de s'arrêter et que la tour va trouver son équilibre définitif dans le sol de la Piazza dei Miracoli (place des Miracles). Selon lui, on n'a qu'à se contenter de réparer les fissures et d'homogénéiser les remblais.

D'autres proposent des solutions encore plus radicales. Ainsi, d'après le Pr Roberto di Stefano, de l'université de Naples, la méthode la plus sûre serait de démonter la tour pierre par pierre et de la reconstruire sur une base élargie. En 1871, une chapelle de marbre blanc avait ainsi été démontée et rebâtie à bonne distance de l'Arno, pour la mettre hors de portée des crues du fleuve. La démonstration la plus éclatante de l'efficacité du procédé a été fournie par les célèbres colosses d'Abou Simbel, en haute Egypte : à l'initiative de l'UNESCO, ils furent déménagés à distance raisonnable du barrage d'Assouan avant la mise en eau du lac Nasser.

Sœurs siamoises

Un autre architecte milanais, qui ne manque pas d'humour, propose d'accoller à la tour une tour jumelle, également réalisée en style roman pisan avec du marbre de San Giulano. Cette "deuxième tour de Pise" pencherait évidemment... en sens inverse de sa sœur jumelle. Une galerie reliant les deux tours solidifierait l'ensemble.

Les fondations de cette nouvelle tour seraient nettement plus profondes, et formées de caissons dans lesquels on installerait un parking, une salle de réunion, voire un musée.

Sa base élargie serait elle-même stabilisée par des pieux métalliques ancrés dans la nappe phréatique. La nouvelle tour pourrait servir d'hôtel.

Alain Meunier

(2) Piero Pierotti est l'auteur de deux ouvrages aux titres provocateurs, *Comment faire tomber la tour ?* (1990), et *Une tour à ne pas sauver* (1990), tous deux publiés chez Pacini éd.

SŒURS SIAMOISES

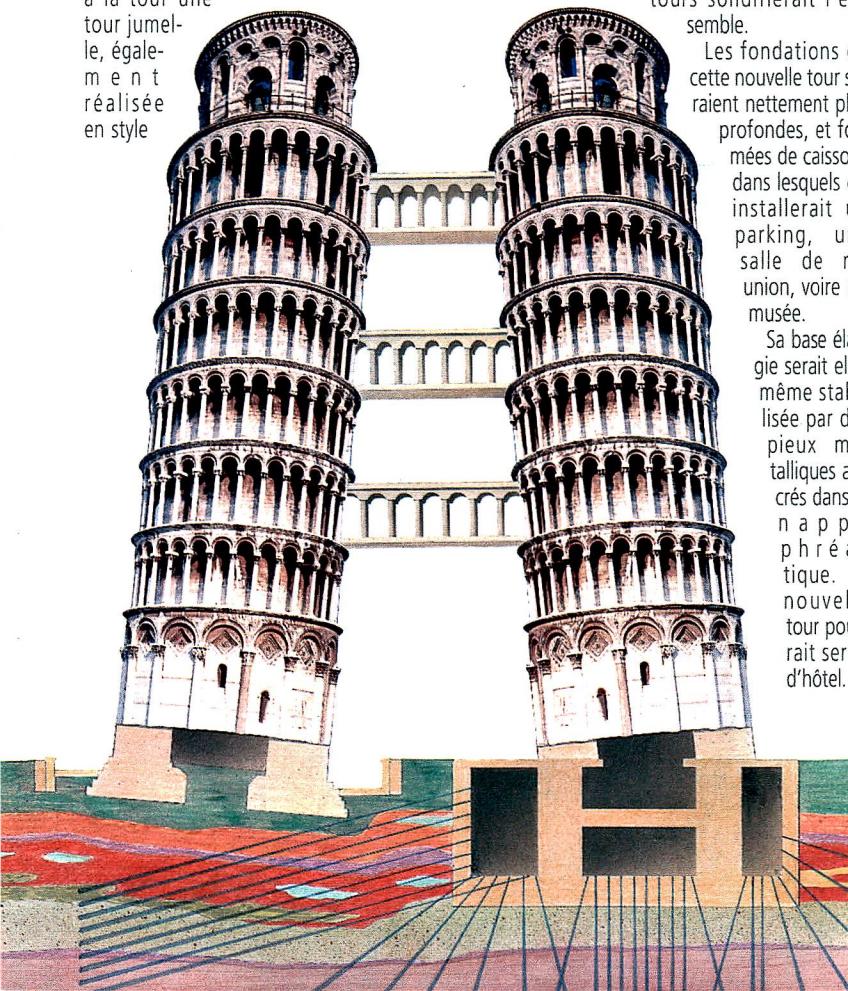
Un autre architecte milanais, qui ne manque pas d'humour, propose d'accoller à la tour une tour jumelle, également réalisée en style

roman pisan avec du marbre de San Giulano. Cette "deuxième tour de Pise" pencherait évidemment... en sens inverse de sa sœur jumelle.

Une galerie reliant les deux tours solidifierait l'ensemble.

Les fondations de cette nouvelle tour seraient nettement plus profondes, et formées de caissons dans lesquels on installerait un parking, une salle de réunion, voire un musée.

Sa base élargie serait elle-même stabilisée par des pieux métalliques ancrés dans la nappe phréatique. La nouvelle tour pourrait servir d'hôtel.



ECHOS DE L'INDUSTRIE

ELECTRONIQUE

La sidérurgie japonaise secoue les puces

A coup de centaines de milliards de yens, les aciéristes japonais sont en train de se tailler une place au soleil sur le marché des circuits intégrés.

Au risque d'ébranler l'industrie mondiale des semi-conducteurs.

Kawasaki Steel et Kobe Steel ont produit cette année plusieurs millions de tonnes d'acier et... quelques kilos de semi-conducteurs. Premiers sidérurgistes au monde à se lancer dans la fabrication de puces électroniques, ils seront bientôt rejoints dans cette voie par le numéro 2 de la sidérurgie nippone, NKK (en avril prochain), puis par le numéro 1 Nippon Steel (dans quelques mois). Des hauts fourneaux aux salles blanches, du laminage en continu à la gravure au dixième de micromètre, le parcours était loin d'être évident...

Les aciéristes ont du mal à se faire à l'idée qu'ils ne sont plus les poids lourds de l'industrie mondiale. Ce n'est donc pas sans amertume qu'ils ont vu ces dernières années le silicium détrôner l'acier comme matériau de base de la croissance, au fur et à mesure que les industries de l'information (électronique, informatique, télécoms) prenaient le pas sur les industries lourdes au hit-parade des profits et des revenus. Depuis une quinzaine d'années, le chiffre d'affaires du leader Nippon Steel stagne aux alentours de 100 milliards de francs.

En 1975, cette somme rondelette représentait cinq fois les ventes cumulées de tous les fabricants de semi-conducteurs nippons. Aujourd'hui, elle n'en représente plus que les deux tiers, l'industrie japonaise des puces amassant des revenus annuels de près de 150 milliards de francs.

Les aciéristes japonais ont senti le vent du boulet vers le milieu des années quatre-vingts (en 1986, leurs pertes conjuguées ont atteint

400 milliards de yens, soit près de 16 milliards de francs). Ils ont immédiatement réagi par une diversification tous azimuts de leurs activités, principalement dans des secteurs de haute technologie : nouveaux aciers, bien sûr, mais aussi biotechnologies, informatique, nouveaux matériaux. Et surtout, microélectronique. La production de circuits intégrés,

industrie prometteuse s'il en est, est en effet celle qui réclame à ses acteurs le plus de moyens financiers pour survivre. Une usine de composants, obsolète au bout de trois ou quatre ans, coûte plusieurs milliards de francs, et les cycles de pénurie/surproduction qui affectent le marché des puces imposent aux industriels d'avoir les reins solides : il faut savoir traverser les périodes de vaches maigres.

Les sidérurgistes japonais, dont la puissance financière est colossale, ont vu là un terrain idéal. Et ils n'y sont pas allés par quatre chemins : plutôt que d'acheter des équipements de fabrication de puces, ils se sont payé... les fabricants d'équipements. Et plutôt que de gaspiller du temps à acquérir un savoir-faire en microélectronique, ces éléphants d'acier ont préféré passer des alliances – au prix fort – avec des spécialistes du secteur, américains pour la plupart. Nippon Steel s'est assuré le concours de VLSI Technology, et Kawasaki Steel, celui de LSI Logic. Quant à Kobe Steel, il s'est allié à Texas Instruments.

Pour se payer leur ticket d'entrée dans le



(suite)

monde des composants électroniques, les aciéristes ont mis chacun plus de 100 milliards de yens sur la table.

Cette charge de marmouths n'est cependant pas tout à fait aveugle : nos apprentis électroniciens se sont bien gardés d'attaquer de front les Toshiba, Hitachi et autres Nec sur le marché-phare des mémoires dynamiques (les fameux circuits DRAM, utilisés pour les mémoires "vives" des ordinateurs), le plus juteux mais aussi le plus complexe. Kawasaki Steel et Kobe Steel ont choisi pour débouter les circuits ASIC (circuits "sur mesure" fabriqués en petites séries). NKK s'appuie, lui, à produire des mémoires de type SRAM (mémoires statiques à accès ultra-rapide).

La menace la plus immédiate pour les champions nippons des semi-conducteurs vient des "chaebols" sud-coréens comme Lucky-Goldstar ou Samsung : ces grands conglomérats industriels, actifs de l'électroménager jusqu'au nucléaire, possèdent des réserves de capital qui n'ont rien à envier à celles des aciéristes japonais, et la même soif - récente - de composants électroniques. En un clin d'œil, Samsung est ainsi devenu le numéro 2 mondial des circuits de mémoire dynamique, réussissant même à supplanter les fabricants nippons sur ce marché aux Etats-Unis.

L'industrie microélectronique est devenue si gourmande en capital que seuls les mastodontes semblent y avoir un avenir. Les récentes alliances IBM-Siemens-Toshiba et AT&T-Nec en vue de la conception des puces de l'an 2000 (1) le confirment amplement.

(1) Voir *Science & Vie* n° 903, p. 90.

ELECTROMÉNAGER

Les dangers du "flambant neuf"

Matsushita, leader de l'électroménager sur le marché nippon, veut visiter 10 millions de familles à travers l'archipel afin de savoir dans quelles conditions les Japonais utilisent leurs réfrigérateurs, télévisions et autres machines à laver. Une opération d'une ampleur sans précédent, dont le but officiel est d'accumuler des données afin de concevoir des équipements plus proches de l'utilisateur et de promouvoir les dernières gammes du fabricant. Les mauvaises langues susurrent cependant que cette "campagne de recherches", lancée en septembre dernier, aurait un objectif moins glorieux : il s'agirait pour Matsushita de récupérer

les milliers d'appareils défectueux, voire, pour certains, dangereux.

Voilà trois ans, l'industriel prévenait ses clients par petites annonces que certains modèles de téléviseurs devaient être retournés aux concessionnaires pour réparation. L'un de ces appareils était à l'origine d'un incendie. Un an plus tard, Matsushita devait répéter l'opération, pour des machines à laver cette fois. Les taux de retour furent respectivement de 70 et 85 %, ce qui signifie que plusieurs millions d'appareils potentiellement dangereux sont encore aujourd'hui en service. Enfin, il y a quelques semaines, la firme japonaise révélait que 500 000 de ses

réfrigérateurs produits entre 1986 et 1990 souffraient de défauts dans leur système de refroidissement.

Ce genre de mésaventure n'est pas rare dans les industries grand public. Régulièrement, les constructeurs automobiles, en particulier, doivent rappeler une partie de leur production. Un risque d'accident, même très faible, peut poser de gros problèmes quand il concerne un produit diffusé à des centaines de milliers d'exemplaires. Numéro 1 mondial de l'électronique grand public, Matsushita est particulièrement exposé. L'industriel a toutefois démenti que sa "campagne de recherches" soit destinée à la collecte de "moutons noirs".

BOURSE

Les experts battus par les fléchettes

Prenez un jeu de fléchettes. Associez aux fléchettes (ou à des zones de la cible) des valeurs cotées en bourse. Tirez, puis recensez les valeurs "gagnantes". Vous venez de vous composer un portefeuille d'actions aussi performant que celui qu'auraient pu vous conseiller - au prix fort - les meilleurs analystes de la place. C'est en tout cas la conclusion à laquelle est arrivé John Dorfman, chroniqueur au *Wall Street Journal*, au vu d'une expérience menée depuis six ans, au cours de laquelle analystes et lanceurs de fléchettes se sont affrontés 29 fois. Pas moins de 13 fois, les fléchettes ont "épinglé" des portefeuilles plus perfor-

mants que ceux des professionnels. Mieux : en 1992, les "lanceurs" l'ont emporté sur les experts par 2 à 1.

Les Anglais, qui préfèrent circonscrire l'usage des fléchettes à la pénombre des "pubs", se sont tournés vers les réseaux de neurones artificiels pour prévoir les évolutions de l'indice boursier de la City, le fameux Footsie (FT-SE 100, l'équivalent de notre CAC 40). La grande force de ces réseaux est d'arriver à détecter de la cohérence là où un programme informatique classique ne voit que du "bruit", c'est-à-dire de l'aléatoire. Après avoir analysé les fluctuations d'un signal au long d'une période dite "d'apprentissage", un tel réseau

peut ainsi prédire ses valeurs futures, avec plus ou moins de bonheur selon les cas. Appliquée au baromètre de la bourse de Londres par la société d'investissement Barclays de Zoete Wedd (avec la collaboration du London University College), la technique s'est révélée particulièrement efficace, avec en moyenne des prévisions précises à 20 % près (contre 50 % par les méthodes traditionnelles).

Ces deux expériences amènent à se demander, *primo*, à quoi servent les analystes ? *Secondo*, des fléchettes et des neurones artificiels, lesquels sont les plus efficaces ? *Tertio*, les boursiers sont-ils des gens bien sérieux ?

Les promesses industrielles du "carbone nouveau"

Les industriels commencent à entrevoir un véritable eldorado derrière la nouvelle chimie du carbone, tant les applications des *buckyballs* et autres *buckytubes* semblent nombreuses et variées.

Puces électroniques ultra-rapides, lubrifiants hautes performances, batteries révolutionnaires, remèdes anti-cancéreux, etc. : demain, les *buckminsterfullerenes* raseront gratis ! Ces étranges édifices de carbone (¹), qui font aujourd'hui l'objet de 700 publications scientifiques par an (une toutes les treize heures !), n'en finissent plus, en effet, d'aligner des promesses. Problème : des applications concrètes verront-elles jamais le jour ?

La mère de la turbulente famille des *buckminsterfullerenes* (ou *fullerenes*) répond au doux nom de *footballene*, ou encore *buckyball*. Composée de 60 atomes de carbone, cette molécule sphérique a en effet la structure d'un ballon de football (voir photo). Sa découverte en 1985 a laissé les chimistes aussi pantois que des paléontologues déterrant un dinosaure à douze pattes (²). On ne connaissait jusqu'alors que deux configurations stables d'atomes de carbone, le graphite et le diamant.

La nouvelle variété, obtenue en vaporisant un barreau de graphite avec un arc électrique, présente une stabilité chimique et une solidité hors du commun : un groupe de *buckyballs* peut être réduit à 70 % de son volume initial (sous une pression de 3 000 atmosphères) puis reprendre sa forme originale à pression normale. Grâce à un accélérateur linéaire, une équipe

de l'Institut de physique nucléaire d'Orsay se sert ainsi des *buckyballs* comme de projectiles afin d'affiner la connaissance des phénomènes de collision.

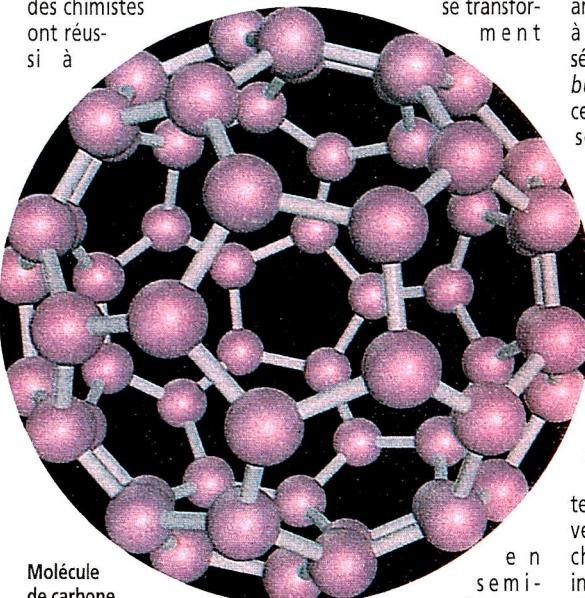
Ces derniers mois, des chimistes ont réussi à

avec du potassium, elles deviennent supraconductrices (elles n'opposent aucune résistance au courant électrique à basse température). Avec du bore ou du phosphore, les *fullerenes* se transforment

droits précis du corps.

Cette nouvelle chimie du carbone n'a pas fait qu'enfanter une famille nombreuse, elle a également créé un modèle architectural prometteur. Des chercheurs américains s'intéressent ainsi à des molécules-cages baptisées *met-cars* : des sortes de *buckyballs* dans lesquelles certains atomes de carbone sont remplacés par des atomes métalliques. Des composés carbone-titane ont déjà été fabriqués. Reste maintenant à étudier leurs propriétés électriques ainsi que leur intérêt comme catalyseurs, domaine où ces molécules s'annoncent très prometteuses. De nouvelles surprises ne sont pas à exclure.

Au confluent des nanotechnologies (l'usine au niveau moléculaire) et de la chimie supramoléculaire initiée par le prix Nobel de chimie Jean-Marie Lehn, les *fullerenes* affichent un potentiel impressionnant. Mais l'exemple récent des superconducteurs "chauds" (³), qui ont promis beaucoup et, à ce jour, tenu peu, incite à la prudence. Les *buckyballs* ne sont pour l'heure que de curieux animaux de laboratoire.



Molécule de carbone 60, ou *footballene*.

mettre au point des *fullerenes* de formes variées, composées de 32, 45 ou 50 atomes (les *buckyballs*) et, dans les grandes tailles, de 70, 84 ou 240 atomes. Il n'y a théoriquement pas de limite supérieure à la complexité de ces édifices. Des chercheurs japonais de chez Nec ont également découvert les *buckytubes* : des "feuilles" de carbones repliées en cylindres concentriques formant des fibres extrêmement résistantes.

Mieux : on sait maintenant greffer aux *fullerenes* divers éléments chimiques. Dopées

en semi-conducteurs.

Sous forme de couches minces, elles pourraient devenir concurrentes du silicium de nos circuits intégrés. Enfin, en attachant à chaque carbone un atome de fluor, on réalise des microbilles de Teflon qui forment un lubrifiant idéal. Parce qu'elles sont creuses, les *buckyballs* peuvent se transformer en parfaits pièges à atomes ou à molécules. Pharmaceutiques, par exemple : couplées à des anticorps agissant comme des "têtes chercheuses", elles pourraient être utilisées pour délivrer des molécules médicamenteuses en des en-

(1) Leur surnom est hérité de Buckminster Fuller, architecte célèbre par ses constructions juxtaposant pentagones et hexagones, comme le pavillon américain de l'Exposition universelle de Montréal.

(2) Voir *Science & Vie* n° 885, p. 42.

(3) Découverts en 1986 par des chercheurs d'IBM, ces nouveaux supraconducteurs devaient révolutionner l'électronique et l'électrotechnique. On attend toujours...

(suite)

ACCIDENTS

Risques industriels : qui doit craindre quoi ?

Responsable de la mort de six personnes, l'accident survenu en novembre dernier à la raffinerie Total de La Mède (Bouches-du-Rhône) vient dramatiquement rappeler combien notre perception des risques est biaisée. Les activités de secteurs de haute technologie comme le nucléaire ou le génie génétique, largement commentées, sont celles qui suscitent les craintes les plus vives dans le public. Mais ce

sont en fait des industries plus traditionnelles, comme la chimie ou l'agro-alimentaire, qui sont objectivement les plus dangereuses. Près de la moitié des 525 accidents industriels recensés en France en 1990 (1) sont survenus dans les secteurs du bois (13,3 %), de la chimie (13,1 %), de l'agro-alimentaire (11,6 %) ainsi que dans les entrepôts (9,3 %).

Si la nature du risque industriel est mal appréciée, son importance, elle, est

souvent surévaluée. Au hit-parade des peurs des Français, les risques technologiques arrivent en quatrième position, derrière la drogue, le sida et le terrorisme (2). Le bilan global du demi-millier d'accidents de 1990, au nombre desquels 387 incendies et 63 explosions, est de 23 morts et 141 blessés. Guère plus lourd que celui d'un weekend sur les routes.

Cependant, face à ce risque, tous les Français ne sont pas logés à la même enseigne. La fameuse directive Seveso, réglementation européenne qui impose aux sites potentiellement dangereux la mise en place de moyens de prévention appropriés assortis d'un contrôle public, concerne dans notre pays 367 sites industriels. A cette aune, ce sont les habitants de Basse-Normandie qui sont les plus exposés (48 établissements concernés), suivis par ceux de Rhône-Alpes (42), Nord-Pas-de-Calais (40) et Provence-Alpes-Côte d'Azur (39). Pour les anxieux, rappelons qu'une loi votée le 22 juillet 1987 stipule : «Les citoyens ont un droit à l'information sur les risques majeurs auxquels ils sont soumis dans certaines zones du territoire et sur les mesures de sauvegarde qui les concernent.»

■ **520 millions d'abonnés au téléphone sur la planète.** Selon les statistiques internationales sur les télécommunications compilées par l'Allemand Siemens, les raccordements au réseau continuent de se faire, au rythme de 25 millions par an. La Suède est bonne première avec 68 abonnés pour 100 habitants. La France vient en troisième position avec un score de 49, derrière les Etats-Unis (54), mais devant le Japon (45). C'est à Singapour que revient la palme de la cabine téléphonique : une pour 100 habitants.

■ La Bibliothèque de France (la "TGB") menace la forêt tropicale.

C'est ce qu'affirme le WWF-France (Fonds mondial pour la nature). Il proteste contre l'utilisation de l'ipé, un bois d'Amazonie très rare, pour la réalisation d'une esplanade de 5 hectares au pied du futur ensemble. «Les 600 arbres qui vont être employés dans cet ouvrage – correspondant à plus de 4 000 hectares endommagés au cœur de la forêt brésilienne – ne sont pas issus d'une exploitation rationnelle et renouvelable, mais d'un véritable pillage de la forêt amazonienne primaire», s'alarme le WWF.

■ Contre-attaque occidentale dans les écrans plats

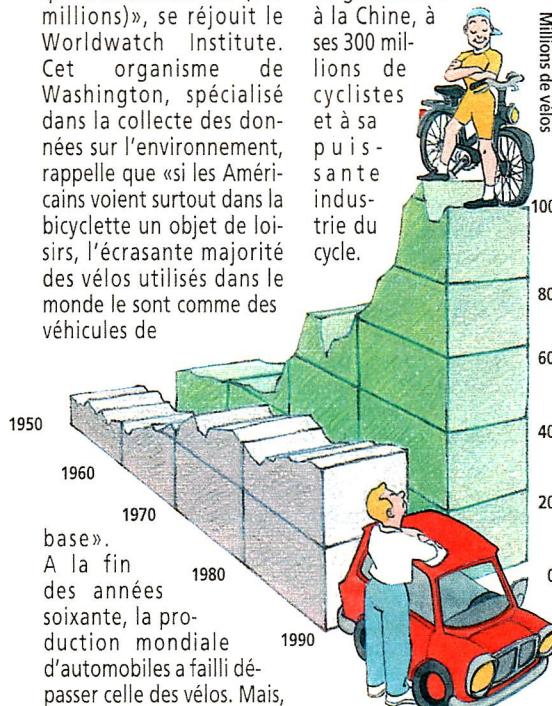
deux consortiums industriels, l'un américain (AT&T, Xerox, etc., avec vraisemblablement le soutien de la Défense), l'autre européen (Philips, Thomson et Sagem), partent à l'assaut de l'hégémonie japonaise dans ce secteur. Leur objectif : reprendre à leurs concurrents nippons une part significative d'un marché estimé aujourd'hui à 23 milliards de francs (plus de 35 milliards en 1995).

TRANSPORTS

Le vélo bat l'auto

«Il y a aujourd'hui plus de cyclistes (800 millions) dans le monde que d'automobilistes (460 millions)», se réjouit le Worldwatch Institute. Cet organisme de Washington, spécialisé dans la collecte des données sur l'environnement, rappelle que «si les Américains voient surtout dans la bicyclette un objet de loisirs, l'écrasante majorité des vélos utilisés dans le monde le sont comme des véhicules de

depuis, les deux-roues ont repris une bonne longueur d'avance (voir graphique). Un grand merci à la Chine, à ses 300 millions de cyclistes et à sa puissante industrie du cycle.



MÉTALLURGIE

Le niobium en hausse

1 200 tonnes : c'est la quantité de niobium (un métal rare) que vont absorber dans les cinq prochaines années les deux grands projets mondiaux de physique des hautes énergies, le *Superconducting Supercollider* américain et le LHC (*Large Hadron Collider*) du CERN à Genève. Sous forme d'alliages niobium-titanium ou niobium-étain, ce métal servira à la fabrication des bobinages supraconducteurs (présentant une résistivité électrique nulle à basse température) des grands électro-aimants utilisés dans les accélérateurs de particules pour générer d'intenses champs magnétiques.

Selon la firme anglaise



Câbles supraconducteurs en niobium-titanium qui seront utilisés dans l'accélérateur LHC du CERN.

Roskill, spécialisée dans les études de marché sur les métaux et minéraux, la demande mondiale de niobium s'est élevée à 20 000 tonnes en 1991. Ce

métal a pour principal débouché la sidérurgie (85 % du marché), où il sert à la fabrication d'acières spéciaux. Il est aussi utilisé par l'industrie aéronautique pour des

alliages hautes performances ainsi que par les fabricants d'électro-aimants à usage industriel ou médical (imagerie par résonance magnétique, par exemple).

■ Plus de voitures à essence dans dix ans ?

C'est ce que craint Jean-Yves Le Déaut. Le vice-président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (organisme commun à l'Assemblée nationale et au Sénat) prévoit que d'ici 2003, sans modification de la fiscalité sur les carburants, les véhicules diesel régneront en maîtres sur le marché automobile. Avec, à la clé, deux inconvénients majeurs : une pollution accrue (mal réglés, les moteurs Diesel sont plus polluants que les moteurs à essence) et la perte de 20 milliards de recettes fiscales. Les taxes sur le gazole sont en effet deux fois moins élevées que celles sur le super plombé. Ce qui explique d'ailleurs que les véhicules diesel aient vu leur part, dans les nouvelles immatriculations, passer de 17,5 % en 1989 à 39 % aujourd'hui.

INFORMATIQUE

Les chercheurs français et la "sixième génération"

L'INRIA (Institut national de recherche en informatique et automatique) a fêté en décembre dernier son vingt-cinquième anniversaire. Dans la bonne humeur. La recherche française en informatique avancée ne se contente pas de compter parmi les meilleures sur le plan international, elle réussit également à stimuler le tissu industriel du pays. L'institut de Rocquencourt (Yvelines) a déjà signé 200 contrats de recherche avec diverses entreprises et vu fleurir dans son sillage une vingtaine de sociétés (que les Américains qualifieraient de spin-off). Parmi celles-ci : Simulog (simulation et modéli-

sation), Ilog (intelligence artificielle), 02 Technology (bases de données dites "orientées objets", une nouvelle approche de la gestion de données) et Connexité (calcul scientifique).

Les autres sociétés créées par les chercheurs de l'INRIA sont actives dans le génie logiciel (Verilog, Infosys, Euclid), la robotique (Aleph Technologies, Robosoft), le traitement et l'analyse automatique d'images (Istar, Noesis, Timeat), les logiciels de base (Chorus Systèmes, Finaki), l'informatique industrielle (Lorin), etc. Au total, l'ensemble de ces spin-off représente un chiffre d'affaires annuel de

480 millions de francs – un peu plus que le budget annuel de l'INRIA (470 millions) – et 600 emplois.

L'INRIA, qui a collaboré étroitement avec les Japonais de l'ICOT (Institute for New Computer Technology) sur le programme de "cinquième génération" (l'ordinateur "intelligent"), sera associé au projet qui lui succède, le *Real World Computing Program* (ou "sixième génération"), qui vise notamment à améliorer la communication entre l'homme et la machine, et à rendre cette dernière capable de traiter des données incertaines ou incomplètes. Bref, à rendre l'ordinateur moins rigide.

(suite)

À L'ÉPREUVE DU MARCHÉ

VOITURE ÉLECTRIQUE : LE PLEIN D'ILLUSIONS !

L'automobile électrique revient en fanfare, mais toujours sans batterie.

Vingt-deux villes françaises s'apprêtent à goûter aux bienfaits de la propulsion électrique. Sélectionnées en octobre dernier par les pouvoirs publics, ces agglomérations pilotes seront progressivement équipées de bornes standardisées pour la recharge des



La Zoom de Matra-Renault.

batteries. Objectif de l'opération, d'un coût de 500 millions de francs : préparer le terrain pour le véhicule électrique, dont l'avènement est prévu à l'horizon 1995.

C'est en effet à cette date que devraient être commercialisées les premières berlines électriques de série. A des prix comparables à ceux des véhicules classiques, affirment les constructeurs. Ces premières unités disposeront d'une autonomie d'au moins 100 km et atteindront de 90 à 120 km/h en vitesse de pointe. Parmi les candidates, des modèles classiques "électrifiés" : les Renault Clio Elektro, Fiat Cinquecento Elettra, Citroën AX et Peugeot 106 électriques. Peugeot-Citroën table sur des ventes

de 3 000 unités dès 1995, et de 50 000 vers la fin de la décennie. La clientèle : des citadins aisés et, dit-on, "branchés", pour lesquels la voiture électrique sera un véhicule de complément.

Bref, l'automobile électrique, ça roule – ou, du moins, ça va rouler. Cependant, en y regardant d'un peu plus près, on a du mal à partager ce bel enthousiasme. Le regain d'intérêt actuel pour la propulsion électrique a pour origine, non pas des progrès technologiques déterminants, mais des législations anti-pollution de plus en plus sévères. Comme celle adoptée par la Californie en 1990, qui impose aux constructeurs de réaliser dès 1998 2 % de leurs ventes avec des véhicules "zéro émission" (c'est-à-dire, en l'état des techniques, électriques). La barre sera portée à 10 % en 2003, soit quelque 150 000 immatriculations.

Comme d'autres Etats

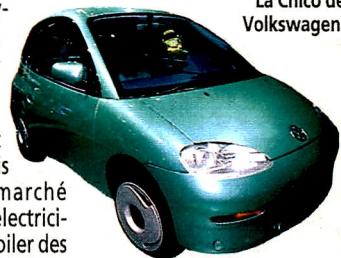
américains, le Maryland par exemple, s'apprêtent à marcher dans les pas de la Californie, les constructeurs voient pour la première fois se dessiner un marché conséquent pour l'électricité. Et chacun de dévoiler des prototypes plus futuristes les uns que les autres : Zoom de Matra/Renault, Citela de Peugeot-Citroën, E1 de BMW, Impact de General Motors, etc.

Mais sous les carrosseries au joli design se cache un sacré point d'interrogation : quelle batterie donnera à ces véhicules tout à la fois une autonomie raisonnable, un prix compétitif, un temps de recharge suffisamment court (quelques minutes au plus) et une longévité acceptable (plus de 100 000 km) ? Nul aujourd'hui ne peut le dire. Les deux seuls couples électrochimiques disponibles, plomb-acide et nickel-cadmium, ne répondent pas au cahier des charges. Les autres en sont au stade de la recherche et n'ont pas encore clairement démontré qu'ils pouvaient satisfaire à toutes ces conditions.

Ségolène Royal, ministre de l'Environnement, et Dominique Strauss-Kahn, ministre de l'Industrie, devant la "pompe à essence" de la future voiture électrique.



La Chico de Volkswagen.



De tous les couples prétenants (nickel-hydride, nickel-fer, lithium-sulfure, sodium-soufre, etc.), le zinc-air est sans doute le plus prometteur.

Seule certitude : en l'état actuel des connaissances, on ne peut exclure aucune filière technologique. Ainsi, la solution viendra peut-être des piles à combustible, dispositifs capables de convertir directement l'énergie chimique en énergie électrique (des tests sont en cours aux Etats-Unis et en Europe sur des flottes de véhicules utilitaires). Voir des volants inertiels, qui reposent, eux, sur la transformation électromagnétique de l'énergie cinétique stockée dans des roues lancées à plus de 200 000 tours par minute. Une société américaine, American Flywheel Systems, travaille activement sur leur application à l'automobile.

Par conséquent, il semble prématûr de commencer à installer des bornes de recharge. D'autant qu'une expérience récente incite à la prudence. En avril 1991, le ministère de l'Industrie créait à l'intention des collectivités territoriales un fonds de soutien (environ 15 millions de francs) pour l'achat des 1 000 premiers véhicules électriques. Flop

Surgénérateurs : du plomb dans l'aile

Remettant en cause les derniers accords signés avec la France et l'Allemagne en 1989, le gouvernement britannique vient de porter un coup, qui pourrait être fatal, au projet de surgénérateur européen.

retentissant : à ce jour, les demandes n'ont porté au total que sur une cinquantaine de véhicules...

Si l'illusion du "tout électrique tout de suite" est entretenu, c'est qu'elle fait l'affaire de tous, à l'exception notable des consommateurs (ainsi que des pétroliers, bien évidemment) : pouvoirs publics soucieux de "verdir" leur politique des transports, constructeurs automobiles pour qui un nouveau créneau est toujours bon à prendre, électriques. Reste aux pouvoirs publics à présenter clairement le bilan écologique de la propulsion électrique : si l'électricité de recharge devait provenir de centrales ther-

Un projet déjà ébranlé par les difficultés du surgénérateur français Superphénix, dont le redémarrage n'a pas été autorisé, en juin 1992, pour des raisons de sécurité. Prétextant l'échéance trop lointaine d'un éventuel intérêt commercial de cette filière, et les conditions économiques actuelles difficiles, la Grande-Bretagne a en effet décidé d'arrêter de financer à partir du mois de mars 1993 le projet EFR (*European Fast Reactor*), démarré en 1984, dans lequel sa participation était de 20 %. C'est justement au mois de mars que devait être défini le concept d'un super-réacteur de 1 500 mégawatts-électriques, dont la construction était prévue pour 1997 ; il devait être le premier d'une série et s'appuyait sur les résultats de Superphénix, premier prototype européen de 1 200 MWe.

Cette décision s'ajoute à l'abandon, prévu depuis quatre ans, du petit surgénérateur de recherche de Dounreay, en Ecosse, d'une puissance de 250 MWe, dont le cœur s'arrêtera en 1994. Du coup, l'avenir de la toute nouvelle usine de retraitement de Sellafield, qui doit ouvrir ses portes en 1993, pourrait être remis en question. La principale justification de cette unité, baptisée THORP (*Thermal Oxide Re-processing Plant*), cousine germane de celle de La Hague, est en effet de fournir du plutonium aux surgénérateurs. S'il n'y a plus de

surgénérateurs en Grande-Bretagne et si la filière européenne ne se développe pas, THORP ne fonctionnera guère que pour alimenter le Japon en plutonium.

Cette usine doit en effet partager avec celle de La Hague le privilège de retraiter les combustibles usés japonais, et de renvoyer dans la décennie à venir 30 tonnes de ce fameux plutonium dont le premier chargement est parti en novembre à bord de l'*Akatsuki Maru* (1).

Le Japon risque de se retrouver bientôt seul à affirmer sa foi dans la surgénération. Mais au pays du Soleil levant, cette filière ne fait que débuter. Seul un tout petit prototype de 50 MWe fonctionne, et un autre prototype de 280 MWe, Monju, doit démarrer en 1993, grâce justement au plutonium de l'*Akatsuki Maru*. Et déjà, des voix s'élèvent, à Tokyo, pour suggérer de ne pas s'engager plus avant.

En France, le dossier s'est encore compliqué avec la découverte, mi-novembre, lors d'un contrôle systématique, d'une énorme fissure de 35 cm de long sur une tuyauterie du surgénérateur Phénix, premier prototype français de 250 MWe, qui a connu depuis son démarrage à Marcoule (1974) de nombreux avatars.

Or, l'industrie nucléaire japonaise est elle-même confrontée à de sérieux incidents techniques. La rupture d'une tuyauterie de la centrale de Mihama, en février

1992, a entraîné des rejets radioactifs dans l'atmosphère. Un événement qui avait une probabilité infime de se produire – la défaillance simultanée de trois pompes – a provoqué début octobre l'arrêt d'urgence de la tranche n° 2 de la centrale d'Okuma. L'aspiration du cœur a été déclenchée pour parer à une éventuelle fusion.

Au cas où la Grande-Bretagne déciderait de ne pas accorder le feu vert à THORP, l'usine de retraitement britannique, le Japon, qui ne possède actuellement qu'une petite installation de retraitement d'une capacité de 90 tonnes par an, ne devra compter que sur l'usine de La Hague pour obtenir du plutonium ; en attendant de posséder sa propre usine à Rokkasho Mura, dont la technologie a été achetée à la France. Mais la construction de cette unité, qui assurera aux Japonais la maîtrise complète du cycle du combustible, vient encore de prendre du retard. Le calendrier ayant déjà été reporté à quatre reprises, l'usine ne pourrait pas, dans le meilleur des cas, être opérationnelle avant l'an 2000, soit avec plus de deux ans de retard par rapport au projet initial.

Cette fois il est prévu que les travaux commencent en mars 1993, au moment justement où les Allemands et les Français seront en pleines discussions au sujet du surgénérateur européen.

Jacqueline Denis-Lempereur

(1) Voir *Science & Vie* n° 903, p. 98.



La Citela de Citroën.

miques, on n'aboutirait qu'à un transfert de pollution. Si elle venait de réacteurs nucléaires, comme cela sera le cas en France, il faudrait alors appeler la voiture électrique par son nom : l'auto atomique ! E.L.

Précision : dans notre rubrique "A l'épreuve du marché" du mois dernier ("DCC contre Minidisc"), la légende d'une des photos – "Seul avantage du Minidisc, il est effaçable" – a pu induire en erreur certains de nos lecteurs. Il fallait comprendre : "Seul avantage du Minidisc sur le disque compact audio..." La cassette numérique DCC, elle, est bien sûr effaçable, comme son ainée analogique.

PAR EDOUARD LAUNET

DANS LES FORÊTS, À LA RECHERCHE

Aujourd'hui mieux armés pour évaluer le potentiel pharmaco- logique des substances naturelles, les chercheurs repartent dans les forêts tropicales et sous les océans faire le "plein de nature". Il y a urgence. La déforestation fait disparaître des milliers d'espèces vivantes. L'ac- culturation menace les savoirs tra- ditionnels si utiles aux ethnophar- macologues. Et, surtout, la lutte contre le sida, le cancer et les formes résistantes de tuberculose ou de paludisme réclame une moisson de nouvelles molécules.

On a sur les médicaments beaucoup d'idées fausses. Nombreux sont ceux qui croient par exemple que les drogues "chimiques" dominent désormais de la tête et des épaules la pharmacopée mondiale. En fait, quatre êtres humains sur cinq recourent encore aux médecines traditionnelles pour leurs soins courants de santé. Les traitements modernes sont en effet bien trop coûteux pour les pays en développement.

Autre idée répandue : la nature, source de remèdes depuis la nuit des temps, n'aurait désormais plus grand-chose à apprendre aux pharmacologues. Bien loin de là ! Des 250 000 plantes à fleurs aujourd'hui répertoriées, seules 1 100 ont été étudiées à fond pour leurs propriétés médicinales. L'origine naturelle de nombreux médicaments récents est souvent oubliée du fait que ceux-ci sont maintenant synthétisés par voie chimique. Rappelons que l'aspirine nous est venue de l'écorce de saule, les antibiotiques des moisissures (champignons) et les neuroleptiques de la réserpine (substance extraite d'un arbuste indien). Des anticancéreux, plus récents encore, comme la vinblastine et la vincristine, reposent directement sur des principes actifs extraits de la pervenche de Madagascar. Quant à la cyclosporine, qui a tant fait progresser les greffes d'organes, elle a



été découverte en 1970 par des chercheurs de Sandoz dans des cultures de champignons rapportés des hauts plateaux norvégiens. Enfin, sait-on que l'AZT lui-même (traitement contre le Sida) a pu être mis au point par les laboratoires Wellcome grâce à l'étude du sperme de hareng ?

De l'if à la grenouille. Cette "veine naturelle" n'est pas près de s'éteindre. Les groupes pharmaceutiques SmithKline-Beecham et Glaxo s'intéressent aujourd'hui à la camptothécine, un composé extrait d'arbres poussant en Chine et en Inde, afin de mettre au point des traitements contre le cancer de l'ovaire. Rhône-Poulenc Rorer commercialisera l'an prochain un nouveau médicament anti-paludéen, le Paluther (ou arthéméter, de la famille chimique de l'artémisinine), qui a pour origine le Qing Hao, armoise chinoise utilisée en médecine traditionnelle. Enfin, c'est grâce à des peptides (qui sont des substances protéiques)

LA CHAÎNE DES MÉDICAMENTS DE DEMAIN



Les chercheurs du "Radeau des cimes" sondent le formidable réservoir d'intelligence biologique que sont les forêts tropicales. Avant qu'il ne soit trop tard.

sécrétés par la peau de grenouille que l'Américain Magainin Pharmaceuticals a pu concevoir une nouvelle famille d'antibiotiques. Ces produits en sont au stade des essais cliniques.

Troisième illusion : le *drug design*. Il s'agit d'appliquer la modélisation moléculaire par ordinateur à la conception "rationnelle" de médicaments ; ce qui offrirait aujourd'hui aux chercheurs la possibilité de créer *ex nihilo* des produits efficaces sans quitter leurs consoles informatiques. Il n'en est rien : le *drug design*

n'est pas un outil de création, et reste aujourd'hui, malgré son nom, un outil d'étude des interactions moléculaires au niveau des récepteurs cellulaires ("serrures" qui contrôlent chacune un processus physiologique donné, et auxquelles correspondent des "molécules-clés" bien précises). Problème : la structure chimique des ces serrures est, la plupart du temps, inconnue. Comment alors concevoir la clé idoine ? Le *drug design* sert surtout à améliorer les molécules connues ("molécules mères"), afin d'accroître leur activité, limiter leurs effets indésirables et leur permettre de contourner les obstacles que l'organisme leur oppose. Résultat : des "molécules filles" plus efficaces, mais pas radicalement différentes.

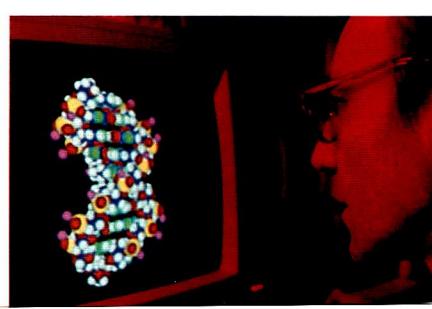
Les industriels de la pharmacie eux-mêmes ont cédé à cette illusion "techniciste", délaissant quelque peu depuis la fin des années 1970 l'étude des substances naturelles au profit de l'informatique et des biotechnologies. Leur raisonnement : primo, nous serons bientôt capables de connaître le détail fin des mécanismes moléculaires qui sont à l'origine des maladies. Secundo, sur la base de ces informations, le *drug design* nous permettra de concevoir les molécules propres à combattre chaque pathologie. Tertio, grâce à l'ingénierie des protéines (1), nous produirons ces molécules à la demande.

C'était, hélas, aller plus vite que la musique. La connaissance de la biochimie de l'organisme et l'ingénierie des protéines ont certes énormément progressé ces dix dernières années, mais pas au point de rendre omnipotente cette approche "rationnelle" du médicament. Et de longs travaux seront encore nécessaires avant d'en arriver à ce stade.

Refaire le "plein de nature". La médecine a aujourd'hui à faire face à deux grandes urgences : la lutte contre le sida et le cancer, et le renouvellement d'un arsenal thérapeutique bien démunie, d'une part, à la résistance croissante

Le *drug design* : beaucoup de promesses mais encore peu de résultats.

(1) Les protéines (enzymes, hormones, etc.) sont les "petites ouvrières" de la biochimie. Leur fonction dépend directement de leur forme dans l'espace. L'ingénierie des protéines a pour but d'ajouter de nouvelles pièces à ce Meccano moléculaire.



des bactéries aux antibiotiques (la tuberculose en est un exemple dramatique – voir article dans ce numéro) et, d'autre part, à celle des parasites responsables de maladies comme le paludisme ou la bilharziose, qui déjouent de plus en plus les traitements disponibles.

Comme il est bien connu que la nature secrète à la fois les maux et leurs antidotes (l'évolution est une succession de batailles chimiques...), les pharmacologues opèrent aujourd'hui un grand retour aux sources. Destination : les forêts tropicales et les fonds sous-marins, dont les énormes ressources biologiques sont très mal connues.

Prospection chimique. Voilà un an, Merck, n° 2 mondial de la pharmacie, obtenait ainsi des autorités du Costa Rica un véritable permis de "prospection chimique" : moyennant le versement d'un million de dollars et la promesse de royalties, le groupe est autorisé à sonder la formidable diversité biologique que recèlent les forêts de ce petit pays d'Amérique centrale⁽²⁾ afin d'en tirer, avec un peu de chance, de nouveaux médicaments. Les autres géants de la pharmacie, notamment les groupes Glaxo et SmithKline Beecham, ne sont pas en reste. Le second collecte par exemple des plantes au Ghana, en Malaisie et, comme Merck, au Costa Rica.

Le National Cancer Institute américain, qui a un long passé de "prospecteur", s'intéresse plus que jamais aux substances naturelles. Depuis 1986, l'institut a signé plusieurs contrats (pour un montant supérieur à 6 millions de dollars) avec les jardins botaniques des Etats du Missouri et de New York, et l'université d'Illinois à Chicago pour disposer de

⁽²⁾ Possédant une grande variété d'écosystèmes, le Costa Rica comptaient pour 5 à 7 % de la biodiversité de la planète. Il recèle trois fois plus d'espèces d'oiseaux que toute l'Amérique du Nord.

⁽³⁾ Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération.

plantes en provenance des forêts tropicales d'Afrique, du Sud-Est asiatique, d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud.

Les Japonais, eux, vont à la pêche aux micro-organismes des grands fonds grâce à leur sous-marin *Shinkai 6500*, détenteur du record mondial de plongée habitée (~ 6 500 mètres). Ces "êtres des abysses" sont particulièrement intéressants en raison des mécanismes biochimiques qu'ils doivent mettre en œuvre pour survivre dans des conditions de température et de pression particulièrement hostiles. En France, Rhône-Poulenc Rorer, les laboratoires Fabre et quelques autres suivent de près les travaux menés par la recherche publique, notamment ceux de l'Institut de chimie des substances naturelles (ICSN) du CNRS, et de l'unité "Substances naturelles d'intérêt biologique" de l'ORSTOM⁽³⁾. A l'heure actuelle, l'ICSN prospecte en Malaisie et en Nouvelle-Calédonie, et l'ORSTOM s'intéresse aux végétaux de la Bolivie et aux organismes marins de la Nouvelle-Calédonie.

L'aiguille dans la botte de foin. Il ne faut pas croire qu'il suffit de se baisser pour "cueillir" les médicaments de l'an 2000. D'abord parce que les produits que nous offre la nature sont rarement utilisables en l'état. Retour aux sources ne veut pas dire retour à la médecine par les plantes ! Adapter les molécules naturelles à leur utilisation dans le domaine de la santé réclame un long travail aux *drug designers*, puis aux spécialistes des procédés industriels. Ensuite, la quête de nouvelles substances naturelles d'intérêt pharmaceutique est un processus complexe.

1. En pratique, il faut analyser des dizaines de milliers d'extraits de plantes avant de trouver une molécule intéressante. Cela peut demander plusieurs années et un investissement considérable : le screening (criblage) complet d'un extrait coûte entre 15 000 et 17 000 F. Gordon Cragg, chef de la division Sub-

UN FRUIT EXOTIQUE CONTRE LE SIDA

Une substance extraite des fruits du jacquier (**photo ci-dessous**), arbre tropical voisin de l'arbre à pain, protège les lymphocytes T4 (cellules du système immunitaire) contre le virus du sida. Cette toute récente découverte, due à une



équipe de l'Inserm de Montpellier⁽¹⁾, ouvre une nouvelle piste dans la recherche d'un traitement contre la maladie. Le résultat, obtenu *in vitro*, demande à être vérifié *in vivo*, d'abord sur l'animal, puis sur l'homme. Le précédent du "composé Q", substance naturelle extraite du fameux "concombre chinois" – qui a suscité de nombreux espoirs en matière de lutte anti-sida avant de tomber dans l'oubli – incite à la prudence.

Baptisée jacaline, la substance naturelle étudiée par les

chercheurs de l'Inserm est une lectine, c'est-à-dire une protéine capable de se combiner avec les sucres que l'on trouve à la surface des membranes cellulaires. On connaissait déjà des lectines susceptibles de se lier aux glycoprotéines qui forment l'enveloppe extérieure des lymphocytes T4. Mais la particularité de la jacaline est que cette molécule se fixe précisément sur la glycoprotéine CD4, le point d'ancrage du virus HIV sur le lymphocyte. Résultat : le virus n'a plus de prise sur la cellule.

Les chercheurs montpelliéens ont réussi à synthétiser la séquence peptidique (petite protéine) de 14 acides aminés qui constitue le principe actif de la jacaline (son "ancre"). Une collaboration avec les Laboratoires Pierre Fabre est en cours pour la poursuite des études et la production – par génie génétique – de la molécule.

⁽¹⁾ Unité "Microbiologie et immunologie anti-bactérienne", dont le groupe Sida est dirigé par Jean Fayolle. Ces résultats sont publiés ce mois-ci dans l'*European Journal of Immunology*.

UNE PHARMACIE SUR LE DOS D'UNE GRENOUILLE

stances naturelles du National Cancer Institute, estime ainsi qu'il est nécessaire de cibler en moyenne quelque 50 000 végétaux avant de trouver un composé actif contre le cancer ou le sida. Chez Merck, on n'attend pas de résultats de la campagne costaricaine avant trois ou quatre ans.

Les chercheurs commencent toutefois à disposer de technologies capables d'accélérer considérablement ce processus de criblage. Par exemple, les tests d'activité biologique ne se font plus sur des animaux entiers, mais sur des cellules ou même des parois cellulaires. La nature de l'activité des extraits peut ainsi être évaluée très finement, parfois jusqu'au niveau d'un récepteur ou d'une enzyme. «Il y a vingt-cinq ans, un extrait ne pouvait être soumis qu'à un seul test» confiait récemment à la revue *Science* le responsable du screening des produits naturels chez Merck (4). «Aujourd'hui, nous en pratiquons 50 à 100 en même temps». Pour interpréter ce flot de données, les techniques informatiques les plus récentes sont mises à contribution. Le National Cancer Institute va ainsi jusqu'à utiliser des réseaux de neurones artificiels pour prédire les mécanismes d'action des composés étudiés, ce en fonction de l'activité de ces derniers sur un certain nombre de cellules-test.

2. Quand bien même on trouve l'aiguille dans la botte de foin, il reste à obtenir de nouveaux extraits, identiques au premier, pour affiner les études. Or les espèces analysées sont, dans nombre de cas, des espèces rares voire menacées. Dénicher un composé intéressant puis se retrouver incapable, l'année suivante, de retrouver la plante qui l'a fourni, c'est la mésaventure qu'ont connue, non pas une, mais plusieurs fois des chercheurs-prospecteurs, comme

Comme les espèces végétales, le règne animal constitue un vaste réservoir de substances d'intérêt pharmaceutique. On peut intuitivement en comprendre les raisons : peu mobile et très exposé, un mollusque sans carapace, par exemple, est obligé pour survivre de mettre en œuvre des mécanismes de défense chimique très évolués.

L'écochimie, une piste passionnante. Cette discipline, qui étudie les rapports chimiques entre espèces, a récemment permis à une équipe de l'ORSTOM de déposer un brevet sur un produit (la giroline), extrait d'une éponge de Nouvelle-Calédonie, qui présente une activité antitumorale intéressante. Ces travaux, entrepris en collaboration avec Rhône-Poulenc et le CNRS, en sont aujourd'hui au stade des essais cliniques.

Mais aujourd'hui, c'est la grenouille qui a les honneurs de l'actualité. Une équipe de chercheurs australiens vient en effet de montrer que les sécrétions d'une grenouille arboricole sont très efficaces contre le staphylocoque doré (qui provoque furoncles et abcès) et l'herpès *simplex*. En novembre, une équipe des National Institutes of Health (NIH) isolait à partir des sécrétions d'une grenouille

amazonienne une protéine dotée d'étranges pouvoirs ; utilisée depuis des lunes par les Indiens matses pour les rites de préparation à la chasse, cette molécule agit sur le cerveau en provoquant un état dépressif profond puis une grande euphorie. Enfin, en mai dernier, c'était un antalgique deux cents fois plus puissant que la morphine que l'on découvrait dans le mucus d'une grenouille équatorienne.

Pourquoi un tel intérêt pour les grenouilles ? Les batraciens habitent des endroits souvent chauds et humides, riches en microbes et en prédateurs. A défaut de crocs acérés, la nature a doté ces animaux d'un puissant système de protection : au moindre stress, la peau de certains de ces petits vertébrés se couvre d'un mucus contenant, selon les espèces, un antibiotique, un poison violent, ou une substance irritante.

Des industriels de la pharmacie exploitent ces découvertes. Spécialisée dans la valorisation des drogues d'origine animale, la toute récente société américaine Magainin Pharmaceuticals soumet actuellement à des essais cliniques une des peptides (petite protéine) qu'utilisent les grenouilles pour leur défense. Chez



Grenouille venimeuse d'Amérique du Sud

l'homme, celle-ci se révèle en effet un puissant antibiotique utilisable contre les infections de la peau. Les travaux australiens font, eux aussi, l'objet de développements industriels.

Si, jusqu'à maintenant, la pharmacologie a encore peu exploité le monde animal – moins en tout cas que les plantes –, cela est dû aux particularités des molécules animales, souvent plus instables et plus difficiles à isoler que leurs homologues végétales, et aussi aux traditions : les zoologistes ont de tout temps été plus préoccupés par les caractéristiques morphologiques ou comportementales des animaux que par leurs sécrétions. La pharmacologie va peut-être faire... un bond de grenouille !

Marie-Françoise Lantieri

Thierry Sévenet, directeur de recherche au CNRS (Institut de chimie des substances naturelles), ou Christian Moretti, directeur de recherche à l'ORSTOM (unité Substances naturelles d'intérêt biologique). Principale responsable : la déforestation tropicale, qui raye de la carte des pans entiers de la forêt primaire et, avec elle, des milliers d'espèces animales et végétales... chaque année !

Un réservoir percé. Cette érosion de la diversité génétique est d'ailleurs une autre des raisons qui poussent les pharmacologues à revenir en force sur le terrain. En effet, on ne connaît encore que bien peu de choses des ressources biologiques de la planète : seules 1,4 million d'espèces animales et végétales ont été recensées à ce jour, sur un total estimé à plus de 30 millions. De nombreuses espèces disparaissent donc avant qu'on ait pu les identifier et, *a fortiori*, ana-

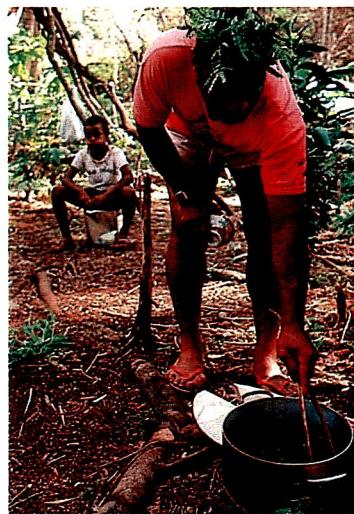
(4) *Science* du 22 mai 1992.

lyser leur potentiel pharmacologique. Les chercheurs ont bien perçu l'urgence qu'il y avait à exploiter ce grand réservoir d'intelligence percé de toutes parts.

3. Autre difficulté : sécuriser des approvisionnements en plantes en vue de la production du médicament. En 1971, le National Cancer Institute isole dans l'écorce de l'if du Pacifique un composé très prometteur en matière de chimiothérapie anticancéreuse, le taxol. Malheureusement l'exploitation de cet arbre, qui vit dans une des dernières forêts primaires du nord-ouest de la côte pacifique des Etats-Unis, met-

trait en danger la survie de plusieurs espèces rares. A commencer par l'if lui-même : il faut abattre 12 000 arbres pour produire 2,5 kg de taxol !

En 1979, des chercheurs de l'Institut de chimie des substances naturelles réussissent cependant à isoler une structure proche du taxol (le tétraol) dans les aiguilles de l'if qui, elles, se renouvellent chaque année. Ils fabriquent ensuite, par synthèse partielle, un produit intermédiaire, le Taxotère, proche également du taxol mais plus actif que celui-ci sur des tumeurs expérimentales. Depuis, Rhône-Poulenc a pris le relais. Testé sur l'homme dès



Préparation d'une potion traditionnelle dans la tribu de Saint Louis, en Nouvelle-Calédonie.



Thierry Sévenet, de l'Institut de chimie des substances naturelles, enquête, auprès d'un chef mélanesien, sur les propriétés médicales des plantes traditionnellement utilisées.

1990, le Taxotère est entré en avril 1992 dans la phase 2 des essais cliniques (insertion dans les protocoles de chimiothérapie anti-cancéreuse).

Les promesses de l'ethnopharmacologie. Les outils ont changé, les méthodes aussi. La recherche de substances biologiquement actives est restée longtemps basée sur des approches systématiques, lesquelles ont contribué à enrichir la littérature plutôt qu'à produire de nouveaux médicaments. Comme il est hors de question d'inventorier la production de ces 500 000 petites usines chimiques que sont les plantes connues, sans parler des espèces animales, il faut mettre à profit tous les indices disponibles pour guider la recherche. Par exemple privilégier des familles de plantes dont on sait déjà que certaines contiennent des substances chimiques biologiques.

DES PROFONDS BIENFAITS DE LA TRADITION

Les ethnopharmacologues sont handicapés par l'érosion génétique (la disparition des espèces vivantes), tout comme leurs autres collègues "prospectiveurs" de substances naturelles. Mais, de plus, ils sont confrontés à l'érosion culturelle. Les savoirs traditionnels disparaissent, tout autant que les écosystèmes, au fur et à mesure que la civilisation progresse (les uns et les autres sont d'ailleurs étroitement liés).

Ainsi, l'introduction des médicaments "modernes" dans une population "tue" les médecines traditionnelles. En Bolivie, une équipe de chercheurs

de l'Orstom en quête de nouveaux traitements contre les maladies parasitaires (paludisme, leishmaniose, maladie de Chagas) a été directement confrontée à ce problème. Chez les Indiens shimanés, qui ont conservé leur culture ancestrale, les chercheurs ont étudié sept plantes utilisées contre la leishmaniose (1). Deux d'entre elles se sont révélées actives sur le parasite responsable de la maladie (un protozoaire).

Une collaboration avec un laboratoire pharmaceutique est d'ailleurs en cours en vue d'une éventuelle exploitation commerciale de cette découverte.

En revanche, non loin de là, dans la région du Chaparé, où l'acculturation a été plus forte, aucune des quinze plantes utilisées par la population locale contre la leishmaniose ne s'est révélée efficace contre le parasite lui-même. Ces remèdes n'ont en effet qu'une action cicatrisante sur les plaies que provoque la maladie. Morale : à culture superficielle, remèdes superficiels.

Autre enseignement de cette campagne bolivienne : les ethnopharmacologues obtiennent de bons résultats quand ils travaillent sur des maladies aux signes cliniques évidents

(la leishmaniose en est un exemple). Car alors le diagnostic populaire est toujours juste, et les remèdes bien ciblés. Les résultats sont moins bons dans le cas de maladies telles que le paludisme, dont les signes cliniques sont plus diffus. Les remèdes traditionnels sont alors moins efficaces car relativement généralistes. Dans le cas du paludisme, les tribus orientent ainsi les chercheurs vers des plantes à l'action fébrifuge (qui font tomber la fièvre) mais qui restent sans effet sur le parasite lui-même.

(1) Cette maladie peut défigurer horriblement ceux qui en sont atteints.



Un "laboratoire de campagne" est installé... sous une feuille de bananier ! On y effectue les premières analyses, sur le terrain.

ment actives (approche chimiotaxonomique). Ou bien soumettre les plantes, sur le lieu-même de la récolte, à quelques tests simples sur des cellules cancéreuses ou des cultures bactériennes, par exemple (approche pharmacotaxonomique).

On peut aussi faire, sur le terrain, un véritable travail de détective auprès des populations locales. C'est ce que l'on appelle l'ethnopharmacologie. Dans les forêts tropicales, qui abritent plus de la moitié des espèces vivantes (mais n'occupent que 7 % de la surface du globe !), la connaissance que les tribus ont acquise, au fil des siècles, sur les propriétés thérapeutiques des espèces animales et végétales qu'elles côtoient est véritablement inestimable. Les Indiens kayapos d'Amazonie savent, par exemple, distinguer 250 types de dysenterie, et prescrivent, pour chacun, un traitement différent. Chaque famille de la tribu est d'ailleurs responsable de la culture d'une partie des plantes entrant dans la composition des remèdes.

Ces informations sont cependant difficiles à exploiter, tant les indices recueillis auprès des populations locales peuvent être vagues. Et de nombreux industriels de la pharmacie répugnent à se pencher sur ces "brouets de sorciers", tant cela leur semble incompatible avec l'idée qu'ils ont de leur art (5).

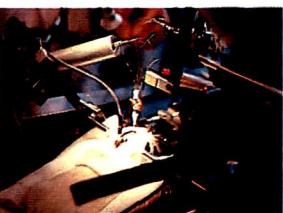
Les ethnopharmacologues enquêtent, eux, auprès des indigènes. En formant des équipes interdisciplinaires – on peut y trouver des linguistes, des botanistes, des ethnologues, des chimistes et des pharmacologues –, ils essaient de tirer de ces indices des informations exploitables. Avec des résultats parfois spectaculaires. Une société californienne, Shaman Pharmaceuticals, qui s'est lancée dès 1989 sur ce "créneau" de l'ethnopharmacologie, affirme aujourd'hui que 50 % des extraits qu'elle prépare présentent une activité biologique (contre un sur des milliers dans une recherche à l'aveugle). L'entreprise procède aujourd'hui aux essais cliniques de deux composés, un traitement anti-viral pour les infections respiratoires, et un agent antifongique à large



De retour en métropole, les extraits de plantes sont traités à l'Institut de la pharmacie moderne, qu'on peut difficilement soupçonner d'un penchant pour l'ésotérisme, a encore beaucoup à apprendre des sorciers et autres chamanes officiant dans des contrées reculées. Cela prouve, si besoin était, que la coopération Nord/Sud n'est pas nécessairement à sens unique (6).

Cela donne aussi une bonne raison de se préoccuper de l'érosion culturelle des pays en développement qui, en menaçant les savoirs traditionnels, sape les bases de l'ethnopharmacologie (*voir encadré ci-contre*).

Enfin, cet intérêt nouveau pour les substances naturelles – de la part de l'industrie pharmaceutique comme d'ailleurs des industries des cosmétiques (Yves Rocher notamment) et des produits phytosanitaires – justifie une action énergique en faveur de la préservation de la biodiversité dans les pays tropicaux. Un exemple concret : le marché mondial des antibiotiques s'élève à 20 milliards de dollars. Mais le coût total (direct et indirect) induit par la résistance aux antibiotiques atteint lui, pour les seuls Etats-Unis, 30 milliards de dollars par an ! Si quelques plantes ou animaux tropicaux peuvent contribuer à nous tirer de ce mauvais pas, on devra au Sud une fière chandelle. Evidemment, le raisonnement vaut aussi pour le sida, dont la facture annuelle pour l'économie mondiale s'élève à 90 milliards de dollars ; ce chiffre pourrait atteindre 500 milliards en l'an 2000, soit 1 % du PNB mondial !



On teste ensuite, sur des animaux, l'efficacité des composés obtenus.

spectre d'action.

Il est finalement assez réjouissant de penser que la pharmacie moderne, qu'on peut difficilement soupçonner d'un penchant pour l'ésotérisme, a encore

Edouard Launet

(5) Le coût élevé de l'expérimentation pharmacologique en laboratoire, ainsi que le caractère aléatoire des résultats obtenus, rendent les industriels d'autant plus circonspects. Ce qui empêche souvent une exploration poussée de la validité des informations de terrain.

(6) En contrepartie, la plupart des équipes pratiquant l'ethnopharmacologie font bénéficier les populations locales des résultats de leurs travaux. Par le biais de transferts de technologie, de royalties sur les produits commercialisés, ou bien encore en les aidant à mieux tirer parti de leurs remèdes traditionnels. Sans parler des médicaments "modernes" qu'ils peuvent leur fournir.

PAR DIDIER DUBRANA

L'ABSURDE AFFAIRE DU PAPIER RECYCLÉ

Les Français semblent incapables d'organiser la collecte des papiers usés.

Résultat : l'industrie du recyclage est obligée d'importer sa matière première d'outre-Rhin. La France, non seulement poubelle mais corbeille de l'Allemagne ! Mais au fait : le papier recyclé est-il écologique ?

Nous sommes tous des "papivores". Le Français consomme 160 kg de papier par an. L'Allemand et le Japonais en utilisent respectivement 220 kg et 240 kg, et l'Américain, 320 kg. Cette consommation reflète le niveau de vie des nations, mais les déchets produits sont à la hauteur !... Les pays de l'OCDE (*) produisent chaque année 150 millions de tonnes de vieux papiers. Mis en balles, ces déchets recouvriraient Paris d'une couche compacte de 2,5 m ! Au total, les papiers et les cartons représentent 30 % du volume des déchets ménagers.

A l'heure du "tout recyclage", les papetiers, une fois n'est pas coutume, font figure de pionniers dans la valorisation de ce type de déchet. L'année dernière, l'industrie française a recyclé près de 3,4 Mt, si bien que près de la moitié de la pâte à papier est fabriquée à l'aide de vieux papiers. Toutefois, cette performance n'atteint pas encore le record détenu par le Japon, leader mondial, qui en recycle 60 %.

En effet, si l'emploi des vieux papiers fait partie de

la tradition papetière française, ce n'est qu'à la fin des années quatre-vingts que "la pompe à recyclage" fut vraiment amorcée. A l'époque, les papetiers misent en place, avec l'aide des pouvoirs publics, des systèmes de collecte sélective. Grâce à quoi, pendant ces dix dernières années l'utilisation de vieux papiers a augmenté de 79 %, deux fois plus vite que la consommation totale de papier. Mais on est loin du compte. Plus de 50 % des papiers vont encore encombrer les décharges, ou finissent dans les fours des incinérateurs de déchets ménagers.

Les récupérateurs (*) ne s'intéressent en effet qu'au carton ; et, depuis peu, au papier journal, grâce à l'amélioration des techniques de désencrage (voir encadré p. 95). Une caisse de carton contient plus de 80 % de fibres recyclées. Les pages de votre journal quotidien sont fabriquées à l'aide de 50 % de fibres recyclées. En revanche, les papiers d'emballage ou "d'impression-écriture", tels les magazines – comme *Science & Vie* –, sont moins impliqués dans les circuits de récupération : ils incorporent respectivement seulement 30 % et 10 % de fibres recyclées (voir dessin p. 94).

Cette préférence pour le carton et le journal s'explique d'abord par des raisons techniques. Le recyclage consiste à extraire les fibres cellulosiques des vieux papiers. Mais pour obtenir de nouvelles fibres vierges, il faut épurer cette matière première qui a été chargée d'additifs chimiques au cours de sa fabrication. En effet, on

DE L'ARBRE À LA FEUILLE

Pour obtenir la cellulose nécessaire à la fabrication de la pâte à papier, les industriels doivent purifier les fibres de bois. En effet, la cellulose (près de 40 % de la fibre), un polymère formé d'un enchaînement de molécules de glucose, est entourée d'hémicellulose (de 20 % à 25 % de la fibre), un autre sucre, qui n'a aucun intérêt industriel. De plus, toutes deux baignent dans un ciment amorphe de lignine (20 % de la fibre) qu'il faut également éliminer, car il diminue, d'une part, les propriétés

mécaniques du papier et provoque, d'autre part, son jaunissement sous l'effet du rayonnement ultraviolet. On peut d'ailleurs observer cette "métamorphose" en laissant un journal au soleil (la cellulose qui compose ce type de papier n'est que grossièrement épurée de sa lignine).

Pour extraire la cellulose sans la détériorer, les papetiers ont recours aux réactifs chimiques. Les copeaux de bois sont tout d'abord cuits (à 160 °C) dans d'énormes lessiveurs contenant du bisulfite ou du sulfate,

selon que le processus d'extraction choisi se passe en milieu acide ou basique. Les fibres sont ensuite lavées dans de grandes quantités d'eau (de 50 à 150 milliers de litres par tonne de pâte) afin d'éliminer ces produits chimiques de cuisson. La pâte est ensuite blanchie, le plus souvent au chlore, pour faire disparaître la lignine ayant résisté au premier traitement. Enfin, elle est étendue, pour sécher, sur d'immenses "tables de formation" ; devenue papier, elle sera enroulée sur des bobines.



a rajouté à la pâte du kaolin du talc, du carbonate de calcium ou de l'oxyde de titane pour rendre le papier plus opaque et plus facilement imprimable. L'addition d'amidon a augmenté ses propriétés mécaniques. Le collage des fibres par l'adjonction de nombreuses résines naturelles ou synthétiques a aussi modifié son imperméabilité. On le comprend, plus le papier est sophistiqué, moins il est recyclable. Or, le carton est justement composé de fibres cellulosiques pratiquement brutes d'additifs.

Le recyclage dépend aussi de l'efficacité de la collecte. Le carton est recueilli auprès des supermarchés, des usines, etc., qui ont bien intégré la gestion de ce type de déchets. Il n'en va pas de même des particuliers – encore peu sollicités, il est vrai – : en 1991, les Français ont jeté 110 kg de papier par habitant. Mais comme le réseau national de collecte des municipalités ne dessert que 4 millions d'habitants, la récupération atteint tout juste 4 kg par habitant et par an.

La nouvelle loi sur les déchets, parue au Journal officiel du 14 juillet 1992, est censée mettre fin à ce gaspillage⁽¹⁾. Elle stipule qu'à l'avenir, il sera inter-

dit de mettre en décharge ou de stocker des déchets autres que les déchets ultimes, c'est-à-dire ce qui reste une fois qu'on en a extrait la part valorisable.

Mais les communes sont pour l'instant incapables d'assurer le financement d'un tel programme. Qui donc s'en chargera ? Car cela implique la mise en place d'une collecte au porte-à-porte coûteuse. Ou bien l'installation d'usines de tri sélectif des ordures ménagères, comme à Dunkerque où l'on récupère le verre, le métal, le plastique et... 25 kg de papier par habitant.

Paradoxe, l'industrie papetière a tellement augmenté sa capacité de recyclage qu'elle se trouve dans une impasse : «Nous manquons de vieux papiers», constate Noël Mangin, délégué général au Groupeement français des papetiers utilisateurs de papiers recyclables (REVIPAP). C'est un comble : alors que nos décharges s'encombrent de vieux papiers, notre industrie de recyclage doit importer ! Depuis quatre ans, le déficit se creuse irrémédiablement : il s'élevait à 100 000 t en 1988 pour atteindre 360 000 t l'année dernière. 90 % de nos importations arrivent de Belgique, d'Angleterre, des Pays-Bas et d'Allemagne.

Ce dernier pays assure à lui seul plus d'un tiers de nos importations. On se souvient de la campagne médiatique menée l'été dernier par Ségolène Royal pour dénoncer l'invasion des déchets ménagers alle-

Un gâchis de matière première

Les décharges françaises croulent sous les vieux papiers.

(1) L'Organisation de coopération et de développement économiques comprend l'Europe occidentale, la Turquie, le Canada, les Etats-Unis, le Japon, l'Australie et la Nouvelle-Zélande.

(2) En France, 40 entreprises de récupération sont répertoriées par le Syndicat national des industries et commerces de la récupération des papiers et cartons.

(3) Voir *Science & Vie* n° 900, p. 90.

CULTIVER LA FORÊT POUR FABRIQUER DU PAPIER

Les papetiers français en ont assez qu'on les accuse de détruire la forêt. Au contraire, ils l'entretiennent en utilisant les bois d'éclaircie pour la fabrication de la pâte. Résultat : la superficie forestière a doublé depuis le début du siècle pour atteindre 152 000 km². Il faut toutefois tenir compte dans ce chiffre du reboisement spontané des terres abandonnées par l'agriculture et l'élevage.

Ce scénario se répète d'ailleurs dans les autres pays européens. Conséquence : durant ces vingt dernières années, la surface forestière européenne a augmenté de 3,8 %, pour atteindre 1 398 000 km², soit deux fois et demie la France.

Mais ce qui est vrai pour l'Europe n'est pas transposable à l'Amérique du Nord. Aux Etats-Unis, par exemple, les papetiers

ont puisé leur matière première dans des forêts centenaires, en opérant des "coupes à blanc" dévastatrices, c'est-à-dire en rasant une parcelle forestière dans sa totalité. De plus, l'emploi de matériel de plus en plus lourd et puissant les entraîne, pour rentabiliser leurs investissements, à exploiter des superficies de plusieurs milliers d'hectares, en laissant derrière eux des étendues où l'ensemencement naturel se fait très mal étant donné l'éloignement des arbres semeurs.

A noter que les Etats-Unis perdent d'autant plus vite leur forêt qu'ils ne recyclent que 1 % de leurs vieux papiers ! Une situation qui devrait cependant changer, puisque déjà 14 Etats viennent d'interdire l'utilisation des papiers ne contenant pas de fibres recyclées, et financent des campagnes de reboisement.

Mais le remplacement des forêts primaires par des espèces à croissance rapide, mieux adaptées aux exigences du marché, se solde par la perte de la diversité biologique du peuplement originel. Conséquence : elle provoque la disparition d'une partie de la faune et de la flore qui trouvaient dans ces écosystèmes centenaires le type d'habitat indispensable à leur vie.

Aux Etats-Unis, à l'exception de l'Alaska, moins de 5 % de la forêt primaire est restée intacte. En Europe, la forêt primaire a presque entièrement disparu dès le début du siècle ; la seule restante – en dehors de la CEI – couvre 450 000 ha au Nord de la Suède. Aussi, si les papetiers ne détruisent pas vraiment les forêts, ils appauvissent dangereusement ces écosystèmes en les aménageant.

tuelle de la récupération française qui ne peut répondre à la croissance de la consommation de papiers», dit aussi Daniel Béguin, de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).

Les Français consomment toujours plus de papier, mais le taux de déchets récupérés reste identique (34 % chaque année depuis quatre ans). Une étude réalisée par la Confédération française de l'industrie des papiers, cartons et cellulose (COPACEL) conclut qu'il est possible de récolter jusqu'à 80 kg par habitant.

Seulement voilà. Un tel objectif est-il aussi évidemment louable qu'il y paraît ?

mands. Elle ne disait pas que la France est aussi la corbeille à papier de l'Allemagne ! Les Allemands ont régulièrement augmenté leur taux de récupération (rapport entre la quantité de vieux papiers collectés et la consommation nationale) qui atteint près de 46 % contre 34 % en France. Dans ce pays, la loi Töpfer (du nom du ministre de l'Environnement allemand) de mai 1991 oblige les industriels à assurer le financement de la collecte des emballages de transport tels que les caisses en carton. Et les villes touchent des subventions pour organiser le ramassage des papiers au sein des ordures ménagères.

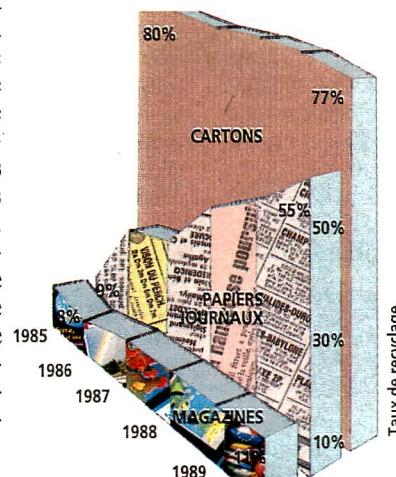
En France, l'absence d'une telle pratique retentit sur le prix de revient du papier recyclé. Il serait évidemment moins élevé si notre industrie papetière n'était obligée d'importer une bonne partie de sa matière première. D'où une menace sur nos usines de recyclage, dont les produits sont moins compétitifs. «A terme, cette démarche pourrait même remettre en cause l'avenir du recyclage», estime encore Noël Mangin. «L'image d'un marché déstabilisé par l'invasion des vieux papiers allemands souligne l'incapacité ac-

Les papetiers des pays producteurs de pâte vierge (Etats-Unis, Canada, Finlande...) affirment que le recyclage intensif du papier est une aberration technologique. En effet, les traitements chimiques (soude) ou mécaniques (trituration) qu'impose le recyclage réduisent la longueur des fibres de cellulose, lesquelles perdent progressivement leurs propriétés mécaniques indispensables à la fabrication du papier (voir encadré page ci-contre). En théorie, l'expérience montre qu'une fibre vierge ne peut être réutilisée que 10 fois. Ce qui limiterait d'autant le nombre de recyclages d'un stock de papier. «Argument erroné, oppose Noël Mangin, car en pratique, le recyclage du papier ne fonctionne pas en circuit fermé. La consommation mondiale de papier augmentant régulièrement, il faut donc toujours injecter dans le circuit de récupération de la pâte vierge pour satisfaire la demande.»

Qui a raison ? Qui a tort ? La réponse, c'est qu'aujourd'hui on peut tout dire et son contraire sur l'intérêt du papier recyclé. Aucun pays au monde

Plus le papier est luxueux, moins il est recyclable

L'amélioration des techniques de désenclavement va toutefois permettre d'augmenter le taux de réutilisation des journaux et des magazines.



LE DÉSENCRAGE, NŒUD DU RECYCLAGE

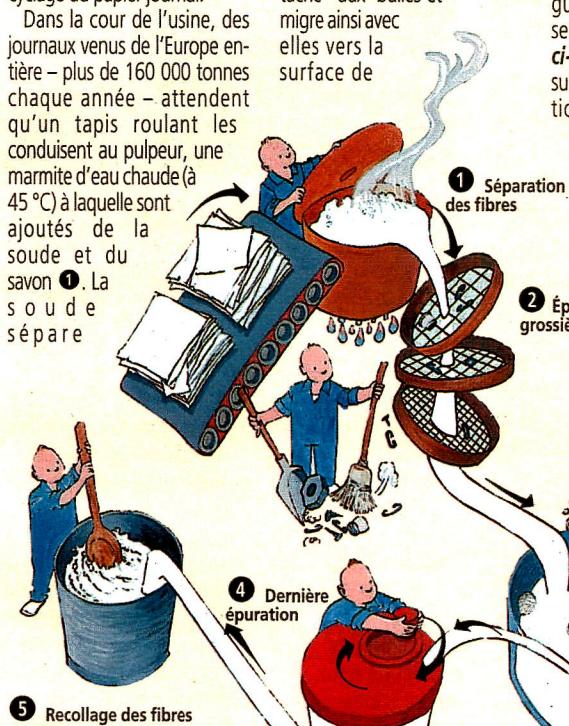
La feuille de papier est un tissu de cellulose gorgé de latex, de kaolin, de résine... Pour la recycler, il faut l'épurer de tous ces produits chimiques. La manœuvre est encore plus compliquée si la feuille est imprimée. A La Chapelle Darblays – aujourd'hui propriété du groupe finlandais Kymmene –, près de Rouen, une nouvelle technique de désencrage donne d'excellents résultats. Quatre cents tonnes de pâte "désencrée" sortent en effet chaque jour de cette papetterie qui s'est spécialisée dans le recyclage du papier journal.

Dans la cour de l'usine, des journaux venus de l'Europe entière – plus de 160 000 tonnes chaque année – attendent qu'un tapis roulant les conduisent au pulpeur, une marmite d'eau chaude (à 45 °C) à laquelle sont ajoutés de la soude et du savon ①. La soude sépare

alors les fibres de cellulose des additifs chimiques utilisés lors de la fabrication de la pâte.

Le mélange gluant est ensuite dirigé vers un premier dispositif d'épuration ② qui, à l'aide d'un système de filtres, retient les gros contaminants comme les agrafes, les emballages plastiques, les boîtes métalliques...

La pâte cellulosique, toujours gorgée d'encre et de savon, plonge alors dans la "cellule de flottaison" ③, une vaste piscine où de l'air est injecté en continu. Comme l'encre est insoluble dans l'eau, elle "s'attache" aux bulles et migre ainsi avec elles vers la surface de

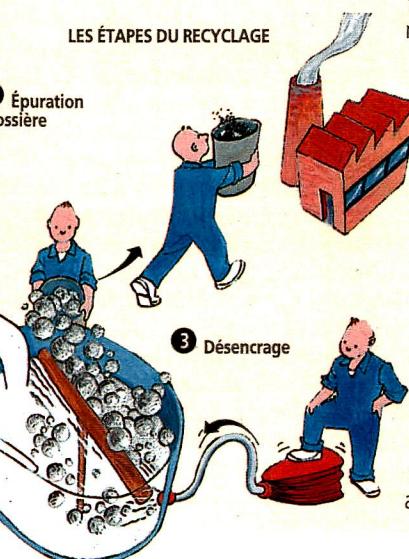


ne s'est penché sur la question en réalisant l'"écobilan" du papier. Celui-ci devrait permettre de déterminer toutes les sources de pollutions générées par "la vie" d'une feuille de papier. Il calculerait aussi bien la quantité d'énergie utilisée pour la fabrication de la pâte vierge que celle des effluents déversés dans la rivière par la papetterie, en passant par l'importance des émissions de polluants atmosphériques. Enfin, il déterminerait la quantité de déchets produits. Ce bilan devrait être comparé à celui effectué à partir d'une feuille de papier recyclée. Tout un programme !



l'eau. Un large râteau, monté sur un axe central, ramasse régulièrement cette encre, qui sera ensuite incinérée (**photo ci-dessus**). La pâte désencrée subit alors une dernière épuration par centrifugation ④, pour éliminer les petits contaminants restants

LES ÉTAPES DU RECYCLAGE



Comme on écrème le lait, l'encre, une fois remontée à la surface de la pâte, est retirée à l'aide d'un râteau tournant au sommet de la cuve.

(latex, colle synthétique...). A la sortie de la centrifugeuse, la pâte ne peut toutefois pas encore servir à fabriquer de nouveaux journaux : après ce traitemen

dé choc, l'es fibres

de cellulose sont totalement dissociées ; il faut donc les recoller ⑤ en ajoutant un agent de rétention (polyamine).

Faute de mieux, les choix politiques de recyclage de chaque pays se réfèrent le plus souvent à l'étude réalisée par le ministère suisse de l'Environnement (BUWAL), qui a analysé la pollution produite par 22 matériaux, dont le papier vierge et le papier recyclé. Pourtant, les Suisses stipulent bien dans leur rapport que ce document n'est pas un outil comparatif entre ces différents matériaux ! Faute d'un écobilan sérieux, de nombreux pays ouvrent ou ouvriront des filières de recyclage peut-être incohérentes avec une véritable protection de l'environnement.

Didier Dubrana

PAR JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR

DES PCB TROUVÉS À SERMAISE

L'un des plus gros chantiers français de réhabilitation de site pollué s'achève près d'un village de l'Essonne. Ce n'est que la première phase des travaux. Coût : 20 millions de francs. Bilan : plus de 3 000 fûts de solvants usés déterrés, des montagnes de terres polluées par des métaux lourds à décontaminer. Et des PCB. Suite d'un feuilleton ouvert par *Science & Vie* en mai 1991.

Sur les bords de l'Orge, à Sermaise, non loin de Dourdan, s'achève un chantier peu banal. Les ouvriers qui y travaillent portent des combinaisons et des masques à gaz. Là, sur quelque 5 000 m², des pelleteuses ont raclé le sol et creusé, parfois jusqu'à 6 mètres de profondeur, pour retrouver des déchets enfouis il y a plus de quinze ans. Un exercice d'archéologie industrielle ! C'est un véritable filon qui a été mis au jour. Plus de 3 000 fûts et des milliers de mètres cubes de terre contaminée. Le gisement est tellement dense que les spécialistes parlent de "massifs" de fûts.

D'où viennent ces fûts ? Pour le savoir, il faut remonter quelques années en arrière ⁽¹⁾. L'entreprise familiale Gerber, dont les activités ont débuté voici une trentaine d'années, collectait des solvants usagés, principalement auprès de fabricants de peintures de la région, et les régénérait avant de les revendre.

Les solvants – corps volatils toxiques de la famille des hydrocarbures –, parmi lesquels on trouve le benzène, l'acétone, les éthers, le toluène, le perchloréthylène, le trichloréthane, servent notamment à diluer les pigments dans les peintures. L'opération qui consiste à les recycler n'est pas totalement efficace. Sur 100 litres de solvants usés, 30 litres ne peuvent être régénérés et deviennent des déchets liquides ou pâteux. Qu'en faire ? Aujourd'hui, on les incinère dans des fours à haute température conçus à cet effet, ou encore dans ceux des cimenteries. Mais le sort des déchets in-



2

Le résultat des fouilles

Le chantier de Sermaise révèle comment, il y a encore une quinzaine d'années, on se débarrassait des déchets industriels en les enfouissant dans le sol. Plusieurs milliers de fûts ont déjà été mis au jour 1, dont certains déterrés à 6 mètres de profondeur 2. Lorsque leur contenu (solvants, PCB et boues de peintures) ne s'est pas répandu, contaminant les terres et les eaux souterraines, il est reconditionné dans des fûts neufs 3, en vue de son acheminement vers des centres d'élimination agréés.

dustriels n'a pas toujours été ce qu'il est aujourd'hui. Et la surveillance exercée par l'administration voici dix ou vingt ans n'était pas non plus des plus vigilantes. Ainsi, il fallut un grave incendie et la mort de deux ouvriers pour que l'Inspection du travail, relayée par la direction régionale de l'Industrie et de la Recherche (DRIR), découvre, au début des années soixante-dix, le pot aux roses.

Les résidus de recyclage de l'usine Gerber étaient vidés dans des fosses, nombreuses sur le site, ou tout bonnement répandus à même le sol et mélangés à la terre à l'aide d'une pelle mécanique. Par ailleurs, il y avait également des fûts qui s'entassaient. Au printemps 1973, la DRIR inventoria sur le site «environ 10 000 fûts de 200 litres».

L'exploitant fut sommé par l'administration d'évacuer ces fûts, de vider les liquides entreposés dans les fosses et de recouvrir le sol d'une couche de 20 centimètres de sable. 650 000 litres de composés à base de benzène finirent discrètement

(1) Voir *Science & Vie* n° 884, p. 110.



1



3

dans un affluent de la Marne, à hauteur de Bonneuil. Où partit le reste ?

En tout cas, en 1975, les fûts avaient disparu. Du moins en surface... Car, en 1983, une analyse effectuée par hasard, dans le cadre d'une campagne nationale sur le captage d'eau potable de Sermaise, révéla des teneurs anormales en composés organochlorés. Mille fois plus élevées que ce que l'on trouve habituellement. Or, les organochlorés entrent dans la fabrication de solvants. Les soupçons pesèrent alors sur les établissements Gerber - les activités apparentes de cette exploitation ne suffisant pas, toutefois, à expliquer cette pollution.

Mais ce n'est qu'en 1984, après l'intervention de la Compagnie de prospection géophysique française, que l'on pressent la vérité. Cette société trouve, en effet, à l'intérieur de l'enceinte de l'entreprise Gerber, des anomalies magnétiques dans deux zones assez étendues. Celles-ci témoignent de l'existence de masses métalliques dans le sol : les

fûts n'auraient-ils pas tous été évacués ?

Une première fouille confirme la présence de fûts à deux ou trois mètres de profondeur. Trois ans plus tard, deuxième fouille. La DRIR en déterre une quarantaine d'autres. Lorsqu'en 1989, l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (ANRED) reprend le dossier, elle fait effectuer une troisième fouille qui permet d'exhumer encore une trentaine de fûts. Le sous-sol de l'entreprise Gerber semble truffé de déchets. Il n'y a plus de doute possible, d'autant que l'ANRED a effectué, en quatorze points du site, des sondages jusqu'à 10 mètres de profondeur : tous exhalent des odeurs de solvants.

Ce n'est pourtant qu'en juin 1992 que démarrent les premiers travaux pour réhabiliter le site. On peut s'étonner de la lenteur de l'administration dans cette affaire. L'aspect financier n'y est pas étranger. Ce type d'opération est extrêmement coûteux : plusieurs dizaines de millions de francs. Or, si l'entreprise Gerber existe toujours, bien que son propriétaire soit décédé – elle continue d'exploiter une unité de régénération de solvants sur le site –, elle est incapable de faire face aux dépenses encourues.

Il faut alors trouver une solution avant que le contenu des fûts rouillés par le temps ne rejoigne en totalité la nappe d'eau souterraine. La première

phase, estimée initialement à 14 millions de francs, est prise en charge pour un tiers par l'Agence de l'environnement et de l'énergie (ADEME) (2), pour un tiers par l'agence de l'eau Seine-Normandie et, pour le dernier tiers, par l'Association française des entreprises pour l'environnement (AFEPE). Cette dernière, née en

avril 1992 à l'initiative d'une dizaine de grands groupes industriels, comme Rhône-Poulenc et ELF, vise à réparer les erreurs commises par le passé dans le domaine des déchets industriels.

L'ADEME, qui a été choisie comme maître d'ouvrage, confie la réalisation des travaux à la société Geoclean, une filiale du groupe France-Déchets, lui-même affilié à la Lyonnaise des eaux.

La première étape des travaux (qui ont débuté en juin dernier) consiste à détourner la rivière qui coule en surplomb et dont la digue risque de se rompre une fois mise à nu par les excavations. Il suffit pour cela d'installer un petit barrage et de

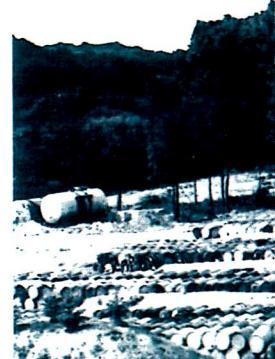
rendre l'Orge à son ancien lit qui, justement, contourne les établissements Gerber. Cette dérivation n'est possible que durant l'été, période où le débit de l'eau est le plus faible. Parallèlement, on prépare une lagune de stockage d'environ 600 m², rendue étanche grâce à une membrane de polyéthylène de 2 mm d'épaisseur, destinée à recevoir les terres contaminées.

Dans une seconde étape, le terrain est quadrillé et le travail d'extraction commence. La technique utilisée est simple. Elle consiste à décapier la terre par couches de 20 cm à l'aide d'engins mécaniques. Impossible, en effet, de creuser trop brutalement car on risquerait alors de crever les fûts encore intacts. Il faut avancer à l'aveuglette en se servant d'un magnétomètre pour tenter de localiser les carcasses métalliques. Ensuite, les fûts sont dégagés à la main. Ceux qui sont percés ou trop abîmés pour être déplacés sont vidés du liquide qu'ils contiennent à l'aide d'une pompe. Un travail pénible, en particulier pendant l'été, quand l'évaporation des solvants est maximale – parmi les seize hommes qui travaillent sur le chantier, certains ont été pris de nausées et de vomissements, après les rares moments où ils ont négligé le port du masque.

Dans certaines zones, contrairement à toute attente, il n'y a pas de fûts, mais des terres très contaminées contenant jusqu'à 40 % d'hydrocarbures et témoignant des anciens déversements à même le sol ; dans d'autres secteurs, au contraire, on trouve un empilement de fûts jusqu'à 6 m de profondeur.

Comme prévu, les déchets sont bien composés de mixtures à base de solvants, mais il n'y a pas que des résidus provenant de la régénération. Il y a aussi des boues de peintures, ce qui explique sans doute les teneurs élevées en métaux lourds – chrome, cadmium et surtout plomb (jusqu'à 1 g par kg).

Plus étonnant encore : bien que l'ADEME ne désire pas s'appesantir sur le sujet, *Science & Vie* a découvert qu'on avait également trouvé des polychlorobiphényles, plus connus sous le nom de PCB. Ces composés chlorés, qui entrent dans la fabrication du Pyralène – une substance devenue célèbre après l'explosion de transformateurs électriques (3) –, sont des polluants majeurs de l'environnement.



Première tranche des travaux : le budget est dépassé de 45 %

avril 1992 à l'initiative d'une dizaine de grands groupes industriels, comme Rhône-Poulenc et ELF, vise à réparer les erreurs commises par le passé dans le domaine des déchets industriels.

L'ADEME, qui a été choisie comme maître d'ouvrage, confie la réalisation des travaux à la société Geoclean, une filiale du groupe France-Déchets, lui-même affilié à la Lyonnaise des eaux.

La première étape des travaux (qui ont débuté en juin dernier) consiste à détourner la rivière qui coule en surplomb et dont la digue risque de se rompre une fois mise à nu par les excavations. Il suffit pour cela d'installer un petit barrage et de

(2) L'ADEME est l'organisme qui remplace l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets, l'Agence pour la qualité de l'air et l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie.



ronnement. Leurs molécules sont quasiment indestructibles et se concentrent tout au long de la chaîne alimentaire. Or, le Centre international de recherche sur le cancer, dont le siège est à Lyon, les classe parmi les substances "probablement" cancérogènes pour l'homme (groupe 2A). Leur toxicité a d'ailleurs été révisée à la hausse, car, jusqu'en 1987, ils appartenaient encore au groupe des substances "peut-être" cancérogènes (2B). Si d'autres preuves que celles dont on dispose actuellement pour l'homme venaient s'ajouter au dossier, les PCB pourraient alors passer dans celui des substances "cancérogènes" (groupe 1).

A Sermaise, des PCB sont disséminés dans plusieurs secteurs, à des concentrations qui atteignent parfois 400 ppm (parties par million). D'où viennent-ils ? On en est réduit à formuler des hypothèses. Autrefois, on les a utilisés comme liant dans les peintures. Était-ce le cas ici ?

Les découvertes successives sur le site de Sermaise ont amené à réviser les prévisions optimistes de l'ADEME. En effet, au lieu des quelque 900 fûts attendus, pour lesquels le chantier a été dimensionné, on en a déjà extrait 3 150 début décembre. Soit trois fois et demie plus que prévu. Et il en reste au moins 500. Ce qui explique que les travaux, qui devaient s'arrêter en octobre, aient été prolongés jusqu'en février. Du coup, le budget initial de 14 millions de francs est passé à 20 millions de francs. L'extraction ne constitue en effet qu'une partie de la tâche. Il faut ensuite reconditionner ce qui peut l'être, trier les terres suivant le niveau de contamination et diriger les déchets vers des centres d'élimination. Début décembre, la

Les archives de Sermaise

Science & Vie avait vu juste : ces fûts, qui étaient entreposés sur le terrain de l'usine Gerber en 1974, ont bien été enterrés sur place.

moitié des fûts extraits avaient quitté les lieux.

Lorsque le chantier fermera ses portes, la majorité des fûts aura vraisemblablement été déterrée. Mais il en restera peut-être, car, faute de temps et d'argent, un quart de la surface étudiée n'aura pas été exploré. Les zones creusées auront été remblayées et l'Orge aura regagné son lit.

Le contenu de tous les fûts extraits, reconditionné, devra avoir quitté les lieux, y compris les PCB qui seront détruits à Saint-Vulbas (dans l'Ain), dans l'incinérateur de la société TREDI. Les carcasses métalliques aussi devront avoir disparu et seront refondues dans des aciéries après décontamination dans des centres spécialisés.

Sur les lieux, il restera encore toutes les terres souillées, en attente de traitement. Les plus contaminées, soit environ 1 500 m³, sont stockées sur l'aire étanche où les fûts ont été reconditionnés. Plus de 5 000 m³ de terres un peu moins contaminées sont entreposés dans la lagune, également étanche. Ces deux monticules seront recouverts d'un film plastique pour que les éléments toxiques qu'ils contiennent, solvants et métaux lourds, ne rejoignent pas la nappe d'eau souterraine à la moindre pluie. Et surtout, il restera l'ensemble du sous-sol, entièrement pollué.

Pour le moment, on n'a fait que crever l'abcès et épouser le plus gros de l'infection. Il faudra des années et encore beaucoup d'argent pour cicatriser la plaie.

Jacqueline Denis-Lempereur

(3) Voir *Science & Vie* n° 812, p. 92 et n° 816, p. 92.

PAR JEAN-RENÉ GERMAIN

LE CRÉPUSCULE DU CAVIAR

Soumise à une pollution chimique de grande ampleur, difficilement contrôlable dans les conditions politiques et économiques actuelles, la mer Caspienne est entraînée dans une catastrophe écologique de première grandeur, qui peut provoquer la disparition des esturgeons. Et déjà la question se pose : le caviar risque-t-il de devenir toxique ?

Les Russes le nomment *tchiornaya ikra*. Pour nous, c'est le caviar. Noir, gris, blanc, en grains ou pressé, il est synonyme de fête. Hérodote mentionnait déjà, il y a deux mille cinq cents ans, que les Scythes péchait les esturgeons pour en extraire les œufs. Avant l'ère industrielle, ces grands poissons de la famille des acipenséridés peuplaient toutes les grandes réserves d'eau douce de la planète⁽¹⁾. Aujourd'hui, la mer Caspienne reste le dernier endroit du globe où il existe une industrie de la pêche à l'esturgeon. Pour combien de temps encore ? La situation est critique, juge un grand spécialiste russe de l'immunobiologie et de la toxicologie des poissons, Vladimir Ivanovitch Loukianenko, de l'institut Biologique Vnoutrennikh Vod

(l'institut de biologie des eaux douces) de l'Académie des sciences de Russie. Si aucune mesure concrète n'est prise, écrit-il dans *Vestnik RAN*⁽²⁾, les esturgeons de la Caspienne et du delta de la Volga vont disparaître, tués par la pollution chimique consécutive à l'industrialisation du grand fleuve. Or, on voit mal, dans les conditions actuelles, comment un plan de sauvetage pourrait être mis en œuvre.

La mer Caspienne est biologiquement la plus riche du monde. Cela tient essentiellement à son ensoleillement et à sa faible salinité due aux innombrables cours d'eau – venant de la grande plaine russe, au nord, et des monts du Caucase, à l'ouest – qui s'y jettent. Cette particularité convient parfaitement aux esturgeons migrateurs, qui peuvent se reproduire dans

les frayères peu profondes des deltas aux eaux douces, puis grandir dans les eaux libres de la pleine mer, plus salées et très riches en matières organiques. Ces poissons sont sensibles à la qualité et aux variations des apports d'eau douce pendant les deux phases critiques de leur vie : la reproduction et la croissance.

Mais les changements de salinité des eaux modifient aussi la productivité biologique de la faune et de la flore dont se nourrissent les poissons. En d'autres



Le refuge des esturgeons

La Volga apporte à la mer Caspienne l'essentiel de son eau douce : peu salée, et donc biologiquement riche, cette mer fermée fournit 80 % de la pêche mondiale d'esturgeons, qui fraient dans le delta du grand fleuve. Mais la pollution industrielle est en train de tout gâcher...

LE DELTA DE LA VOLGA





termes, la production des esturgeons dépend directement des apports d'eau douce. Au cours des derniers siècles, la Volga a fourni à la Caspienne 75 % de son eau douce, maintenant le niveau moyen de cette mer fermée à 26 mètres en dessous du niveau des océans. Jusqu'en 1930, la Caspienne a "produit" chaque année 6,5 millions de quintaux de poissons, dont 1 750 000 quintaux d'acipenséridés.

Après 1930, tout se gâte, sous la double influence d'une modification du régime des pluies dans le bassin de la Volga et de l'industrialisation - entreprise par Staline - du jeune Etat soviétique. La construction de barrages hydro-électriques et de grands réservoirs - notamment ceux de Kouïbychev (aujourd'hui Samara) et de Stalingrad (aujourd'hui Volgograd) - , ainsi que les détournements d'eau pour l'irrigation des kolkhozes ont réduit les apports d'eau douce dans la Caspienne. Vers le milieu des années cinquante, son niveau avait baissé de 2,5 m, avec pour effet la réduction de 30 000 km² de la surface des frayères. A cette époque, le volume des précipitations se mit à diminuer (de 83 à 53 jours par an). Au total, l'apport annuel en eau douce du printemps est passé de 133 km³ à 97,5 km³. Progressivement asséchées, les frayères

(1) Conséquences des mesures drastiques de dépollution entreprises ces dernières décennies : les scientifiques américains ont récemment identifié des esturgeons remontant le Mississippi. En France, des tentatives non concluantes ont été entreprises pour les réintroduire dans la Gironde (voir *Science & Vie* n° 803, p. 68).

(2) Bulletin de l'Académie des sciences de Russie, n° 2, 1992.

Le poisson aux œufs d'or

Malgré l'industrialisation de la production du caviar, les esturgeons sont toujours artisanalement pêchés au filet dans les eaux peu profondes du delta de la Volga.

des esturgeons ont été détruites, sur le cours inférieur et le delta de la Volga, pour trois variétés : à près de 100 % pour les bélugas, à 80 % et 60 % pour les osacières et sévrugas. Ce à quoi il faut ajouter les ravages dûs aux déversements hivernaux des barrages hydroélectriques (de l'ordre actuellement de 80 km³ chaque année). Ils provoquent des inondations dans le delta de la Volga, qui perturbent les habitudes d'hibernation de ces poissons migrateurs.

Le résultat de cette accumulation de facteurs négatifs ne s'est pas fait attendre : entre 1930 et 1960, les pêches d'esturgeons ont été divisées par plus de dix. Alors qu'on pêchait 350 000 quintaux d'osacières par an en 1830, on n'en ramenait déjà plus que 200 000 quintaux en 1930. Puis les chiffres dégringolèrent : le niveau le plus bas a été atteint en 1944, avec seulement 24 000 quintaux. Les spécialistes pensèrent même que l'espèce allait définitivement disparaître. Des mesures de conservation et de protection très strictes furent alors prises : le pouvoir de l'époque en avait les moyens ! Les zones de pêche furent déplacées de la mer vers les rivières afin d'exercer un contrôle plus strict sur ce qu'on attrapait, et, en particulier, de permettre aux jeunes poissons d'at-

teindre la maturité. Des canaux furent dragués dans le delta de la Volga pour y aménager des frayères artificielles. Une véritable industrie de l'élevage fut créée de toutes pièces. Elle produit aujourd'hui plus de 100 millions d'alevins relâchés ensuite en pleine mer.

Au début des années soixante-dix, les captures d'oscietres (la variété la plus commune d'esturgeons) dans le bassin de la Volga et le nord de la Caspienne étaient remontées à 250 000 quintaux et semblaient se stabiliser autour de ce chiffre. C'était sans compter avec la sévère dégradation des conditions écologiques du bassin de la Volga. Dépassant les 40 milliards de m³ en 1990, les apports d'eaux usées, donc polluées, ont été multipliés par quatre au cours des vingt dernières années, avec toutes les conséquences que l'on imagine sur la faune et la flore.

On trouve de tout dans la Volga : des sels de métaux lourds, des graisses, des produits pétroliers, des goudrons, substances phosphorées, nitrates, zinc, polymères, tensioactifs, etc. Les grands complexes industriels (chimie, pétrochimie, papeteries)

rejettent sans scrupules leurs déchets directement dans le fleuve. Entre 1970 et 1980, le poids total des polluants est passé de 5,153 millions de tonnes à 7,564 millions de tonnes. Vladimir Loukianenko estime qu'il atteindra 12,17 millions de tonnes en l'an 2000, ce qui contredit les données officielles, qui indiquent des chiffres dix fois inférieurs !

Les quantités d'azote et de phosphore rejetées dans la Volga ont également été multipliées par trois, ce qui a provoqué, en dix ans, la multiplication par seize de la production quotidienne du phytoplancton dans la Caspienne. La quantité d'oxygène dissous dans l'eau a alors considérablement diminué, provoquant une augmentation du gaz carbonique, ce qui a pour effet d'affaiblir les poissons.

Plus inquiétants encore sont les engrains et pesticides rejetés annuellement dans la Volga par les activités agricoles. Leur quantité dépasse aujourd'hui 400 000 tonnes. A la hauteur du réservoir de Volgograd, les concentrations d'hexachlorane (un pesticide), varient, selon la saison, de 1 à 1 000 microgrammes par kg (μg/kg). Or, c'est là que naissent la plupart des alevins d'oscietre. Dans cette même région, les quantités de pesticides organochlorés sont de trois à trois fois et demie plus élevées qu'ailleurs. Des analyses faites sur les gonades de 224 esturgeons péchés l'été dans le nord de la Caspienne en ont montré des concentrations s'échelonnant, selon les échantillons, entre 230 et 1 630 μg/kg.

Et puis, il y a le pétrole : 37 puits ont été forés au fond de la mer avant 1958. Les spécialistes estiment que de 100 à 500 tonnes de pétrole brut se déversent chaque jour accidentellement, en raison du faible niveau de la technologie employée. Certains experts évaluent même à plus d'un million de tonnes la quantité s'échappant des têtes de puits de forage mal faits. Résultat : un film de pétrole recouvre des surfaces immenses (jusqu'à 800 km²). Les fractions légères du pétrole se mélangent à l'eau, tuant le phytoplancton, alors que les fractions lourdes se déposent sur les fonds, annihilant le zooplancton, nourriture de base des esturgeons. Ces dernières années, la pollution pétrolière a été multipliée par quatre.

L'industrie gazière, les complexes industriels d'Astrakhan et les différentes usines du nord de la Caspienne se mettent aussi de la partie en rejetant dans l'atmosphère de l'anydride sulfureux et de l'oxyde de soufre qui retombent sur l'eau sous forme de pluies acides. Le complexe Tengizneftegaz a rechargé à lui seul, en 1987, 1,22 million de tonnes d'anhydride sulfureux.

Les conséquences de la pollution industrielle sont apparues pour la première fois au grand jour en juillet 1965, lorsqu'une usine chimique de Volgograd a dé-

UNE FAMILLE CÉLÈBRE ET APPRÉCIÉE

Les acipenséridés constituent une famille de poissons cartilagineux qui peuple l'hémisphère nord depuis plus de cinq cents millions d'années. Elle compte 24 espèces, la plupart migratrices, dont les plus connues sont le béluga, l'oscietre et le sévruga, qui vivent dans la Caspienne et à qui l'on doit le caviar. La poche des œufs représente de 10 % à 18 % du poids d'un individu adulte !



Le béluga est le plus grand poisson – et le plus rare – de la Caspienne. Adulte, il mesure en moyenne 2,3 m (mais peut atteindre 8 m !) et pèse 300 kg environ. Il est mature vers 18 ans.



L'oscietre, ou esturgeon russe commun, est plus petit que le béluga (il mesure 1,6 m environ) et pèse autour de 40 kg à l'âge adulte. Il est mature vers 12 ans.



Le sévruga est l'esturgeon le plus répandu de la Caspienne. Mâture vers 8 ans, il mesure 1,4 m et pèse environ 25 kg. L'oscietre et le sévruga constituent 97 % des pêches.

LA PRÉPARATION DU CAVIAR : UN SECRET DE "MAÎTRE"

La pêche aux esturgeons a lieu dans le delta de la Volga entre avril et septembre, lorsque les sévrugas, osciètres et bélugas en remontent les bras peu profonds pour frayer. Les pêcheurs tendent des filets en travers des rivières et les ferment sur les poissons.

Capturés vivants, ils sont placés dans des barges à demi remplies d'eau, et remorquées vers l'un des cinq navires-usines (les "stations", disent les russes) qui opèrent dans le delta. Un tri est effectué : on sélectionne les animaux porteurs d'œufs ; les autres sont soit rejetés directement à l'eau, soit conservés comme reproducteurs pour les éclosseries, soit encore gardés pour leur chair. La préparation du caviar peut commencer.

Une fois assommé, le poisson est ouvert ; un premier ouvrier extrait la poche des œufs (entre 10 et 100 kg) en évitant de la crever. C'est un second qui la vide puis qui tamise et lave les œufs afin d'ôter les impuretés qui peuvent s'y trouver. Cette opération est très délicate, car il faut éviter d'écraser les grains.

Vient alors l'opération qui

nécessite le tour de main dont dépendra le goût du caviar, véritable secret de sa préparation. D'un seul coup d'œil, à l'aspect des œufs, un *master* (maître, en russe) détermine les proportions de sel et de borax auxquelles les grains seront mélangés, et la durée (qui est généralement de quelques minutes) du passage dans ce bain. Lorsque la quantité de sel est inférieure à 5 %, le caviar est dit *malossol* (peu salé). Si elle est supérieure (jusqu'à 8 %), le caviar se conserve plus longtemps.

Le caviar est ensuite conditionné dans les célèbres boîtes rondes scellées par des bracelets en caoutchouc. L'ensemble des opérations n'a pris qu'une vingtaine de minutes. Les boîtes sont ensuite acheminées vers Astrakhan, avant d'être dirigées, sous bonne garde, vers Moscou, ou même directement vers la France.

En période faste, la production journalière de caviar dans le delta peut atteindre 2,5 t, toutes qualités confondues. Quant à la production annuelle russe, elle est estimée actuellement entre 1 500 et 2 000 tonnes, dont 10 % seulement sont exportés.



Ne pas écraser les œufs au moment de l'ouverture de la poche...



... et surtout doser le sel en fonction de la nature et de la maturation des œufs demande un véritable tour de main.

versé des produits toxiques dans la Volga, provoquant la perte de plus d'un million d'esturgeons, soit 30 % des prises annuelles. On mit dix ans pour reconstituer cette population. Les analyses faites à cette occasion montrèrent que les substances toxiques ingérées abaissaient brutalement la quantité des globules rouges et le taux d'hémoglobine, conduisant les poissons à l'asphyxie. Cette catastrophe fut suivie de nombreuses autres entre 1965 et 1967.

Les mesures prises par l'administration soviétique permirent d'éviter le renouvellement de tels accidents, mais elles n'empêchèrent pas le taux de substances toxiques d'augmenter régulièrement dans le fleuve. En 1988, selon les sites, les concentrations atteignaient de 5 à 52 fois la norme "acceptable" (pour les poissons) pour le cuivre, de 3 à 13 fois pour le zinc, de 4 à 90 fois pour les pesticides et de 8 à 60 fois pour les produits pétroliers !

Ce sont les pesticides et les produits pétroliers qui constituent les plus graves menaces sur les osciètres, bélugas et sévrugas, parce qu'ils tuent les larves et les œufs. Les premières destructions massives de larves de sévruga eurent lieu en 1976. L'enquête impliqua alors les pesticides organochlorés ; des mesures furent décidées en 1981... et ne furent pas appliquées par les industriels.

La pollution chimique attaque le système de reproduction, retardant ou même bloquant l'ovulation. Et, comme si cela ne suffisait pas, les populations d'esturgeons du nord de la Caspienne ont été dévastées en 1984 par une nouvelle maladie : la myopathie, qui se traduit par une dégénérescence des tissus musculaires des poissons et une perte de résistance de la membrane externe des œufs. Il y a une modification du métabolisme des graisses. De nombreuses tumeurs, dystrophies et nécroses du foie, la

LE CAVIAR VENDU EN FRANCE EST-IL POLLUÉ ?

Une question se pose aujourd'hui : étant donné la pollution de la Volga, la consommation de caviar est-elle dangereuse ?

En France, le Service vétérinaire d'hygiène alimentaire, dépendant du ministère de l'Agriculture, effectue des contrôles systématiques et aléatoires sur ce produit.

Il contrôle la salubrité des lots, c'est-à-dire l'absence de bactéries. Lorsque tout va bien, il délivre un certificat, dit "modèle 2", qui autorise l'entrée et la vente en France. Sui-vent des contrôles aléatoires pour vérifier les qualités organoleptiques du produit, et, surtout, pour détecter la présence éventuelle d'acide borique, interdit en France mais autorisé en Russie. Si on en trouve, le caviar est refoulé (le caviar destiné à être exporté en France est théoriquement fabriqué sans borax).

Les autres sondages consistent à rechercher les polychlorobiphényles (PCB, provenant des insecticides) dont la teneur maximale (2 mg par kg de poids frais) est fixée par l'arrêté du 16 février 1988. Les métaux lourds ne sont pas recherchés : il faudrait consommer plusieurs kilos de caviar pour que les quantités deviennent significatives... ce qui n'arrive jamais !

destruction des gamètes, des ovocytes sans noyaux, et des cas d'hermaphrodisme furent aussi observés. Le coupable fut vite identifié : le DDT (dichlorodiphényl-trichloréthane) et ses dérivés, dont les concentrations atteignaient de deux à cinq fois les doses acceptables, alors que des concentrations très fortes de métaux lourds (nickel, zinc et cuivre) étaient également observées dans la chair des poissons. Parallèlement, certains contenaient des doses très élevées (jusqu'à 4,0 µg/g) de xylol, de toluol et de benzol, des substances toxiques dérivées du pétrole. Le mal affectait alors non seulement les individus, mais également leur descendance.

Une grande conférence fut organisée en 1990 à Dubna, à 150 km au nord de Moscou, par les organismes soviétiques concernés par la toxicologie des pêches. Le conseil scientifique de la conférence

Alors, avis aux amateurs ! Quatre produits se partagent le marché :

Le béluga, le plus rare et le donc le plus cher (de 11 000 F à 13 000 F le kg). Ses œufs, à la membrane très fine, se présentent sous la forme de gros grains d'une couleur variant entre le gris foncé et le gris clair. La couleur n'a toutefois aucune incidence sur le goût, toujours discret et riche en saveur. Ses grains sont les plus "humides", avec 57 % d'eau ; ils contiennent de 15 % à 16 % de matières grasses et 25 % de protéines.

L'oscietre (de 4 500 à 6 000 F le kg). Les œufs, plus petits et plus agglutinés que ceux du béluga, ont des couleurs très diverses : noir, gris acier, gris foncé, avec toutes les nuances possibles allant du brun au jaune doré. La membrane est plus ferme que celle des bélugas et, de ce fait, ce type de caviar se conserve mieux. Il a un goût de noisette très particulier. Les grains renferment environ 55 % d'humidité, de 16 % à 17 % de matières grasses, et de 25 % à 27 % de protéines.

Lorsque le poisson est albino il fournit un caviar blanc très rare, qui était servi par le tsar à ses hôtes et consommé à la cour du shah d'Iran. Son goût, paraît-il, n'est pourtant

pas exceptionnel...

Le sévruga est "meilleur marché" (de 3 500 F à 4 000 F le kg). Les grains sont plus petits encore que ceux de l'oscietre, mais moins agglutinés. Leur couleur varie du gris clair au gris foncé. Ils sont entourés d'une membrane très tendre au goût accentué extrêmement fin, persistant au palais. Il est plus "franc", plus fumé, à cause sans doute d'un taux plus élevé de matière sèche (47 %), notamment de protéines (28 %). Les matières grasses ne représentent que de 13 % à 18 %.

A noter, plus les grains sont gros, plus le prix du caviar est élevé. Mais moins il se conserve. Pour prolonger cette conservation, certains fabricants le proposent pasteurisé dans des petits pots de verre ; toutefois, les vrais connaisseurs boudent cette formule.

Reste le caviar "pressé", encore moins cher (2 500 F le kg). Il est préparé à partir d'œufs de différentes variétés, plongés dans une saumure chaude, puis égouttés et légèrement comprimés pour avoir l'aspect d'une pâte. Il faut environ 4 kg d'œufs pour faire 1 kg de caviar pressé. Son goût est très franc. Certains gourmets ne l'aiment pas, mais d'autres y retrouvent toutes les saveurs du caviar traditionnel !

conclut que les acipensérés de la mer Caspienne se trouvaient à la veille d'une catastrophe écologique de grande ampleur, si rien n'était entrepris pour réduire la pollution des industries riveraines de la Caspienne mais également de celles du bassin de la Volga.

Mais comment faire pour épurer annuellement 40 milliards de m³ d'eaux usées contenant des milliers de substances toxiques différentes ? Le tiers de la population russe est concentré sur le bassin de la Volga. Son industrie et son agriculture représentent également le tiers de la production de la Russie. Pour couronner le tout, la Caspienne est maintenant bordée par cinq Etats indépendants⁽³⁾ ; il va devenir très difficile de contrôler les épandages de pesticides, et il est à craindre qu'à l'avenir, ils continueront à croître au même rythme que ces dernières années.

A l'évidence, le sauvetage des esturgeons implique un programme co-

ordonné d'épuration des eaux. En 1972, à l'époque du pouvoir soviétique, des plans grandioses avaient été discutés et mis au point. Ils sont restés dans les cartons. Pour l'instant, la Russie n'a pas de politique écologique globale impliquant des mesures juridiques, financières et techniques adéquates. Et, même si elle en avait élaboré une avec les autres pays riverains de la Caspienne, on ne voit pas comment elle aurait les moyens de la mettre en œuvre. A moins de faire appel à l'aide internationale.

Jean-René Germain

(3) La Russie, l'Azerbaïdjan, le Kazakhstan, la Turkménie et l'Iran. Signalons que la compétition entre les grandes pêcheries, autrefois soviétiques mais maintenant devenues russes, azéris et kazakhs, ainsi que la constitution de coopératives privées de pêcheurs, ont eu pour effet cette année d'abaisser pour la première fois de 20 % le prix du caviar à Moscou, mais au prix d'une concurrence sauvage... et d'un braconnage effréné.

LE PANORAMA DE LA PRESSE SCIENTIFIQUE

ABONNEZ-VOUS DÈS AUJOURD'HUI A L'UNE DE CES DEUX FORMULES

- Tous les mois **SCIENCE & VIE**, vous informe parfaitement sur les derniers développements de la recherche, dans tous les domaines scientifiques. **SCIENCE & VIE**, c'est le magazine d'information scientifique de référence.
- Tous les deux mois, **LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE**, vous font vivre l'Histoire des sciences comme on ne vous l'a jamais racontée. Qui sont les hommes à qui l'on doit l'univers technologique qui nous entoure ? Comment naît une découverte majeure ? Vous le découvrirez en lisant **LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE**.
- Tous les trois mois, un numéro **HORS SÉRIE DE SCIENCE & VIE** traite de façon exhaustive un grand sujet de notre temps. Chaque numéro **HORS SÉRIE** permet de faire le tour complet d'une question d'actualité scientifique.

FORMULE N° 1

LE PANORAMA DE LA SCIENCE

- 12 N°s DE SCIENCE & VIE
- 6 N°s DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE*

soit 18 numéros par an pour seulement

333 F au lieu de 444 F**

* Les CAHIERS DE SCIENCE & VIE sont des numéros spéciaux de SCIENCE & VIE.

** Prix de vente chez votre marchand de journaux.



FORMULE N° 2

LE MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE

- 12 N°s DE SCIENCE & VIE
- 6 N°s DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE*
- 4 N°s HORS SÉRIE DE SCIENCE & VIE

soit 22 numéros par an pour seulement

398 F au lieu de 544 F**

* Les CAHIERS DE SCIENCE & VIE sont des numéros spéciaux de SCIENCE & VIE.

** Prix de vente chez votre marchand de journaux.



TITRE D'ABONNEMENT PRIVILÉGIÉ

à retourner, paiement joint, sous enveloppe affranchie à **SCIENCE & VIE** - 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris Cedex 15

OUI je choisis en la cochant l'une de ces deux formules
d'abonnement à tarif préférentiel

NOM _____

PRÉNOM _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____

VILLE _____

SIGNATURE _____

S&V 904

Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial de notre société conformément à la législation en vigueur.

FORMULE N° 1 LE PANORAMA DE LA SCIENCE

333 F
SEULEMENT

soit
une économie de
111 F*

FORMULE N° 2 LE MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE

398 F
SEULEMENT

soit
une économie de
149 F*

* Pour rapport au prix de vente chez votre marchand de journaux.

PAR GERMAIN CHAMBOST

LES NOUVELLES BOITES NOIRES SONT DES DISQUES DURS

Les bandes magnétiques des enregistreurs de vol (boîtes noires) n'ont pas résisté aux dernières catastrophes aériennes. Les nouveaux avions sont équipés de boîtes noires à disque dur.

Irrécupérable, l'enregistreur de vol du Boeing 747 cargo d'El Al qui s'est écrasé au mois de septembre à Amsterdam. Tout comme celui de l'Airbus A-320 qui a percuté le mont Sainte-Odile le 20 janvier 1992. Ou celui du Boeing 757 de la Lauda Air qui s'est abîmé en Thaïlande en août 1991. A croire que les boîtes noires, censées fournir aux enquêteurs les renseignements propres à leur permettre d'élucider les causes des catastrophes aériennes, ne remplissent jamais leur office. Que les circonstances même des accidents ont pour effet de détruire ce qui devrait aider à les reconstituer.

Les boîtes noires sont de deux types. Le *Flight Data Recorder* (FDR) est chargé d'enregistrer les paramètres de vol : vitesse horizontale, vitesse verticale, accélération, cap magnétique, etc. Sur les avions de ligne, il existe un deuxième type d'enregistreur de vol : le *Cock-*

La nouvelle boîte noire à disque dur fabriquée par la société française SFIM



pit Voice Recorder (CVR). C'est un magnétophone alimenté par un micro placé dans le poste de pilotage et qui enregistre les propos de l'équipage, les bruits que l'on y entend et les dialogues avec les organismes de contrôle de la circulation aérienne. Sa conception est relativement simple : il fournit aux enquêteurs des indications précieuses, mais limitées, sur le fonctionnement des divers systèmes de l'avion avant l'accident, à travers les conversations et les échanges oraux des pilotes. Alors que le FDR, lui, restitue en totalité les paramètres de vol, sous forme chiffrée.

Les premiers FDR entrés en service en 1957 sur les avions de ligne comportaient un ruban métallique (d'où leur nom d'enregistreurs métalliques) sur lequel des sortes de stylets gravaient sur des pistes séparées les repères de temps, la pression atmosphérique, le cap magnétique de l'avion, l'accélération verticale, et quelques informations sur la position de certains systèmes, comme le train d'atterrissage et les volets. Même principe pour les enregistreurs photographiques : des spots lumineux traçaient des courbes sur une émulsion photosensible qui défilait. Spots et stylets étaient bien entendu "alimentés" par des capteurs placés sur le circuit barométrique de l'avion, l'horloge de bord, les accéléromètres et ainsi de suite. C'était simple et pratique, sauf que de par leur principe même, ces enregistreurs étaient limités en capacité : six paramètres au maximum.

A partir de 1960, on est passé aux enregistreurs magnétiques analogiques. Ces équipements fonctionnent





selon le principe des magnétophones : une bande magnétique enregistre non pas des sons, mais des données chiffrées. Le nombre de paramètres enregistrés s'accrut. En 1969, la réglementation de l'aviation civile imposait d'en enregistrer dix-huit au moins. Puis leur nombre est passé à trente. Les Européens se sont toujours montrés plus exigeants que les Américains en la matière. Trente paramètres, cela permet de garder en mémoire les éléments de vol, comme précédemment (vitesse, cap, accélération), mais aussi des indications sur le fonctionnement des moteurs et des différents systèmes de l'avion (1). Or, ce sont eux qui, très souvent, se trouvent impliqués dans les accidents.

Les enregistreurs actuels sont toujours à bande magnétique, mais numériques (et non plus analogiques), d'où leur appellation de *Digital Flight Data Recorder* (DFDR). Capables de saisir plus de deux cents paramètres, ils constituent en principe des témoins fiables des événements qui se déroulent à bord d'un avion et fournissent aux enquêteurs les moyens de reconstituer avec précision les instants qui ont précédé l'accident. Et bien davantage, puisque leur capacité mémoire est de vingt-cinq heures.

Car il peut être parfois nécessaire de remonter assez loin dans le temps pour identifier l'origine d'une panne. Par exemple, après l'accident du 757 de la Lauda Air, l'hypothèse fut émise d'un déclenchement en plein vol des inverseurs de poussée (2). Un tel enregistreur, s'il avait équipé l'avion, aurait indiqué aux enquêteurs, par exemple, que lors des deux vols pré-

cédeurs, la pression montait déjà anormalement dans le circuit hydraulique de commande de l'inverseur ; ce qui est possible si une valve de retour se trouve partiellement bloquée. Grâce au DFDR, les enquêteurs sont ainsi à même de reconstituer la totalité du scénario d'un accident.

Encore faut-il que la bande magnétique enregistreuse soit exploitable. Que la trame binaire de l'enregistrement soit en suffisamment bon état pour être convertie en grandeurs physiques, en chiffres. Or, les DFDR actuels, avec leur bande enregistreuse qui tourne sur des bobines et défile devant une tête d'enregistrement, sont relativement fragiles. Même en temps normal, rappelle Claude Jouvenot, directeur de la division "mesures" de la Société de fabrication d'instruments de mesure (SFIM), qui fabrique des boîtes noires, il arrive que la bande magnétique décolle de la tête d'enregistrement sous l'effet des accélérations de l'avion. Ce qui entraîne des interruptions dans l'enregistrement. Celui-ci peut également être perturbé par la présence de poussières ou de graisse sur la bande ou la tête d'enregistrement, exactement comme sur un magnétophone ou magnétoscope grand public.

Mais surtout, la bande magnétique ne résiste pas

(1) Entre autres : position en degrés des différentes gouvernes; pressions, températures et niveaux dans les réservoirs des différents liquides (carburant, fluide hydraulique des trains d'atterrissement, etc.), températures d'entrée de l'air et de sortie des gaz brûlés, régime des réacteurs, débit des pompes d'alimentation en carburant.

(2) Parties de la nacelle des réacteurs qui, lors d'un atterrissage, se rabattent sur la tuyère des gaz après que l'avion a touché le sol, pour freiner puissamment l'appareil.

L'Airbus A-340, qui entre en service commercial en 1993, sera le premier avion de ligne à être équipé de boîtes noires à disque dur.

à des températures supérieures à 150 °C. Dès 120°, les effets de la chaleur sont tels que la lecture en est rendue très difficile. Or, en cas de catastrophe aérienne, l'incendie est toujours à redouter. Aussi les enregistreurs sont-ils le plus souvent installés à l'arrière de l'avion, loin des réservoirs et des réacteurs qui risquent de brûler. C'est aussi pourquoi ils sont placés dans des conteneurs en acier, qui assurent la protection thermique des bobines.

Les conteneurs en acier sont également censés protéger l'enregistreur contre le choc à l'impact et diverses autres "agressions" possibles : effet corrosif des liquides hydrauliques, de l'eau de mer, du carburant. Le DFDR, avant de pouvoir être installé sur des avions, doit donc répondre à des normes de certification strictes. Ainsi doit-il pouvoir supporter 1 000 g (mille fois l'accélération de la pesanteur) pendant cinq millisecondes, l'équivalent d'un crash. Subir un écrasement de 5 000 livres (2 270 kg) sur les trois axes, longueur, largeur, hauteur, pendant cinq minutes. Ou un poinçonnement dynamique de 500 livres (227 kg), lâchées d'une hauteur de 10 pieds (3,05 m) sur une surface de contact de 6,35 mm de diamètre (comme un poinçon de ce diamètre qui tomberait sur l'enregistreur). Résister à une immersion de trente-six heures dans les liquides hydrauliques de l'avion, ou de trente jour dans l'eau de mer à une profondeur de 3 m. Ou encore à une flamme de 1 100 °C pendant trente minutes sur la moitié de la surface du boîtier...

Même ainsi, le choc et l'incendie, lors des accidents du mont Sainte-Odile, de Thaïlande ou d'Amsterdam, ont été suffisamment violents pour que les enregistrements soient inexploitables. Paradoxe supplémentaire : dans le cas de l'Airbus A-320 au mont Sainte-Odile, les enquêteurs ont dû se rabattre sur un autre enregistreur, le *Quick Access Recorder* (QAR), enregistreur de quelques paramètres exploité en permanence par les services de maintenance de la compagnie. Or, le QAR, destiné à être exploité en permanence après chaque vol, n'est pas protégé par un boîtier blindé. Seul le hasard explique qu'il ait résisté à l'accident.

La nouvelle génération d'enregistreurs est soumise, sur décision des autorités aéronautiques internationales, à des normes de certification renforcées. Ils devront pouvoir supporter non plus 1 000, mais 3 400 g dans l'axe le plus vulnérable du boîtier, pendant six millisecondes et demie ; résister à 1 000 °C sur toute leur surface pendant trente minutes et à une immersion par 6 000 m de fond pendant vingt-quatre heures. Ces normes doivent permettre aux

DFDR de résister à la violence des accidents des avions modernes, d'une masse de plusieurs centaines de tonnes et chargés de plusieurs dizaines de tonnes de carburant, qui se transforment en bombes lorsqu'ils s'écrasent.

Enfin, le disque dur. Ces nouvelles normes auraient été difficilement applicables sur des DFDR à bandes magnétiques. Sauf à en enfermer ceux-ci dans de véritables coffres-forts dont le poids de blindage se serait révélé prohibitif (75 kg d'acier, soit un passager de moins). C'est l'arrivée sur le marché de mémoires statiques d'une capacité suffisante pour enregistrer quelque 300 paramètres durant vingt-cinq heures d'affilée et d'un prix abordable, qui permet de se passer des bandes magnétiques. L'absence de parties mobiles rend les nouveaux DFDR beaucoup moins sensibles aux chocs. Leur faible encombrement (5 x 3 cm) permet de renforcer la protection en acier du conteneur sans augmentation du volume total, répondant ainsi aux nouvelles normes de protection contre l'incendie. A terme, il est même envisagé de doter également les *Cockpit Voice Recorders* (enregistreurs des conversations de l'équipage) de mémoires statiques, en lieu et place des bandes magnétiques actuelles.

A plus longue échéance, peut-être verra-t-on apparaître sur les avions de ligne un troisième système d'enregistrement, d'ailleurs réclamé par les pilotes. Non sans raison, reconnaît le commandant Claude Béchet, ancien membre du bureau Enquêtes accidents de la Direction générale de l'aviation civile. Il s'agirait d'un enregistrement vidéo du tableau de bord de l'avion.

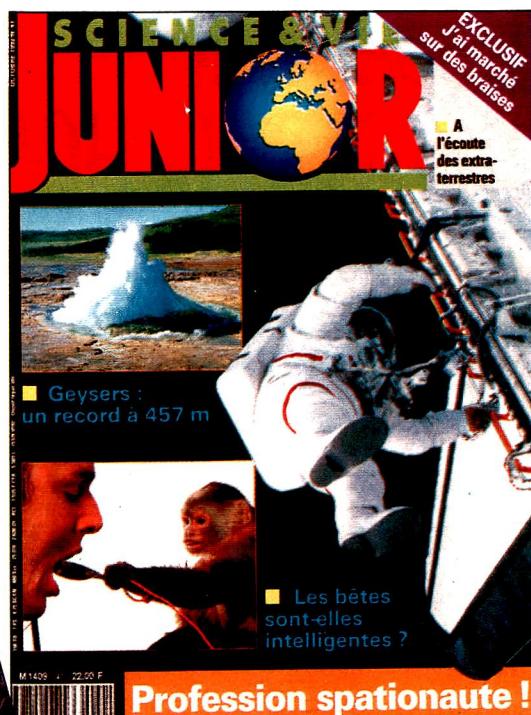
Sur les appareils modernes, en effet – Airbus A320, A330, A340, futur Boeing 777 –, les commandes de vol sont électriques. C'est-à-dire que les ordres donnés par le pilote à l'aide des différentes commandes passent par des calculateurs, avant de parvenir aux gouvernes de vol et autres équipements (moteurs, pilote automatique...). Les paramètres enregistrés par le DFDR le sont donc par l'intermédiaire des ordinateurs. Or, comment savoir, après un accident, s'il n'y a pas eu erreur de calcul de l'ordinateur, ou si les ordres envoyés par ce dernier sont bien conformes à ceux donnés par le commandant de bord, par exemple lorsqu'il pousse les manettes des gaz pour obtenir un certain régime moteur ? Il est de même impossible de connaître les valeurs affichées par les écrans du tableau de bord. Les pilotes demandent donc qu'une caméra filme le cockpit, afin de pouvoir juger de la conformité entre la lecture des instruments, les ordres donnés et la réponse des calculateurs. Le disque enregistreur (dûment blindé) de cette troisième "boîte noire", en plus des DFDR et des CVR, permettrait de lever toute ambiguïté.

Germain Chambost

ABONNEZ VOTRE ENFANT A

SCIENCE & VIE
JUNIOR

ECONOMISEZ
JUSQU'A 52 F.



Profession spationaute !

Vous avez un "junior" ? Alors, vous devez connaître SCIENCE & VIE JUNIOR, le magazine de toutes les découvertes. Son ambition: expliquer aux enfants les dernières avancées des sciences et des techniques, leur faire vivre en couleur la grande aventure scientifique et ses exploits les plus ahurissants. Offrir S&V JUNIOR chaque mois, c'est une façon intelligente de faire plaisir. Pour aller plus loin, S&V JUNIOR publie des DOSSIERS HORS SERIE trimestriels qui approfondissent un grand sujet.

BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner avec votre règlement à SCIENCE & VIE JUNIOR 1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 PARIS CEDEX 15

OUI

je souscris un abonnement d'un an à

SCIENCE & VIE JUNIOR (11 numéros)

223 F seulement au lieu de 245 F*

OUI

je souscris un abonnement d'un an à

SCIENCE & VIE JUNIOR (11 numéros + 4

HORS SERIE) 313 F seulement au lieu de 365 F*

* Prix de vente en kiosque

Ci-joint mon règlement par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE JUNIOR-BRED

NOM _____

PRENOM _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

DATE DE NAISSANCE DE L'ENFANT _____

OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1993 ET RESERVEE A LA FRANCE
METROPOLITAINE RC PARIS B 572 134 773 S&V Jan 904

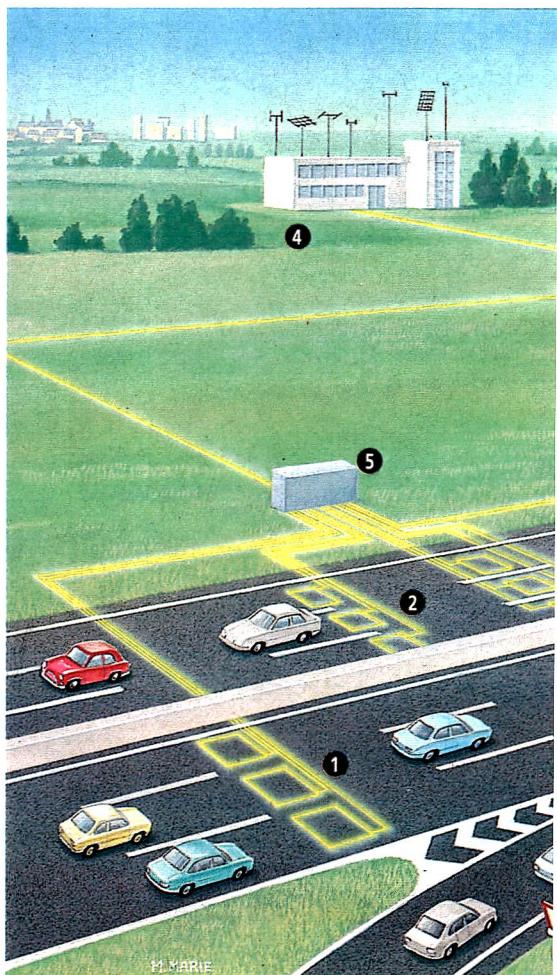
PAR HENRI-PIERRE PENEL

L'EXPERT FAIT SAUTER LES BOUCHONS

Congestionnée, la région parisienne souffre de troubles de la circulation. Les médecins du ministère de l'Equipment ont concocté un remède : le système *Sirius*, qui doit être inauguré ce mois-ci.

Ce n'est un secret pour personne, le boulevard périphérique de Paris n'a plus grand-chose à voir avec une voie express. Et s'il laisse tout loisir au touriste de contempler longuement la capitale de l'extérieur, il n'en est pas moins le cauchemar de bon nombre de banlieusards condamnés à y passer une grosse partie de leur journée. Or il n'est plus possible de l'élargir. Un projet à long terme est de le doubler par des voies souterraines.

En attendant, la région Ile-de-France a opté pour la réalisation de "superpérimétriques" – en pratique, deux anneaux de plus grand diamètre. C'est ainsi que se mettent en place actuellement l'A 86, logée en moyenne banlieue, et la Francilienne, en grande banlieue. A terme, ces deux nouvelles ceintures devraient assurer les jonc-



LA CHAUSSÉE SOUS MONITORING

Des détecteurs à boucle d'induction sont placés sous le revêtement de la chaussée. Les plus courants, à simple boucle ①, mesurent le débit de la circulation et le "taux d'occupation" de la chaussée. Les détecteurs à double boucle ② fournissent, outre ces données, des informations sur la vitesse des véhicules et leur taille. Ces mesures, ainsi que les images issues de caméras vidéo ③, sont transmises à un centre d'exploitation de secteur ④. Des sites techniques ⑤ puis des locaux de concentration ⑥ assurent le

conditionnement du signal tout au long de son parcours. Les ordinateurs du centre d'exploitation traitent les informations issues des capteurs et effectuent une estimation du trafic. Un opérateur compare cette dernière aux images transmises par les caméras. Un message conseillant un itinéraire est alors fourni aux automobilistes par des panneaux d'affichage à message variable ⑦. Le cas échéant, des feux tricolores ⑧, télécommandés par les ordinateurs, tenteront en dernier recours de réguler la circulation.

tions entre les principales autoroutes et permettre aux liaisons est-ouest et nord-sud de contourner la capitale et ses bouchons.

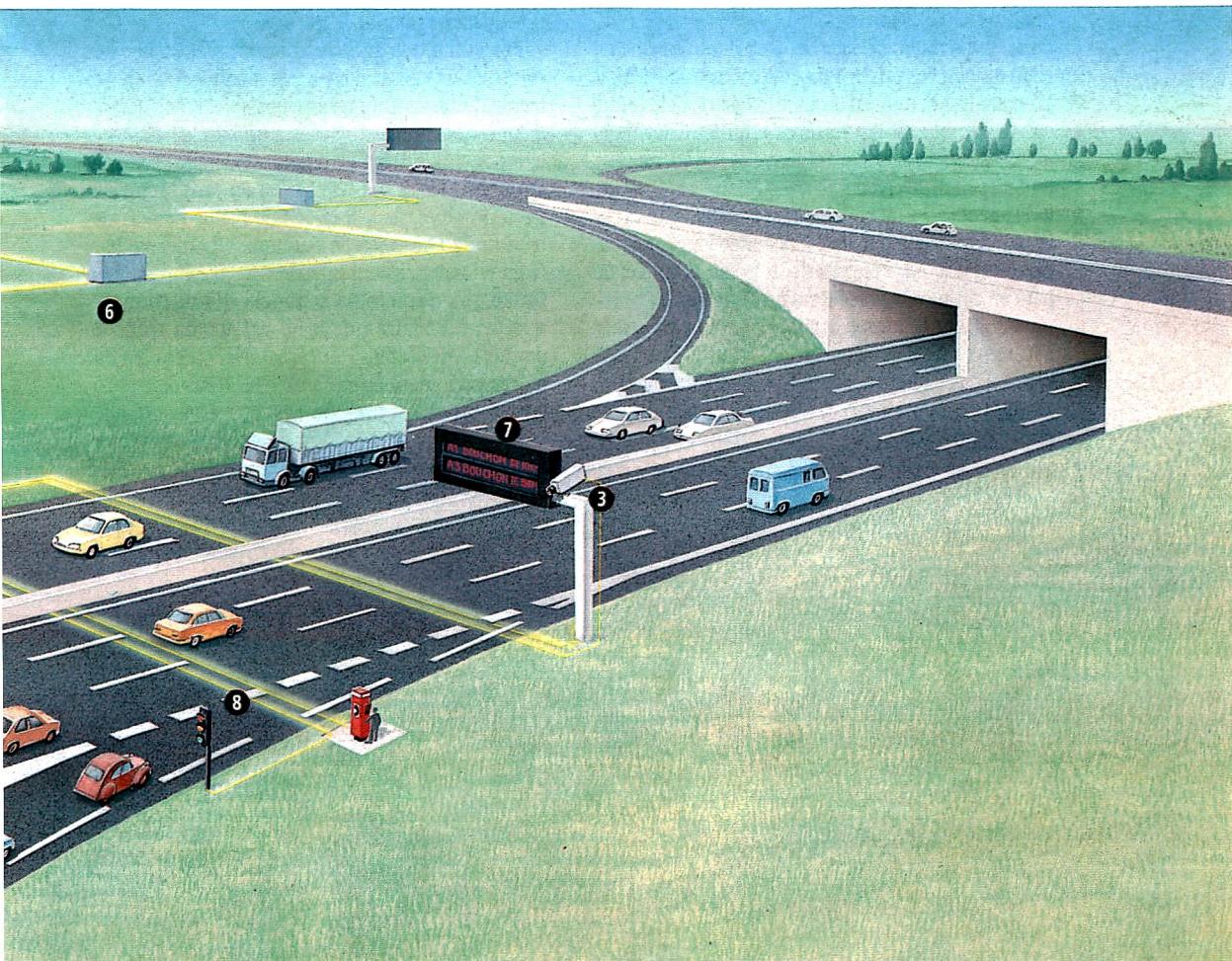
Mais, globalement, l'engorgement s'aggrave. Assurer un écoulement fluide du trafic impose donc une certaine gestion des itinéraires empruntés par les usagers. Faute de quoi, on risque fort de déplacer le problème au lieu de le résoudre.

La tâche est complexe. Car l'état d'encombrement d'un réseau routier est extrêmement variable. Horaires, conditions météo, événements ponctuels tels que salons, déplacements officiels ou accidents ont des répercussions importantes. Même quand un usager connaît plusieurs itinéraires possibles, il lui est difficile de déterminer celui qui lui fera perdre le moins de temps. La solution idéale consiste à informer en permanence l'automobiliste sur les conditions de circulation d'un axe donné avant même

qu'il ne l'emprunte et, éventuellement, à lui conseiller un itinéraire moins chargé.

L'objectif du système Sirius (Système d'information pour un réseau intelligible à l'usager), qui doit être inauguré ce mois-ci, sera d'informer les conducteurs plus précisément qu'aujourd'hui de la présence d'un bouchon (30 % des accidents ont en effet lieu en queue de bouchon).

Nous connaissons déjà les panneaux à message variable, pancartes équipées d'afficheur électronique où s'inscrivent une ou plusieurs lignes de texte indiquant, par exemple : "Bouchon à 3 km". Déjà gérés par un système informatique, ces panneaux sont appelés à se multiplier dans le cadre de Sirius. Le système repose sur un réseau de détecteurs à boucles d'induction. Leur principe de fonctionnement est identique à celui utilisé pour commander les portes d'un garage. Noyée



dans le revêtement de la chaussée, la boucle émet un signal chaque fois qu'un véhicule passe dessus (*voir encadré ci-contre*).

L'originalité de *Sirius* réside dans la manière d'interpréter les informations recueillies. Deux configurations sont possibles : les détecteurs à "simple boucle", et les détecteurs à "double boucle".

● La configuration simple boucle permet déjà de calculer le débit horaire (grâce à la débitmétrie) et d'estimer le taux d'occupation de la chaussée. En clair : la débitmétrie consiste simplement à compter le nombre de véhicules passant sur la boucle en un laps de temps donné. On en déduit le débit, ou nombre de véhicules par heure.

Le taux d'occupation de la chaussée, quant à lui, correspond à la densité de la circulation, ce qui, nous allons le voir, est différent. En effet, le débit peut être le même en cas de bouchon et en heure creuse : on peut, par exemple, mesurer un même débit de 1 000 véhicules/heure avec peu de véhicules, mais roulant à grande vitesse, ou avec beaucoup de voitures prises dans un embouteillage. Mais si on analyse la durée d'occultation d'une boucle (qui est courte quand les voitures circulent normalement) et le temps séparant deux occultations (qui, toujours dans le cas d'une circulation fluide, est relativement long), on peut estimer la densité de circulation. Lorsque la boucle est occultée longtemps, libérée un bref instant puis de nouveau occultée, on peut en déduire la présence d'un bouchon.

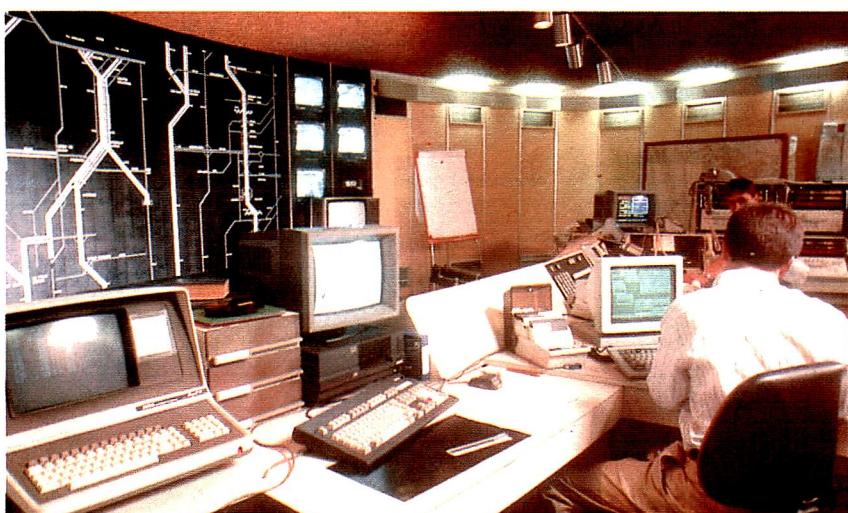
Déterminer le taux d'occupation de la chaussée permettra aussi de détecter la présence d'un accident ou d'un incident. Renseignements que le débit horaire ne donne pas : si aucune bretelle d'accès

n'existe entre les deux points de mesure, le débit est en effet identique en amont et en aval de l'accident. Alors que le taux d'occupation monte en flèche en amont, et dégringole en aval.

● Les détecteurs à double boucle permettent d'affiner encore les mesures sur une même file de circulation. Deux boucles d'induction sont logées à faible distance l'une de l'autre. En mesurant la durée séparant l'occultation de chaque boucle, la distance parcourue par le véhicule étant connue, il devient facile d'en déterminer la vitesse, information que ne fournissent pas les détecteurs simple boucle. De plus, ce type de détecteur donne des indications sur le véhicule lui-même. Connaissant la vitesse, il suffit en effet de mesurer la durée d'occultation d'une boucle pour déduire la longueur du véhicule. Le système sera ainsi capable de distinguer un camion d'une voiture de tourisme. De tels renseignements peuvent être précieux pour l'étude d'un trajet de délestage.

Précisons que si *Sirius* permet d'effectuer des contrôles de vitesse il n'y a pas identification du véhicule. Cette opération reste possible, grâce notamment à des caméras placées à proximité des détecteurs, mais les responsables du système se refusent farouchement à son utilisation en tant qu'instrument de répression. Il en est de même pour la détection de passages de camions sur un axe leur étant temporairement interdit...

Grâce aux détecteurs à boucle d'induction, *Sirius* peut "se faire une idée" précise du trafic de manière entièrement automatisée ; mais les caméras vidéo permettent à un opérateur de contrôler "de visu" les dires du système et, éventuellement, de les ajuster, voire de les corriger. De même, toutes les bornes téléphoniques d'appels de détresse



Le "cerveau" de *Sirius*

Dans un centre d'exploitation de secteur sont centralisées toutes les informations sur la circulation. L'opérateur compare les données issues du système aux images fournies par les moniteurs vidéo, et choisit les messages à transmettre aux usagers.

UN PRINCIPE AUSSI VIEUX QUE L'ÉLECTRICITÉ

sont reliées à *Sirius* et lui signalent leur activité. Le lieu d'émission d'un appel est immédiatement localisé et il est possible d'indiquer aux véhicules des services d'urgence l'itinéraire le mieux adapté.

La vocation première de *Sirius* reste cependant de limiter l'ampleur des bouchnons. Principal instrument : les panneaux à message variable, que l'on connaît déjà. Ces portiques sont équipés d'afficheurs électroluminescents capables de présenter deux lignes de texte de dix-huit caractères chacune. Mais *Sirius* peut aussi télécommander des feux tricolores. Placés sur les bretelles d'accès des grands axes, leur fonction est de tenter de réguler le débit afin de maintenir le taux d'occupation de la zone concernée en deçà du seuil de saturation.

Le gigantesque réseau de transmission auquel *Sirius* fait appel utilise différents supports de transmission : fil téléphonique, câble coaxial, fibre optique. Cette structure s'articule autour des éléments suivants : les terminaux, les sites techniques, les locaux de concentration et les centres d'exploitation de secteur.

- Les terminaux comprennent les détecteurs à boucle d'induction, les caméras vidéo, les téléphones, les panneaux à message variable et les feux de signalisation. Ils sont reliés aux sites techniques par l'intermédiaire de câbles comparables à ceux utilisés pour le téléphone. Seules les caméras les plus éloignées du site technique profiteront de câbles coaxiaux, identiques à ceux utilisés sur les antennes de télévision.

- Le site technique a une fonction comparable à celle d'un répartiteur téléphonique d'immeuble. Il fait office "d'interface" entre le câblage en étoile des divers terminaux et une tête de câble. Il n'est d'ailleurs pas uniquement passif, car il adapte les signaux pour qu'ils conviennent mieux à une transmission sur de longues distances. Des modems (modulateurs-démodulateurs) adaptent les données informatiques à une forme de transmission

Le principe de fonctionnement des détecteurs à boucle d'induction est le suivant : une bobine rectangulaire ① de grande dimension (d'environ 2 m sur 0,70 m), centrée sur la largeur de la file de roulement, est noyée dans le revêtement de la chaussée.

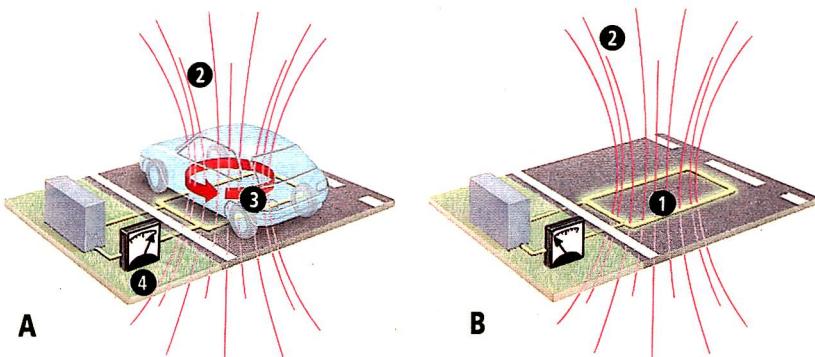
Elle est alimentée par une tension alternative de haute fréquence, et génère en permanence un champ magnétique ② normal à la chaussée.

Un véhicule passe sur la bobine (A) : un courant induit ③ se crée alors dans la masse métallique de celui-ci (essentiellement dans le châssis). Il y a donc transfert d'énergie de la bobine vers le véhicule.

Ce phénomène se traduit par un accroissement de la consommation électrique de la bobine. Un ampèremètre ④, placé sur son circuit d'alimentation, mesure cette surconsommation électrique.

En l'absence de véhicule (B), il n'y a pas d'induction de courant, et donc pratiquement aucun transfert d'énergie de la bobine vers le milieu ambiant : elle ne consomme alors que peu d'énergie électrique. L'ampèremètre mesure, à l'inverse du cas précédent, une faible consommation.

Ces fluctuations de courant, mesurées au niveau de la bobine, permettent à *Sirius* de détecter le passage des véhicules.



comparable à celle utilisée par le minitel.

Le traitement le plus important concerne le signal vidéo. Afin d'assurer une transmission de bonne qualité sur de longues distances, un codage lumineux lui sera appliquée et la liaison s'effectuera par fibre optique.

- Les locaux de concentration reçoivent les informations de plusieurs sites techniques et leur font franchir un échelon de plus dans son conditionnement. Ici, toutes les informations sont adaptées pour être transmises sur fibre optique.
- Enfin les données accèdent aux centres d'exploitation de secteur. C'est là que s'opèrent les traitements informatiques visant à améliorer la circulation automobile. Là aussi que seront créés les messages à faire parvenir aux panneaux. Là enfin qui interviendront les techniciens chargés de superviser l'ensemble du dispositif.

Dès ce mois-ci, quatre centres d'exploitation traitant les informations provenant de 1800 détecteurs à boucles magnétiques et 280 caméras vidéo enverront leurs instructions à 110 panneaux à messages variables, et géreront 34 accès régulés par des feux tricolores. A terme, le réseau Ile-de-France, compte 4 000 capteurs et 300 caméras. *Sirius* assurera alors la gestion quotidienne du trajet de plus de 3 millions de véhicules.

Henri-Pierre Penel

PAR ROGER BELLONE

COMMENT CAPTER LES NOUVELLES CHAÎNES TV

Sept nouvelles chaînes de télévision ont commencé à diffuser sur les satellites Telecom 2A et 2B. Ainsi, une douzaine de chaînes sont maintenant disponibles sur le réseau des quatre satellites Telecom et TDF. Elles y occupent 22 canaux dont 14 sont utilisés pour des programmes cryptés. Un véritable casse-tête pour les téléspectateurs. En voici les clés.

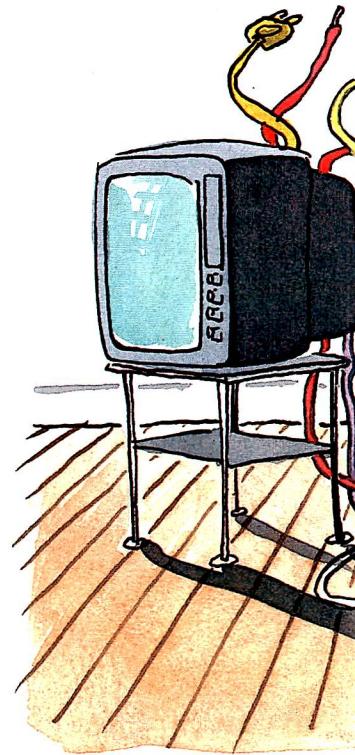
Concurrents ces dernières années, les trois systèmes français de transmission des programmes de télévision (hertziens, câblés et par satellite) sont devenus complémentaires depuis novembre dernier avec la montée de sept nouvelles chaînes sur les satellites Télécom 2A et 2B (et, probablement, d'une huitième dans quelques mois avec la création annoncée d'une chaîne provisoirement appelée Canal ++). En effet, alors que chacun de ces systèmes de transmission était, à l'origine, réservé à des chaînes spécifiques, on a progressivement assisté au passage de chaînes hertzien sur le câble, puis sur le satellite (Canal +) et, aujourd'hui, à la "montée" de chaînes câblées sur ce dernier (TV Sport, Planète, Canal J, Canal Jimmy, Ciné-cinémas et Ciné-cinéfil).

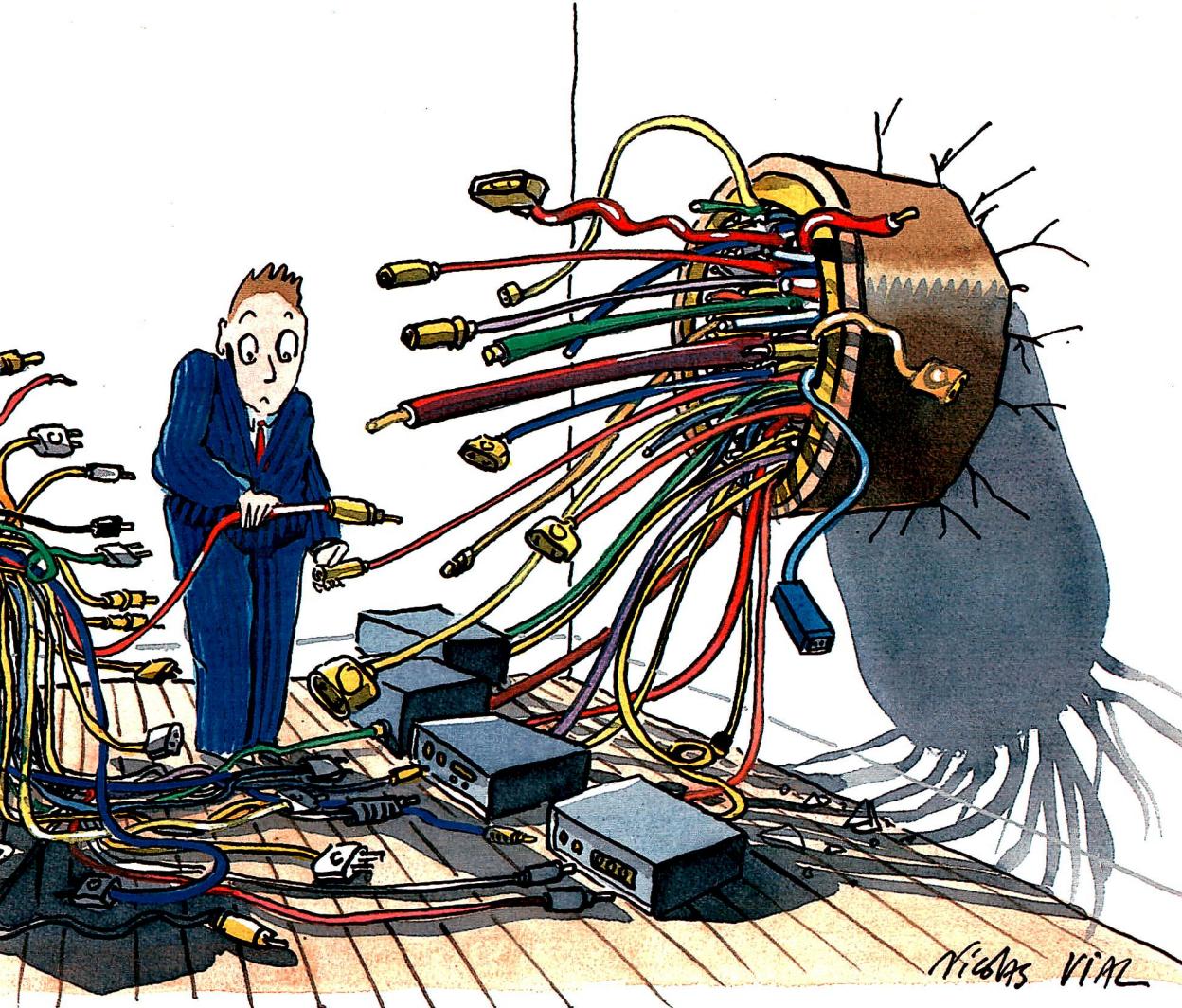
Parallèlement, deux chaînes (Canal + et Ciné-cinémas), émettant en SECAM, diffusent désormais également dans la norme D2-MAC en format 16/9. Cela leur ouvre le marché européen, puisque le satellite arrose toute l'Europe (actuellement 23 chaînes y diffusent en D2-MAC) et, surtout, les met en position de passer directement en TVHD

selon la norme HD-MAC dans deux ans.

Ces deux chaînes, avec cinq autres (TF1, M6, TV Sport, Planète et Ciné-cinéfil), diffusent aussi en SECAM sur le satellite, ce qui élargit leur audience, car le parc des téléviseurs en service est essentiellement SECAM ou PAL/SECAM (celui des téléviseurs D2-MAC étant encore très réduit). Lorsque la situation s'inversera, disons dans une bonne quinzaine d'années, elles abandonneront progressivement les diffusions en SECAM. Il est en effet probable que, vers l'an 2005, non seulement le parc des téléviseurs MAC 16/9 (D2-MAC et HD-MAC) sera important, mais, qu'en outre, le réseau terrestre hertzien aura commencé une mutation vers une télévision numérique dite "améliorée" en 625 lignes.

Sur les douze chaînes émettant sur Telecom 2A et 2B, quatre sont diffusées en clair : France 2-16/9, ARTE, TF1 et M6. Les sept autres sont cryptées (TV à péage) et distribuées par une seule firme, Canal Satellite (émanation de Canal +) qui se charge de la gestion des abonnements et des décodeurs. Ces sept chaînes cryptées sont réparties en deux groupes pour les programmes diffusés en





Nicolas VIAL

SECAM et restent distinctes pour ceux en D2-MAC :

● Groupe de base en SECAM : TV-Sport, MCM, Canal J, Canal Jimmy et Planète. Ces chaînes sont proposées pour un abonnement global mensuel de 136 F (non divisible). Canal Satellite fournit alors un décodeur Syster (caution de 500 F) et la carte à puce d'accès, ainsi qu'un magazine mensuel de programmes.

● Groupe à option en SECAM : Ciné-cinémas et Ciné-cinéfil. L'abonnement, de 81 F par mois, n'est possible qu'avec l'abonnement de base (soit au total 217 F). Ces 81 F tombent à 50 F si l'on est par ailleurs abonné à Canal +, ce qui suppose qu'on possède déjà un décodeur.

● Autonomie en D2-MAC : l'abonnement mensuel est de 135 F pour Canal + 16/9 et de 40 F pour Ciné-cinémas 16/9, soit 175 F pour les deux chaînes. Canal-Satellite perçoit en plus une caution de 100 F pour délivrer la carte d'accès (procédé Eucrypt). Il appartient au téléspectateur de choisir lui-même son décodeur ; lequel, parfois, est d'ailleurs intégré au téléviseur. Observons encore que les chaînes D2-MAC sur le satellite Telecom 2A

sont réservées au nouveau format 16/9, ce que souligne leur nouveau nom (Canal + 16/9, France 2 16/9 et Ciné-cinémas 16/9). Celles qui restent sur TDF continueront d'émettre en 16/9 ou 4/3.

A l'évidence, les choses ne sont pas simples pour le téléspectateur. Elles le sont d'autant moins que les téléviseurs du parc français (et européen d'ailleurs) ne sont pas équipés pour recevoir les nouvelles chaînes, lesquelles, nous l'avons vu, diffusent parfois conjointement en SECAM et en D2-MAC sur deux canaux ou sur deux satellites (voir tableau p.116) ; ce qui, lorsqu'elles sont en outre cryptées, conduit à l'utilisation de décodeurs différents.

Le premier problème que doit résoudre le téléspectateur concerne le choix des programmes qu'il souhaite recevoir (cinéma, sport, musique, documentaire, émissions généralistes, etc.). Dépendant de ses goûts, la solution est ici purement personnelle. Viennent ensuite les choix techniques et de matériels. Ils dépendent de trois questions :

SECAM ou D2-MAC ? C'est la première question à se poser, car de la réponse qui lui sera apportée, dépendra le choix des équipements.

Si vous ne disposez pas, comme c'est le cas de la majorité des téléspectateurs aujourd'hui, d'un téléviseur en 16/9, vous pouvez soit vous contenter du SECAM - ce qui permet l'accès aux chaînes à péage venant du satellite -, soit opter pour le D2 MAC : vous bénéficiez alors d'une image améliorée (même si elle n'est pas en 16/9) et d'un son hi-fi stéréophonique.

Si vous possédez déjà un téléviseur 16/9, ou si vous avez l'intention d'en acquérir un cette année, vous avez intérêt à opter pour le D2-MAC (et accessoirement pour le SECAM si vous souhaitez aussi recevoir les chaînes n'émettant pas en D2-MAC, comme Canal J, TV-Sport, Planète ou Ciné-cinéfil). Le D2-MAC vous permettra en effet :

● de profiter d'une image améliorée et du son numérique et stéréophonique de haute fidélité. A la condition, bien sûr, que le programme émis soit de bonne qualité, c'est-à-dire produit sur un support adapté, et enregistré véritablement en son numérique. Ce qui aujourd'hui est encore rare ;

● de bénéficier des diffusions dans le format 16/9, automatiquement programmées sur le téléviseur. Ce format, qui sera celui de la TVHD dans tous les pays du monde, sera de plus en plus utilisé dans les prochaines années. Il l'est déjà quotidiennement sur les nouvelles chaînes ;

● de recevoir la TVHD en balayage 625 lignes D2-MAC sans aucune modification (en attendant, après 1995 et à l'époque qui vous conviendra, de changer votre matériel pour du 1250 lignes). Cette réception est possible dès aujourd'hui pour tous les programmes TVHD expérimentaux ;

● après 1995, de recevoir la TVHD en 1250 lignes, en vous procurant un décodeur HD-MAC, et à la condition que votre téléviseur actuel possède déjà le balayage 1250 lignes (cas du Space System de Thomson et des D2-MAC 1250 lignes de Philips et Grundig).

Quelle antenne satellite ? Pour capter les chaînes D2-MAC des satellites TDF et TV-SAT (le satellite allemand D2-MAC), une petite antenne parabolique

LA TV SUR LES SATELLITES TDF ET TELECOM

CHAÎNE	PROGRAMME	SATELLITE	POLARISATION	FORMAT	NORME	CRYPTAGE	SON
FRANCE 2	Généraliste	TDF 1/2	Circulaire droite	4/3 et 16/9	D2-MAC	en clair	Numérique, hi-fi stéréo
		Telecom 2B	Verticale	4/3	SECAM	en clair	Analogique, mono
		Telecom 2A	Verticale	16/9	D2-MAC	en clair	Numérique, hi-fi stéréo
CANAL +	Généraliste	TDF 1/2	Circulaire droite	4/3	D2-MAC	Eurocrypt	Numérique, hi-fi stéréo
		Telecom 2A	Verticale	4/3	SECAM	Nagravision	Analogique, mono
		Telecom 2A	Verticale	16/9 et 4/3	D2-MAC	Eurocrypt	Numérique, hi-fi stéréo
TF1	Généraliste	Telecom 2B	Verticale	4/3	SECAM	en clair	Analogique, mono
M6	Généraliste	Telecom 2B	Verticale	4/3	SECAM	en clair	Analogique, mono
CANAL ++ (création courant 1993)	Probablement généraliste	Telecom 2A	?	16/9	D2-MAC	Eurocrypt	Numérique, hi-fi stéréo
ARTE	Culturelle européenne	TDF 1/2	Circulaire droite	4/3 et 16/9	D2-MAC	en clair	Numérique, hi-fi stéréo
		Telecom 2B	Verticale	4/3	SECAM	en clair	Analogique, mono
MCM	Musique	TDF 1/2	Circulaire droite	4/3	D2-MAC	en clair	Numérique, hi-fi stéréo
		Telecom 2A	Horizontale	4/3	SECAM	Nagravision	Analogique, mono
TV-SPORT	Sports	Telecom 2A	Horizontale	4/3	SECAM	Nagravision	Analogique, mono
Planète	Documentaires et reportages	Telecom 2A	Horizontale	4/3	SECAM	Nagravision	Analogique, mono.
CANAL J	Enfants (Canal J)	Telecom 2A	Verticale	4/3	SECAM	Nagravision	Analogique, mono
CANAL JIMMY	Jeunes (Jimmy)	Telecom 2B (durant encore 2 à 3 mois)	Verticale	4/3	SECAM	Nagravision	Analogique, mono
CINÉ-CINEMAS	Cinéma	Telecom 2B	Horizontale	4/3	D2-MAC	Eurocrypt	Numérique, hi-fi stéréo
		Telecom 2A	Verticale	16/9	D2-MAC	Eurocrypt	Numérique, hi-fi stéréo
		Telecom 2A	Horizontale	4/3	SECAM	Nagravision	Analogique, mono
CINÉ-CINEFIL	Cinéma	Telecom 2A (à destination exclusive des réseaux câblés transmettant en D2 MAC)	Verticale	4/3	D2-MAC	Eurocrypt	Numérique, hi-fi stéréo
		Telecom 2A	Horizontale	4/3	SECAM	Nagravision	Analogique, mono

Toutes nos chaînes de télévision, hormis France 3 et les chaînes thématiques câblées, diffusent à partir des quatre satellites Telecom et TDF.

(de 45 cm de diamètre) ou plate (de 40 cm), orientée à demeure vers leur position géostationnaire de 19° ouest, convenait jusqu'ici.

Ce type d'antenne est aujourd'hui insuffisant pour recevoir les nouveaux satellites, plus faibles et occupant des positions différentes (Telecom 2A est à 8° ouest, Telecom 2B à 5° ouest). De plus, la polarisation (le sens de la modulation de l'onde électromagnétique) est verticale ou horizontale sur Telecom, circulaire droite sur TDF, circulaire gauche sur TV-SAT. La tête de l'antenne doit donc travailler dans ces diverses polarisations pour pouvoir capter tous les satellites.

Si vous possédez déjà une antenne pour les satellites TDF, il vous faudra utiliser une seconde antenne fixe de 80 à 85 cm pour recevoir Telecom 2A ou 2B (coût : 800 à 1 800 F selon le type de matériel).

Si vous ne possédez aucun équipement, vous pouvez soit adopter deux antennes fixes pour capter TDF et Telecom, à la condition de disposer de deux prises sur le décodeur D2-MAC (coût des deux antennes : 1 500 à 2 800 F), soit acheter une antenne multisatellite à moteur intégré. Celui-ci permettra d'orienter l'antenne vers le satellite à capter. C'est la formule idéale, qui vous permettra d'ailleurs de recevoir d'autres satellites, comme Astra et Eutelsat. Mais c'est aussi la plus coûteuse : de 4 000 à 6 000 F selon l'équipement (par exemple, une antenne Nokia offset de 85 cm, avec une triple bande de réception, toutes les polarisations et un moteur permettant de capter une quarantaine de satellites coûte 5 000 F).

Quel décodeur-décodeur ? Pour recevoir les programmes SECAM en clair des satellites Telecom, un téléviseur SECAM est nécessaire (ou un PAL/SECAM). Un modèle SECAM/D2-MAC permet de capter en plus les programmes D2-MAC des satellites Telecom et TDF. Si le téléviseur n'est qu'un modèle SECAM ou PAL/SECAM, nous avons vu que les programmes D2-MAC peuvent être tout de même reçus, mais à la condition de lui connecter un décodeur autonome D2-MAC.

S'il s'agit de chaînes cryptées, il faut en outre disposer d'un décodeur et de sa carte d'accès délivrée sur abonnement. Dans le cas du D2-MAC, le décodeur est souvent intégré au décodeur. Nokia, par exemple, propose un tel appareil avec deux lecteurs de carte Eurocrypt (DEC 3002). La multiplication des satellites cryptés et l'absence d'entente entre les divers partenaires font qu'il existe aujourd'hui de nombreux systèmes de cryptage. En ce qui concerne les satellites Telecom et TDF, deux procédés sont employés : l'Eurocrypt pour le D2-MAC et le Nagravision avec décodeur Syster pour le SECAM.

Dès lors, pour recevoir la totalité des chaînes

LES CHAÎNES EUROPÉENNES D2-MAC

CHAÎNE	ORIGINE	FORMAT	SATELLITE	CRYPTAGE
Canal +	France	16/9 4/3	Telecom 2A TDF	Eurocrypt Eurocrypt
France 2	France	16/9 4/3 et 16/9	Telecom 2A TDF	en clair en clair
Ciné-Cinémas	France	4/3 16/9	Telecom 2B Telecom 2A	Eurocrypt Eurocrypt
Ciné-Cinéfil (pour le câble)	France	4/3	Telecom 2A	Eurocrypt
MCM	France	4/3	TDF	en clair
ARTE	France-Allemagne	4/3 et 16/9	TDF	en clair
RTL Plus	Allemagne	4/3	Olympus	en clair
SAT-1	Allemagne	4/3 et 16/9	TV-SAT	en clair
3-SAT	Allemagne	4/3 et 16/9	TV-SAT	en clair
Eins Plus	Allemagne	4/3 et 16/9	TV-SAT	en clair
Kabelkanal	Allemagne	4/3	Eutelsat 2F1	Eurocrypt
RAISAT	Italie	4/3 et 16/9	Olympus	Eurocrypt
TV-3 Suède	Suède	4/3	Astra	Eurocrypt
TV-1000	Suède	4/3	Astra	Eurocrypt
TV-3 Danemark	Danemark	4/3	Astra	Eurocrypt
TV-3 Norvège	Norvège	4/3	Astra	Eurocrypt
Filmnet	Pays-Bas	16/9	Astra	Eurocrypt
TV-Plus	Pays-Bas	16/9	Eutelsat 2F3	Eurocrypt
Eurostep	Serbie/Croatie	4/3	Eutelsat 2F3	en clair
NRK	Norvège	4/3	Télé X	en clair

Les programmes D2-MAC sont aujourd'hui diffusés sur 23 chaînes européennes et sont captées par quelque deux millions de téléspectateurs (non comptées les chaînes D2-MAC câblées, comme le réseau de Berlin et les chaînes nordiques).

cryptées de Canal Satellite et de TDF, il faut connecter les deux types de décodeurs. A moins que le décodeur Eurocrypt ne soit déjà incorporé au téléviseur (ce qui est encore rare) ou que le même appareil intègre les deux procédés et reçoive donc les deux cartes d'accès (ce qui, pour l'instant, n'est qu'à l'étude ; et ce, à l'initiative de Canal +).

Rappelons que le décodeur Syster est fourni en location lors de l'abonnement de base à Canal Satellite, alors que le décodeur Eurocrypt doit être acheté par le téléspectateur. Ajoutons que les décodeurs Canal + utilisés pour recevoir les émissions terrestres ne sont pas utilisables pour la réception satellite. De même la carte D2-MAC Eurocrypt nécessaire à la réception de Canal + sur TDF n'est pas utilisable pour Canal + sur Telecom 2A. Mais l'abonnement peut être échangé pour recevoir Canal + sur le canal D2-MAC du satellite Telecom plutôt que sur celui de TDF. Ce qui n'est pas sans intérêt pour les possesseurs de téléviseurs 16/9 puisque, en principe, Canal + réservera ses programmes 16/9 au satellite Telecom 2A.

Roger Bellone



PAR GÉRARD MORICE

QUAND LE BÉTON SE PREND POUR DE LA PIERRE...

Deux innovations sont en train de semer le trouble dans le bâtiment. La première est un béton que l'on peut projeter au pistolet et qui prend l'aspect de la pierre. La seconde, un matériau que l'on peut tailler, sculpter, ciseler comme de la pierre, et qui, ensuite, devient aussi solide que le béton. De quoi faire renaître une architecture bien souvent tristement répétitive.

Le "Con-Tech" est bien du béton - il a les mêmes composants - mais il est si fin qu'on peut même s'en servir pour remplacer le stuc dans des moulures ou des motifs décoratifs !

La texture et la teinte de ce nouveau matériau, mis au point en Grande-Bretagne, varient en fonction des proportions des agrégats naturels utilisés pour le fabriquer. Si bien qu'il peut imiter - à s'y méprendre - aussi bien le grès des Vosges que la lave du Massif central. Il présente néanmoins, sur les pierres de taille "naturelles", l'avantage d'être facile à mouler sous forme de blocs, de plaques ou de grands panneaux d'habillage - on peut produire des éléments de construction de 13 mm d'épaisseur seulement.

Il peut aussi s'appliquer au pistolet pour renforcer ou réparer des ouvrages existants. Ainsi, par exemple, dans des espaces restreints (égouts, tunnels), le Con-Tech peut être projeté à seulement 15 cm, sans éclaboussures, donc sans risque pour l'ouvrier et sans gaspillage. Il adhère alors parfaitement à la surface et s'y incruste, formant un revêtement



Pendant six mois, ce sculpteur pourra donner libre cours à son imagination. Ensuite, le matériau ne tolérera plus aucune retouche.

tement d'une grande solidité. Enfin, il revient moins cher que la pierre moulée, tout en présentant une meilleure résistance à la compression, un plus grand choix de formes réalisables et une plus grande netteté des bords, arêtes et détails.

Ainsi, parmi les autres utilisations du Con-Tech : les dalles et carrelages, les jardinières, le revêtement des parois de piscines, les rigoles, la protection contre la corrosion des charpentes en acier...

Un autre matériau, français celui-là, possède les propriétés du béton et du Con-Tech réunies. Son nom est d'ailleurs explicite : "pierre de La Possonnière, béton retaillable". Il a été mis au point, au terme de quatre ans de recherche, par deux Angevins (du village de La Possonnière, d'où son nom), William et Christian Cruaud, tailleurs, sculpteurs et restaurateurs de pierre comme leurs aïeux.

Ce matériau se taille et se sculpte donc, comme il se doit, à l'aide des outils traditionnels de la pierre ; on peut lui donner toutes les formes désirées. Pendant six mois... Après quoi, il se fige et devient aussi solide que le béton. On peut l'utiliser seul (mobilier urbain) comme le couler sur une surface en béton ou l'insérer dans les fers d'une armature. Il vient ainsi agrémenter une architecture jusque là très monotone dans ses formes, par nécessité économique.

Avec le béton "classique", toute forme ou aspect de surface requiert en effet un coffrage très élaboré,



L'aspect de la pierre, la solidité du béton.

dont le coût peut représenter vingt fois le prix du matériau lui-même. D'où le réemploi fréquent des mêmes moules, et une architecture uniforme. L'utilisation de la pierre de La Possonnière permet de réduire sensiblement ce coût : il ne représente plus que quatre ou cinq fois le prix du matériau. Car, une fois le coulage effectué, on taille et on sculpte selon son désir l'élément architectural dont on n'a ébauché que grossièrement la forme à l'aide d'un coffrage rudimentaire.

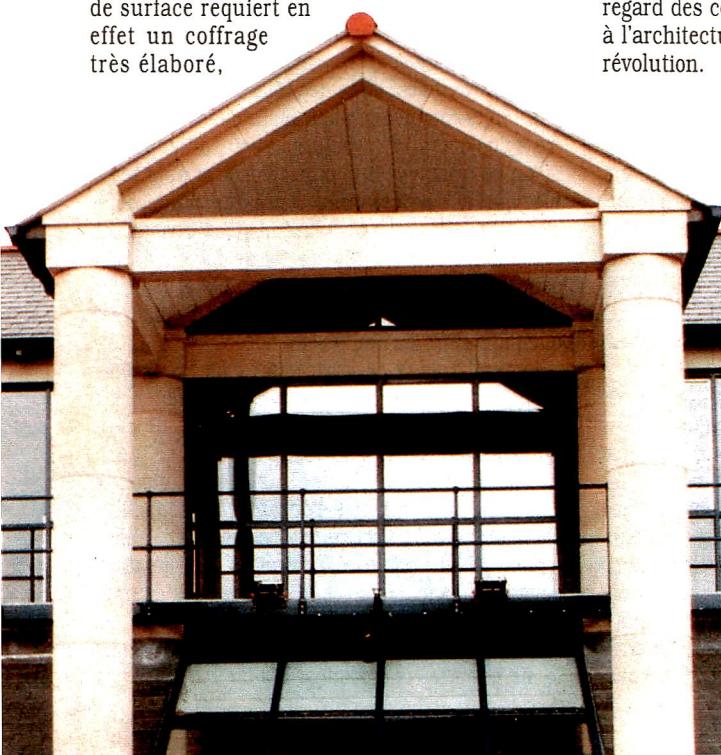
Secret industriel oblige, les frères Cruaud sont peu loquaces sur la composition de leur "pierre-béton". Ils se contentent de préciser qu'il s'agit d'un mélange à base de ciment et que des carbonates remplacent les silices traditionnelles, que l'on ne peut tailler.

De même – toutes proportions gardées, bien entendu – que l'on parle de marbre de Carrare, William et Christian Cruaud tiennent à l'appellation "pierre de La Possonnière" pour parler de leur matériau, "béton noble" utilisable pour des réalisations d'art et de prestige.

Avec ce nouveau procédé, ils visent 3 % du marché du béton. Des prétentions modestes en regard des considérables perspectives qu'il ouvre à l'architecture. Car en fait, il s'agit d'une réelle révolution.

Gérard Morice

Comment soupçonner que ces piliers de la gare de Branley, en Grande-Bretagne, sont en béton ?



PAR GÉRARD MORICE

LE DERNIER CONSTRUCTEUR D'AVIONS EN BOIS

La société Avions Robin est la seule au monde à construire, en série mais entièrement à la main, des avions de tourisme tout en bois.

Non par archaïsme, par esprit de tradition ou pour en faire des pièces de musée, mais parce que le bois reste un matériau aux qualités inégalées.

«Le seul défaut du bois, celui qui l'a fait progressivement délaissé par les constructeurs d'avions légers, c'est qu'il ne se prête pas à la construction industrielle en grande série. Sa mise en œuvre ne peut être mécanisée : elle exige une succession d'opérations qui doivent être effectuées manuellement – et par un personnel extrêmement qualifié.» Jacques Bigenwald, directeur de la communication des Avions Robin, précise encore : «Pourtant, à résistance égale, une structure conventionnelle en alliages légers ou en composites – celle que l'on trouve sur les planeurs, par exemple – est plus lourde qu'une structure en bois. Comparés à leurs concurrents de même puissance, nos DR 400 offrent une charge utile supérieure (jusqu'à 500 kg) et, pour une même quantité d'essence consommée, ils vont plus vite et plus loin (5 heures d'autonomie en vitesse de croisière, 250 km/h environ). Le bois, substance compacte formée de cellules, de fibres et de vaisseaux, est en fait un composite naturel aux performances et au rendement encore uniques !»

Il y a vingt ans que les Avions Robin, installés sur l'aérodrome de Darois, à une dizaine de kilomètres de Dijon, construisent ces avions de tourisme, à deux places (120 ch) ou à quatre (180 ch), conçus avec la collaboration de Jean Delemontez, le père des fameux Jodel. Tout en bois revêtu de polyester (du Dacron dont la durée de vie est quasiment illimitée et qui est capable de résister à une pression de 3 000 kg au m²), les DR 400 ont



Le Robin DR 400

déjà été produits à près de 1 500 exemplaires. Constamment améliorés, ils restent des best-sellers. La plupart des écoles de pilotage et des aérodromes européens les ont adoptés depuis longtemps et une clientèle de particuliers, de plus en plus importante, se tourne vers eux. La société produit ainsi actuellement une centaine d'appareils par an, dont 40 % sont exportés, principalement vers l'Allemagne.

Ce sont des valeurs sûres : leur cote à la revente est l'une des plus élevées du marché ! Sans compter que leur maintenance se résume à des opérations simples et peu coûteuses, et qu'on ne peut imaginer plus efficace et plus complet que le service après-vente dont ils bénéficient. Ce dernier tient en effet en stock permanent la totalité des références des pièces détachées. Un coup de téléphone, un télex ou un fax et le client est dépanné en quelques heures en France, en quelques jours au bout du monde.

Le personnel de ce service après-vente est composé de spécialistes qui connaissent parfaitement les caractéristiques et les particularités de chacun des modèles produits depuis l'origine... Avions Robin assure ainsi une large gamme de travaux – de l'entretien courant au remodelage complet d'avions anciens, en passant par l'adaptation d'équipements spéciaux, la réparation d'avions accidentés ou le dépannage des équipements électroniques de bord !

Le bois présente encore d'autres avantages sur le métal ou les composites. D'abord, il n'est pas



L'atelier de menuiserie

sujet au phénomène de fatigue : soumis à des efforts importants et répétés, un longeron en bois conserve l'intégrité de ses caractéristiques mécaniques bien plus longtemps qu'un longeron métallique. Ensuite, il ne se corrode pas. Ses qualités d'isolation phonique font que la cabine d'un DR 400 est plus silencieuse que celle d'un avion de même puissance construit en n'importe quel autre matériau. Sur le plan aérodynamique, la construction mixte bois-polyester garantit une meilleure finition : il n'y a plus de rivets proéminents sur le fuselage ni sur les ailes.

Comment se construisent les avions en bois ? La première difficulté est l'approvisionnement : il n'existe pas de bois de qualité "aviation" sur le marché. «C'est au constructeur de rechercher le matériau doté des qualités requises», indique Jacques Bigenwald. Une première sélection se fonde simplement sur l'aspect et la densité lors de l'achat du bois d'œuvre – pin Douglas, spruce ou pin d'Oregon en provenance du nord-ouest des Etats-Unis ou du Canada. Le bois est ensuite



Le hall d'assemblage

Des avions faits main

Équipés de leur fuselage et de leur voilure dans l'atelier de menuiserie, les avions passent dans le hall d'assemblage pour recevoir train d'atterrissement, moteur et équipements de bord. Au total, la fabrication d'un DR 400 aura demandé plus de 1 000 heures de travail.

séché pendant un an puis testé, pièce par pièce : la résistance à la traction et à la compression, la densité et l'hygrométrie de chacun des échantillons doivent se situer à l'intérieur d'une fourchette très précise. «Si ces paramètres ne sont pas satisfaisants, le bois devra être refusé... et reven-

du comme "vulgaire" bois d'ébénisterie.»

Sous forme de lames contrecollées, ce bois constitue l'âme du longeron d'aile – pièce maîtresse de la voilure, celle qui sera soumise aux plus gros efforts – et du longeron de fuselage. Les différents renforts et nervurages de la cellule sont, eux, réalisés en épicéa du Jura. L'ensemble est coiffé en contreplaqué à haute résistance. Les assemblages sont réalisés par collage (colle synthétique à deux composants), et l'ensemble de la structure reçoit son revêtement en tissu polyester

– ce Dacron que nous avons déjà mentionné. Une laque de finition inaltérable – personnalisée pour chaque client – rend l'avion insensible aux intempéries tout en garantissant des états de surface toujours irréprochables.

Restent les finitions, qui demandent de nombreuses heures.

L'adaptation d'un solide train d'atterrissage oléopneumatique conçu pour résister aux pires traitements, et être ainsi aussi à l'aise sur une piste sommairement aménagée dans la savane africaine (300 m environ pour le décollage et moins de 550 m pour l'atterrissage) que sur les bandes gazonnées ou les pistes "en dur" des aérodromes européens. Le montage de l'hélice, des commandes de vol, des volets, d'un moteur, une quatre cy-

lindres Lycoming à la fiabilité éprouvée. Les aménagements intérieurs dont une planche de bord permettant d'intégrer un large choix d'équipements optionnels.

Enfin, vient l'heure du test en vol, qui permet de procéder aux derniers réglages et de contrôler les performances et les caractéristiques de l'avion et de l'ensemble de ses équipements.

Toutes ces opérations sont effectuées par une centaine de personnes (toutes formées par l'entreprise), sur les 150 qu'emploie la société Avions Robin. 9 000 m² de surfaces couvertes abritant en effet, en plus du bureau d'études et du département prototypes, les ateliers menuiserie et entoilage, tôlerie et mécanique, qui approvisionnent en pièces le hall central de montage où prennent forme les avions. En bout de chaîne, après avoir satisfait à de nombreux et rigoureux contrôles de sécurité et de qualité à chaque étape de leur assemblage, les avions finissent dans les ateliers d'aménagement intérieur et de peinture.

Les avions en bois ne sont pas de brinquebalaux coucous. Apprécier pour leur pilotage fin et facile, leur stabilité en croisière, leur vitesse élevée et leur grande autonomie, ce sont aussi des avions très prisés pour leur confort qui permet au pilote et à ses passagers d'arriver à destination détendus et dispos, même après cinq heures de vol.

Car chacun dispose de 1,10 m de largeur à hauteur des coudes. Les sièges avant sont réglables en six positions. Les places arrière ne sont pas délaissées, ce sont de "vraies" places. Un grand compartiment à bagages est accessible de l'extérieur. La verrière coulisse vers l'avant pour permettre un accès aisé aux quatre places. Généreusement dimensionnée, elle offre une visibilité panoramique inégalée par les autres monomoteurs de tourisme. Cette caractéristique, appréciée pour la sécurité des évolutions au sol et en vol comme pour l'agrément du voyage, a été renforcée, sur les derniers modèles, par l'adjonction d'une glace supplémentaire à l'arrière de la cabine.

Une bonne insonorisation, une climatisation efficace avec des aérateurs individuels aux quatre places, un environnement raffiné fait de tissus et de moquettes assortis aux couleurs de l'avion font des DR 400 des avions plus que confortables : luxueux. Un luxe qui n'est pas hors de prix. Un Robin DR 400 est commercialisé 650 000 F (prix de base pour l'avion d'école de 120 ch) ou 770 000 F (pour le quadriplace 180 ch). Hormis, bien sûr, de 100 000 à 300 000 F pour les équipements de radionavigation ou de pilotage sans visibilité qu'ils sont à même de recevoir.

Gérard Morice

Une longévité de trente ans et plus pour ces avions en bois

Le DR 400 n'a rien d'un coucou

A l'équipement classique de la planche de bord peuvent être ajoutés des instruments pour le vol sans visibilité ou encore pour la radionavigation.



CARREFOUR DE L'INNOVATION

SALON

Inventions : encore Genève ?

Tous ceux qui ont un produit inédit ou une technique nouvelle, et qui cherchent investisseurs, fabricants ou distributeurs, devront se rendre au XXI^e Salon international des inventions, des techniques et produits nouveaux de Genève, qui se tiendra du 26 mars au 4 avril 1993. C'est là qu'ils trouveront les partenaires indispensables à leur succès. Alors, encore Genève ? Oui, ou plutôt, à nouveau Genève, parce que c'est le plus important marché d'inventions au monde, et que chaque édition constitue une "première" entièrement originale, une même innovation ne pouvant être exposée plus d'une fois.

Le Salon de Genève – qui reçoit plus de 100 000 visiteurs –, c'est, en quelques chiffres : 600 exposants de 31 pays, et 1 000 inventions présentées par des chercheurs indépendants, mais aussi par des entreprises, des laboratoires, des universités, des organismes d'Etat ou privés. Des professionnels viennent y "parler affaires" : 45 % des inventions négociées le sont pour un montant de plus de 30 millions de francs suisses. La presse écrite, parlée et télévisée du monde entier y est présente.

Les Français sont toujours les plus nombreux à Genève – les plus primés aussi. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si les

plus hautes instances technico-économiques françaises apportent leur patronage, sous forme de prix réservés aux inventeurs français. La section française bénéficie ainsi de l'appui de l'Institut national de la propriété industrielle, de l'Assemblée des chambres françaises de commerce et d'industrie, de l'Assemblée permanente des

chambres de métiers, de la Chambre France-Suisse pour le commerce et l'industrie, de l'association France-brevets et du Centre des jeunes dirigeants d'entreprise, section Léman. Autant de "galons" qui authentifient le sérieux de l'exposition et qui ne sont pas distribués à la légère.

Science & Vie, pour sa part,

invitera – c'est une tradition – un inventeur dont la création aura été publiée dans notre rubrique "Des marchés à saisir". Résultat de notre tirage au sort le mois prochain. Renseignements : Science & Vie, département Innova, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75015 Paris ; fax : 1 46 48 48 67. Contact : Monique Vogt. Tél. : 1 46 48 48 66.



MÉDECINE

Biomatériaux pour pontages artériels

Des biomatériaux pourraient bien être demain couramment utilisés pour la fabrication d'artères artificielles destinées aux pontages rendus nécessaires par le rétrécissement ou l'obstruction du système cardiovasculaire. Une "première" le donne à penser, qui a été réalisée en Australie sur le chien grâce à une collaboration entre l'université de Melbourne, le CSIRO (l'équivalent australien de notre CNRS) et la société Bio Nova International.

Le biomatériaux fabriqué par Bio Nova est un composite de collagène ovin et de polyester. Pour le fabriquer, on implante sous la peau des ovins des bâtonnets de silicone recouverts d'une trame de polyester. Durant la cicatrisation, le collagène, protéine que l'on trouve chez l'homme comme chez

l'animal, se dépose sur la trame de polyester et renforce l'implant. Au bout de trois mois, l'implant est récupéré, le bâtonnet de silicone ôté et la trame collagène traitée chimiquement pour en renforcer les parois et éliminer les phénomènes de rejet éventuels chez le receveur.

Ce type de prothèse vasculaire, de six millimètres de diamètre, a ainsi traité sans aucun problème, ni immédiat, ni à long terme, des rétrécissements valvulaires cardiaques chez le chien.

Selon l'un des chercheurs, le Dr Glenn Edwards, cette stabilité dans le temps du biomatériaux constitue un élément fondamental permettant d'envisager son utilisation chez l'homme. Il reste cependant à obtenir des prothèses plus petites, d'environ quatre milli-

mètres de diamètre, avant de passer aux pontages cardiaques chez l'homme. Pour toute information complémentaire : Dr Glenn Edwards, Melbourne University, Veterinary Clinic and Hospital, Werribee, Victoria 3030, Australie.

■ L'écologie à l'école. Les ministres de l'Education de la Communauté européenne ont décidé qu'il fallait « renforcer la formation écologique à tous les niveaux de l'enseignement ». Parce que l'apprentissage de l'environnement doit permettre aux jeunes de devenir des citoyens connaissant leur ville, leur région et ses problèmes écologiques. Et pour informer ces jeunes, consommateurs à part entière, de leur rôle dans les pollutions diverses, notamment dans la production de déchets.

(Suite)

CONTREFAÇON

250 000 articles saisis par la douane

Les agents de la Direction nationale du renseignement et des enquêtes douanières ont récemment découvert, à Rosny-sous-Bois, un atelier clandestin d'impression de tee-shirts contrefaçons portant la griffe de grandes marques de couture.

L'an dernier, 62 entreprises ont déposé, auprès des services de douane, des demandes d'intervention relatives à des contrefaçons, et

67 trafics importants ont été démantelés. On a ainsi intercepté 60 000 paires de chaussures à Lyon-Satolas en février-mars, 3 500 tee-shirts à Nantes en juillet, 25 000 chemises et tee-shirts de grandes marques, d'une valeur de 3 millions de francs, à Marseille en octobre. En tout, 250 000 articles pour près de 11 millions de francs, incluant en outre des articles d'horlogerie, des faux parfums

et même des faux... pin's. Des lots d'étiquettes de contrefaçon sont aussi régulièrement découverts.

Encore ne s'agit-il, bien évidemment, que de la partie émergée d'un gigantesque iceberg. Les douanes françaises annoncent, pour 1993, un renforcement des contrôles aux frontières de la Communauté aussi bien qu'à l'intérieur du territoire.

■ **La synthèse de 8 000 analyses de reliquats d'azote**, mesurées sur plus de 3 000 parcelles agricoles normandes, est consultable sur minitel (code d'accès 36 17 Guitel). L'objectif est d'inciter les agriculteurs à mieux doser leur fertilisation azotée, et à préserver ainsi l'environnement : calculer au mieux les apports d'engrais évite le lessivage des nitrates vers les nappes phréatiques. Cette opération est conduite par les chambres d'agriculture de Normandie.

ANNIVERSAIRE

Caddie dans la force de l'âge

On ne sait trop quel anniversaire souhaiter à Caddie : 5 ans, 35 ans ou 30 ans. Car le mot "Caddie", aujourd'hui assimilé à l'objet tout comme "Frigidaire" au réfrigérateur, est une marque déposée.

C'est en 1928 que Raymond Joseph crée à Schiltigheim, près de Strasbourg, les Ateliers réunis. En fait, cinq personnes dans un atelier de 100 m², qui fabriquent et vendent des articles de ménage, comme des paniers à salade ou des égouttoirs à vaisselle en fils métalliques assemblés par soudure électrique.

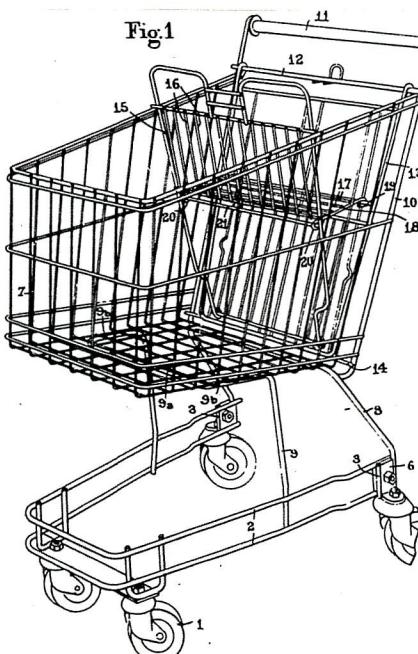
En 1956, Raymond Joseph et le bureau d'études des Ateliers réunis brevetent et lancent la fabrication des premiers chariots au monde spécialement conçus pour les supermarchés. En 1958, ils adoptent et déposent la marque Caddie, par référence au chariot de golf. Mais c'est en 1963 qu'est pris le brevet principal pour des «chariots susceptibles d'être engagés les uns dans les autres et dont le châssis comporte un cadre inférieur ouvert à l'arrière et monté sur roues, lequel porte une corbeille fixée en porte à faux (...). [La corbeille] est fixée sur le cadre inférieur au moyen de deux arceaux, (...) l'arceau

placé en avant étant coudé à sa partie supérieure (...) pour supporter la partie avant de cette corbeille». Suivront, à partir de 1960, de nombreux brevets de perfectionnements : siège pliant pour bébé, dispositif de fixation de roues, pare-chocs, dispositifs de blocage, roulettes, etc.

Bref, les Ateliers réunis Caddie sont dans la force de l'âge. Ils se sont diversifiés principalement dans deux domaines

où ils tiennent la première place en Europe : manutention (étagères de stockage, palettes industrielles, chariots de manutention), et équipement des magasins (chariots à bouteilles, meubles d'étalage, dispositifs d'affichage et de signalisation). Mais cette diversification les a aussi conduits à s'intéresser au guidage et à la sécurité (barrières d'accès pour les magasins, portillons électriques, contrôle d'accès pour les centres commerciaux, les administrations, les banques, les centres de loisirs) ; ainsi qu'à l'équipement de bureau (meubles de tri de courrier, chariots informatiques, desserte de bureaux) et celui des hôtels, restaurants et collectivités (chariots et tabourets à bagages, chariots "femmes de chambre", de restauration, à vaisselle, étagères de stockage).

Depuis leur création, les Ateliers réunis Caddie, aujourd'hui dirigés par la fille de leur fondateur, sont passés de 5 à 1 000 personnes ; l'atelier de 100 m² s'est transformé en deux usines en Alsace – l'une toujours à Schiltigheim, l'autre à Drusenheim – qui offrent une capacité couverte totale de 65 000 m². Et ils figurent parmi les mille entreprises françaises les plus importantes.



SANTÉ

Minitel médical : une longueur d'avance pour les Bisontins

Les Bisontins sont, comme chacun sait, les habitants de Besançon, la "capitale" du Doubs. Ils s'étaient déjà distingués en matière de serveurs minitel concernant la santé et destinés au grand public en lançant le 3615 Pédiatel en février 1988. Cette banque de données qui fournit des informations sur la puériculture et les maladies du nourrisson connaît un beau succès : de moins de 9 000 connexions en 1989 elle est passée à plus de 25 000 en 1991. Ensuite, la ville avait mis en place MSTel, serveur d'information sur les maladies sexuellement transmissibles et le sida (près de 17 000 connexions en 1991).

Aujourd'hui, c'est le tour de 36 15 Infosein, conçu par la clinique universitaire de gynécologie, d'obstétrique et le service de radiologie du CHU de Besançon. Le sein, parce que sa pathologie prend une part de plus en plus importante en pratique gynécologique et obstétricale. Pas seulement en raison du cancer. Mais parce que de nombreuses maladies mammaires bénignes restent mal connues. Enfin, parce que le sein sécrète le lait et qu'il existe une pathologie de la lactation.

Une information sur les maladies du sein, sûre et régulièrement mise à jour, est donc importante – tant pour le corps médical que pour le public. Le minitel est particulièrement adapté à ce type d'informations, expliquées en termes simples et dépourvus de tout "sensationalisme".

MÉCANIQUE

Les modules "arroseurs-aspirateurs"

Les flexibles Lubflex, qui peuvent transporter tous les fluides – même de l'huile ou de l'air – à l'endroit choisi, constituent un système modulaire universel surprenant d'efficacité et de simplicité.

La partie mâle d'un module, une sorte de rotule creuse coupée en son milieu, vient simplement se loger dans la partie femelle d'un autre module, dont elle épouse la forme arrondie. Ces articulations parfaitement étanches permettent de constituer des architectures complexes, à la fois souples et résistantes. Ce système peut, par exemple, être utilisé lors du tournage d'une pièce (voir photo) : la chaîne des modules permet une lubrification intégrale extrêmement précise.

Les modules existent en trois diamètres, 6 mm, 12 mm et 18 mm, qui résistent respectivement à des pressions de 4, 3 et 2 bars. Ils sont fabriqués en un plastique léger, mélange de polyacrylate de



ne et de polyacrylate, des matériaux dotés d'une très bonne résistance aux alcools, hydrocarbures, agents chimiques agricoles (par exemple les désherbants), solvants, lubrifiants, encres, etc. Enfin, ils sont compatibles avec la plupart des autres produits du marché.

On peut y faire circuler fluides, pâtes ou air, mais aussi des faisceaux électriques, sur lesquels on peut alors intervenir à tout endroit du câblage. Une véritable révolution...

Pour tout renseignement : Société Saphy, 20-22 place de la République, 92600 Asnières. Tél. : 1 47 94 29 29.

NAUTISME

Traversée de l'Atlantique en off-shore : record pulvérisé

D'estriero, un hors-bord off-shore italien en aluminium de 67 mètres de long, dessiné par Pininfarina, et piloté par un équipage de 14 personnes sous la direction de l'ancien respon-

sable de l'écurie de la Formule 1 Ferrari, vient littéralement de pulvériser – de 21 heures ! – l'ancien record de vitesse de traversée de l'Atlantique, détenu depuis 1990 par des Britanniques.

Propulsé par des turbines, il a parcouru 3 000 milles sans s'arrêter, en consommant 700 tonnes de fuel, ralliant les deux rives de l'Atlantique dans le sens est-ouest en 58 h 34 min 4 s.



(Suite)

RECTIFICATIF

Deux désinfectants en un

Michael Taieb, le gérant de la société International Bargains, nous met en demeure de publier la lettre suivante :

«A la suite de l'article intitulé "Traitement de l'eau, deux désinfectants en un", paru dans le n° 902 de novembre 1992 en p. 128, la société International Bargains entend effectuer un

démenti quant à l'attribution à la société SODIFRA de la paternité de l'idée d'associer deux désinfectants (peroxyde d'hydrogène et argent) pour constituer un nouveau principe actif : $H_2O_2 + Ag$. Cette idée est un brevet, déposé internationalement par une société suisse, la société International Bargains

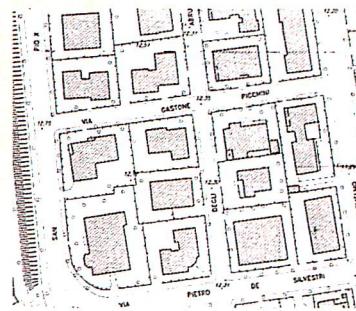
ayant été l'agent exclusif pour de nombreux pays, dont la France. La société SODIFRA n'a été qu'un sous-distributeur de la société International Bargains pour la France, dont le contrat a fait l'objet d'une résiliation (cette société n'est donc intervenue qu'au bout de la chaîne de commercialisation).»

PROTOTYPE

Photopolis met automatiquement à jour le cadastre grâce aux photos aériennes



La photo aérienne d'une zone...



... permet de rectifier son plan cadastral.

Le cadastre, pour l'instant, est créé et mis à jour manuellement par des géomètres-topographes à partir de mesures prises sur le terrain. Ils travaillent pour ainsi dire au ras du sol. C'est un travail long, qui entraîne des retards d'actualisation de quatre à cinq ans, et non exempt d'erreurs. Au point que des décisions concernant les plans d'occupation des sols et d'urbanisation s'appuient assez fréquemment sur des données incorrectes !

En prenant un peu de recul par rapport à ce problème, on s'aperçoit que la photo aérienne est la solution. Il suffit de transférer les plans du cadastre sur ordinateur et de leur superposer des photos aériennes pour qu'apparaissent immédiatement les modifications de la zone examinée : nouveaux bâtiments, transformation ou disparition de certains autres, etc.

Cette démarche, baptisée "Photopolis", est actuellement testée et affinée grâce à une collaboration entre la ville de Padoue, la société Siemens et un groupe

de chercheurs lyonnais appartenant à l'université Claude-Bernard et à l'Institut national des sciences appliquées (INSA). La numérisation des photos permet de créer le cadastre et, surtout, de l'actualiser grâce à l'utilisation d'une base de données intégrant la version précédente du cadastre.

Photopolis permettra même des opérations jusqu'ici alors difficilement réalisables : une mise à jour à la demande, l'amélioration de la planification urbaine, le contrôle du développement de la zone étudiée, la détection des bâtiments clandestins ou mal situés, voire l'indemnisation rapide des populations à la suite d'une catastrophe naturelle

Une limite à ce projet : lorsque certains éléments, comme les délimitations de parcelles, n'ont pas de représentation physique (sous la forme d'un mur par exemple), ils n'apparaissent pas sur les photos. L'actualisation automatique du cadastre ne peut donc concerner que les objets ayant une existence matérielle, techniquement détectables par photo aérienne.



INFORMATIQUE

Ordinateurs et logiciels à la carte

Les entreprises hésitent à investir dans un outil informatique, qui risque souvent de vieillir vite. Centralp propose une solution originale : le prêt d'un équipement et de ses logiciels comportant un ordinateur et un modem, le CP-Djinn. L'entreprise n'achète qu'un "crédit d'impulsions" dont l'usage est reconnu par le programme et provoque le décompte de ces unités, comme sur une carte de téléphone. L'utilisateur est informé de leur épuisement par un message.

Parallèlement, Centralp installe chez les éditeurs de logiciels un équipement avec le même modem CP-Djinn, qui servira à communiquer avec le client et permettra le chargement à distance des unités à travers le réseau Centralp. Comme le CP-Djinn est un code de protection des logiciels, il interdit le chargement par l'utilisateur. En outre, il ne reconnaît qu'un triple codage, qui décourage les tentatives de piratage.

Avec un tel système, les entreprises utilisent un outil informatique mis à jour automatiquement (téléchargement ou messagerie) dès que leurs besoins évoluent, sans grever leur budget d'investissement. Les contrats sont de trois ans minimum et incluent des services : boîte à lettres ou vitrine des autres produits de l'éditeur. Une innovation intéressante pour ceux qui grandissent vite ou se refusent à "essuyer les plâtres" et veulent tester avant d'acheter.

Renseignements : Centralp, 4 ter, route de Versailles, 78340 Louveciennes. Ch. M.

RECYCLAGE

Les voiles du futur ?

Fabriquer les dix-sept voiles du plus grand navire-école américain, le fier trois-mâts *HMS Rose*, en polyester entièrement récupéré à partir de bouteilles de soda et de pare-chocs automobiles, c'est la bien surprenante performance du chimiste américain Du Pont, qui prouve ainsi que les qualités des plastiques recyclés valent celles des matériaux "vierges" dans bien des domaines.

Plus de 126 000 bouteilles ont été récoltées sur des décharges municipales dans toute l'Amérique, ainsi que douze pare-chocs, pour obtenir une toile tissée qui se comporte comme du Dacron hautes performances. Seul inconvénient, la garde-robe du *HMS Rose* a coûté la bagatelle de 250 000 dollars, principalement en frais de laboratoire. C'est peu pour ce géant qu'est Du Pont - et pour la



promotion qu'il en tire en exhibant le bateau partout. C'est beaucoup pour le marché de la plaisance.

Ce pari rejoint un souci qui obsède les professionnels du nautisme : que faire des vieilles coques de bateaux, toujours plus nombreuses ? La Phoenix Fiberglass Inc., à Oakville, Tennessee, sépare les fibres de verre de la résine qui fait office

de liant ; les fibres sont ensuite hachées et la résine broyée en granules. La poudre obtenue est utilisable par des entreprises de moulage plastique comme matériau de remplissage. Pour l'heure, ces pionniers se contentent de retourner aux expéditeurs leurs propres matériaux recyclés.

Le transport et la destruction des coques demeurent toute-

fois des opérations bien coûteuses. On a déjà créé des chantiers spécialisés dans la destruction de bateaux, comme on vient d'en inaugurer un à Taiwan pour la casse des navires en acier.

On peut faire confiance à Taiwan : si le marché existe, on verra rapidement naître un petit frère, spécialisé, lui, dans le plastique. **M.L.**

ÉQUIPEMENT DES COLLECTIVITÉS

"James le cireur" n'attend que vos chaussures

Les études de marché le disent : 72 % des hommes portant régulièrement des chaussures de ville en cuir les cirent au moins une fois par semaine. Mais c'est une véritable corvée (pour 63 %), si bien que 69 % des personnes interrogées se déclarent prêtes à utiliser une machine automatique pour faire briller leurs chaussures.

C'est ce créneau que veut investir "James le cireur". "James" n'occupe qu'1 m² et fonctionne avec des pièces de 10 F (un système de carte est à l'étude). Dès que la pièce est introduite, trois brosses de crin solidaires, deux latérales

et une centrale, se mettent en action. Ce système de brossage permet un nettoyage complet sans que l'on ait à se contorsionner. Noir ou incolore, le cirage est diffusé en plusieurs injections. Une chaussure est cirée en trente secondes. Pour que cette minute d'immobilisation soit plus confortable, deux poignées latérales, au "toucher" cuir, permettent de se tenir.

La machine fonctionne sur 220 volts et, avantagé non négligeable, ne consomme que 2,5 kWh. Elle est homologuée selon les normes relatives aux appareils ménagers. Un châssis, moulé sur glissières pour



permettre la fixation des panneaux d'habillage, supporte toute la partie mécanique. Les pièces de façade, en matériaux composites, permettent d'allier résistance et souplesse des formes.

Une enseigne lumineuse en thermoformage sérigraphique la décore et la signale. Enfin, une semelle métallique assure la stabilité de l'ensemble et permet de fixer "James" sur tout support.

"James le cireur" coûte tout de même dans les 30 000 F. A ce tarif, il faut le faire travailler ! Pour toute information : City Wax, 145 bd Murat, 75016 Paris. Tél. : 1 45 25 74 64.

(Suite)

SCANNER

Image numérique : la haute résolution pour l'édition

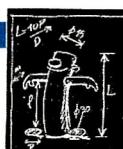
Dans les domaines de la presse et de l'édition, les photographies destinées à être imprimées sont numérisées au moyen d'un scanner ; après quoi, l'ordinateur peut leur faire subir tous les traitements imaginables.

D'année en année, les scanners couleur ont acquis des

performances de plus en plus élevées, notamment en définition. Ainsi, le dernier-né des scanners Kodak, le modèle RFS 2035, possède une capacité d'analyse de 6 millions de pixels en moins de deux minutes. Soit une résolution quatre fois plus élevée que celle du modèle précédent

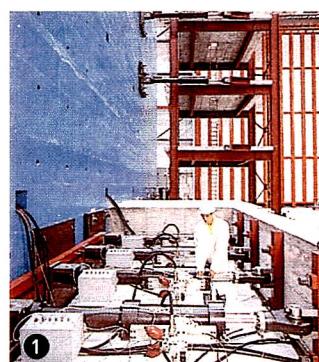
(Kodak RFS 35) qui sépare 1,4 million de pixels en cinq minutes. Par ailleurs, la capacité de numérisation du système atteint 10 bits pour chacune des trois couleurs. Compatible à la fois avec les ordinateurs IBM et Macintosh, le nouveau scanner est utilisable avec plusieurs niveaux de résolution : 180, 40,

20 et 10 traits/mm. Il est ainsi d'un emploi très souple, adapté à la PAO (publication assistée par ordinateur), à la presse, à l'édition (tout particulièrement pour les films négatifs et les diapositives sur pellicules de 35 mm) et à la transmission d'images haute définition (microfilms, médical...). R.B.



LABORATOIRES

ELSA teste grandeur nature l'impact des tremblements de terre



Le centre commun de recherches de la Commission des communautés européennes vient d'inaugurer à Ispra, en Italie, le laboratoire ELSA (European Laboratory for Structural Assessment). Il s'agit de la deuxième installation au monde (l'autre se trouve au Japon) à permettre une simulation en grandeur réelle de phénomènes dynamiques très importants (plusieurs centaines de tonnes).

La laboratoire ELSA, dont la construction a coûté quelque 7 millions d'écus (plus de 46 millions de francs), est équipé d'une part – c'est sa pièce maîtresse – d'un mur de réaction ① et, d'autre part d'une très puissante infrastructure informatique et électronique pour les essais dits "pseudo-dynamiques", permettant de réaliser des simulations sur ordinateur ②. Deux techniques en fait complémentaires.

Le "mur de réaction" et sa dalle d'essai mesurent 16 m de haut sur 21 m de large. Des dimensions qui permet-

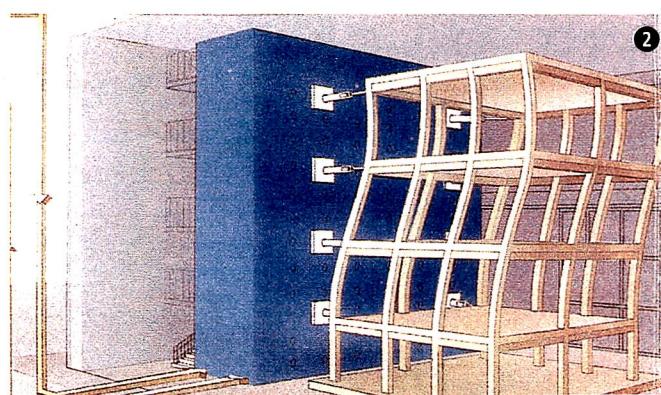
tent de tester en temps et en grandeur réels, de façon dynamique et cyclique, le comportement de bâtiments ayant jusqu'à cinq étages. Des structures plus légères, par exemple un système de tuyauteries, peuvent aussi être mises à l'épreuve. Douze vérins électro-hydrauliques possédant chacun une capacité de 500 kN, dont quatre ont une course

de $\pm 0,5$ m et huit de $\pm 0,25$ m sont pilotés par des microprocesseurs.

Les essais pseudo-dynamiques : ils permettent le calcul en temps réel, par ordinateur, des déplacements imposés à une structure par des phénomènes dynamiques, et la mesure en continu de ses propriétés de "raideur". Dans ce type d'essai, les capteurs de déplacement dont est truffée la structure peuvent enregistrer des mouvements allant de 1 mm à 1 m et la fréquence simulée peut aller jusqu'à 10 kHz.

ELSA est la première installation à utiliser une technique de contrôle des déplacements entièrement fondée sur des concepts informatiques. En pratique, le modèle informatique prend en compte l'intensité du séisme de référence, l'inertie et l'amortissement visqueux de la structure étudiée et sa rigidité. Cette dernière est mesurée en continu durant l'essai et transmise à l'ordinateur, qui calcule la dégradation progressive de la rigidité de la structure.

Les premiers essais à grande échelle exécutés par ELSA feront partie d'un programme de recherche de la Communauté européenne sur le comportement de structures du génie civil en cas de séisme important. ELSA devra confirmer ou infirmer, à grande échelle, les essais préalablement effectués sur modèles réduits par l'Association européenne des laboratoires de mécanique des structures.



■ **Le deuxième Forum Provence-Alpes-Côte d'Azur du jeune diplômé, les 11 et 12 mars 1993, s'annonce comme le premier rendez-vous du recrutement de la région. Il se tiendra à Sophia Antipolis, dans les locaux du CERAM (Groupe d'enseignement supérieur de la chambre de commerce et d'industrie Nice-Côte d'Azur), qui coopère déjà de façon régulière avec les grands noms de la banque et de la finance. Le premier forum avait l'an dernier réuni plus de 120 jeunes et 60 responsables du recrutement d'entreprises régionales et nationales. Cette année, plus de 80 entreprises ont déjà annoncé leur présence. Tout renseignement au 16 93 95 45 95.**

■ **Parce que le marché des produits d'automatisation et d'intelligence du bâtiment est en pleine expansion, parce qu'utilisateurs et prescripteurs sont de plus en plus sensibles à ces technologies, parce que les "offreurs" s'organisent et que la bataille des normes fait rage, se tiendra, du 6 au 8 avril 1993, au CNIT-Paris-La Défense, la première exposition Bat-tech. Elle rassemblera l'ensemble des sociétés proposant des produits ou des services d'automatisation dans le domaine du bâtiment. Tout renseignement auprès de Logistim, 110-114 rue Jules-Guesde, 92300 Levallois-Perret. Tél. : 1 49 68 01 76.**

CINÉMA

Domino, ou la truca numérique du cinéma

Les trucages cinématographiques sont désormais produits par des générateurs numériques. Ainsi, Quantel France commercialise Domino, un générateur optique numérique d'effets spéciaux capable de produire des images en temps réel à 24 im/s, avec une haute résolution de 3 000 x 2 000 pixels.

Domino est en réalité constitué de deux modules : Domino Lab (**voir photo**) et Domino Bench. Le premier



prépare le travail : il numérise l'image à l'entrée et l'enregistre sur film à la sortie ; il réalise certaines opérations graphiques et de masquage nécessaires à des travaux comme la restauration d'image ou l'élimination de rayures ; il peut stocker une minute de film à pleine résolution ; enfin, il peut transférer les images au module Domino Bench pour la réalisation des effets optiques.

Ce dernier module permet

de produire en temps réel tous les effets spéciaux optiques, depuis les plus simples (fondus, volets, mixages, accélérés, ralentis, etc.) jusqu'aux plus sophistiqués : recompositions, déplacements des plans d'une image (même animée), traitements de couleurs, rotations de plans, effets en trois dimensions, incrustations...

La mémoire du Domino Bench peut stocker jusqu'à trois minutes d'images à pleine résolution.

R.B.

TELECOMMUNICATIONS

Un fax transmis en dix secondes

De plus en plus de télécopieurs de bureaux atteignent les performances qui appartaient auparavant aux machines haut de gamme. Ainsi, les télécopieurs Ricoh Fax 500F et 550F, lancés le mois dernier sur le marché français, mémorisent-ils une lettre au format A4 en 4,5 secondes et en assurent-ils ensuite la transmission en 10 secondes.

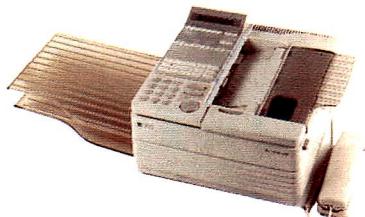
Cette vitesse est associée à une mémoire permettant de stocker des documents avant de les envoyer, ou de mémoriser des documents reçus lorsque le télécopieur n'est

plus alimenté en papier. La mémoire du 500F (**voir photo**) a une capacité de 7 pages, celle du 550F de 14 pages, extensible à 128 pages.

Ils offrent en outre une qualité d'impression sur papier thermique d'une définition exceptionnelle : en plus d'un mode demi-ton capable de restituer 64 niveaux de gris, les 500F et 550F possèdent un mode fin pour traiter des documents comportant de petits caractères ou des détails très ténus. Si ces deux télécopieurs ont des points communs, ils n'en sont pas moins des produits diffé-

rents, conçus pour des usages différents. Le 500F est destiné à être utilisé dans une entreprise par un petit groupe de personnes (un service, un département, etc.). Le 550F, lui, est du type multitâche, et peut être "le télécopieur principal" de l'entreprise.

P.S.



SUBVENTIONS

1 100 aides aux entreprises sur minitel

Nombreuses sont les aides économiques à la création, au développement et à la compétitivité des entreprises.

Pour savoir comment les décrocher, comment constituer

et présenter son dossier, et auprès de qui, il existe désormais un service minitel, Aideco, sur le 36 29 13 31. Il fait l'objet d'une mise à jour permanente pour suivre les méandres de la

législation, du budget et de la fiscalité, et peut être consulté soit en mode catalogue, soit par questionnaire. Il coûte de 7,64 F HT la minute à... 28 000 F pour le "grand jeu" :

licence d'exploitation de la base de données (huit mises à jour par an), transmission à l'utilisateur des disquettes et abonnement à la *Lettre confidentielle d'Aideco*.

DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations, et les techniques et procédés présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme dans l'ensemble des articles de "Science & Vie", les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité.

Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir", "Science & Vie", 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75015 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

UN DIABLE SOUS LES CHAISES



Quoi ?

Un petit appareil de manutention qui permet de transporter sans effort de 10 à 15 chaises.

Comment ?

Le transport des chaises empilables depuis leur aire de stockage jusqu'à leur lieu d'utilisation et leur remisage

se traduit par un coût de 32 milliards de centimes pour les seules 26 329 salles polyvalentes de France. Il faut, en outre, y ajouter la détérioration des chaises traînées ou roulées sur une plate-forme et, surtout, la fatigue humaine.

Ce petit appareil (photo 1) si

simple que personne ne l'avait encore imaginé, règle radicalement le problème en permettant le transport, sans effort, de 10 à 15 chaises empilées. Il se glisse à l'arrière de la pile (photo 2), soulève les chaises par un levier manipulable avec le pied, tandis qu'une potence vient les bloquer en haut. Il n'y

a plus qu'à pousser. Sans risque de chute, sans usure des caoutchoucs des pieds des chaises, avec une économie sur les frais de manutention de plus de 50 %, en supprimant toute possibilité de tour de rein ou de lumbago. Le tout au prix d'un investissement dérisoire.

Pour qui ?

L'inventeur cherche des revendeurs-distributeurs en France. Pour l'étranger, il céderait des licences.

Comment passer dans cette rubrique :

Si vous avez conçu une innovation ou un produit nouveau, adressez à "Des marchés à saisir" un descriptif de votre invention le plus clair possible, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype. Enfin, faites preuve de patience et de tolérance ; nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.

Quoi ?

Ce système permet de protéger des houles les plages et les ports, sans détruire la faune et la flore du fond. C'est "Acripel", mis au point par une société établie à Sophia-Antipolis.

Comment ?

Les Acripels sont des cais-

sons, flottants ou légèrement immergés, qui brisent la houle. Ils sont amarrés au fond par des câbles ou des barres articulées. Leur impact sur le fond est donc limité à ces quelques points d'ancrage. Leurs dimensions, leur disposition et leur nombre sont calculés en fonction de la

force et de la direction de la houle à casser.

Brisant les vagues qui déferlent à la manière d'une digue classique, les Acripels absorbent aussi l'énergie de la houle, qu'ils neutralisent en créant une houle inverse.

Ils peuvent enfin, lorsqu'ils sont situés à fleur d'eau, être

utilisés comme des radeaux par les baigneurs.

Pour qui ?

La société inventrice a déjà réalisé des simulations sur ordinateur et des essais sur maquettes. Elle cherche des partenaires, surtout des collectivités locales, pour construire un prototype et le tester en mer.

■ **Information prévisionnelle élaborée des avalanches** grâce au programme Avastat. En complément de l'information "brute" relevée sur le terrain, il donne une synthèse statistique immédiate des conditions météorologiques passées, très utile pour l'analyse et la prévision quotidienne des risques d'avalanches, ainsi que pour l'étude des conditions climatologiques locales indispensables à tout projet d'aménagement "lourd" du domaine skiable d'une station. Quatre grandes "dés" de l'évolution des risques ont été retenues : les températures, les précipitations, les vents et les enneigements (ANENA, 15 rue Ernest-Calvat, 38000 Grenoble, Tél. : 16 76 51 39 39).



TÉLÉSIÈGES

Le ski en famille...

Ce télésiège débrayable est le premier à offrir six places, très confortables. Cette augmentation de la capacité de transport permet de réduire les longues files d'attente, et aux personnes qui skient ensemble de le rester à la remontée. Pour l'exploitant, un

télésiège suffit désormais là où il en fallait deux.

Construit après deux ans de mise au point et de simulations sur ordinateur par l'entreprise autrichienne Doppelmayr, il vient d'être mis en service sur le mont Original, dans le domaine skiable

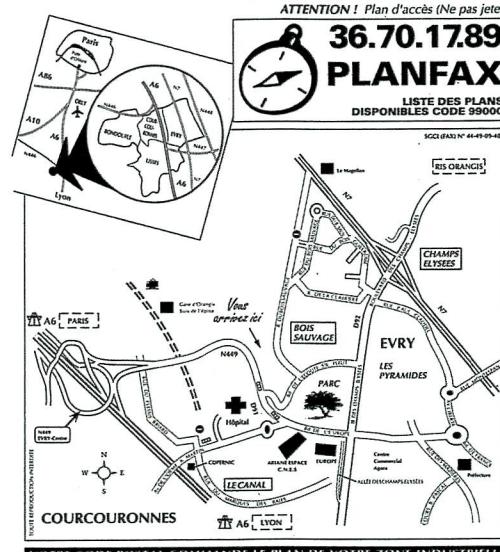
ORIENTATION

Planfax, le plan à la carte

dans la minute qui suit.

Le document comporte, en fait, trois grandes sections. La première est une carte généra-

le, situant grossièrement le lieu. La seconde fournit le plan détaillé de la zone industrielle, avec les noms des rues et des



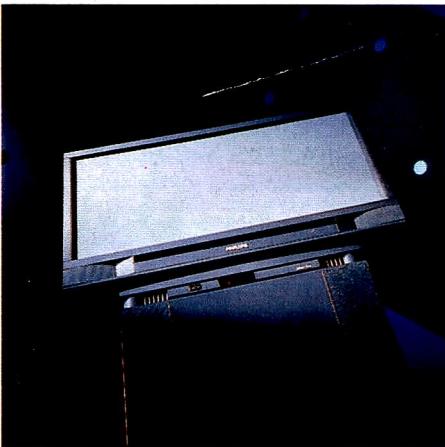
du lac Etchemin, au Québec. Il grimpe à la vitesse de 4 m/s. Les sièges se succèdent à la vitesse d'un toutes les 9 s, intervalle qui sera porté, après le rodage de l'installation, à 6,75 s. Sa capacité de transport atteindra alors 2 400 personnes par heure.

points de repère. Enfin, un texte donne des conseils d'itinéraires depuis Paris. Les kilométrages sont précisés, ainsi que le nom des axes à emprunter, les directions et même la file sur laquelle il faut se trouver pour franchir les échangeurs sans hésitation. Pour plus de précisions encore, des repères (ponts, voies ferrées, monuments) sont indiqués tout au long du trajet.

Le coût du service reste raisonnable. Une taxe forfaitaire de 8,76 F est perçue lors de la connexion, et 2,19 F sont ensuite facturés par minute. Au total, il est tout à fait possible d'obtenir une carte pour une somme inférieure à 12 F. Ces tarifs sont d'ailleurs le premier renseignement fourni par le serveur vocal lors de l'établissement de la communication. **H-PPP**

■ **Les échos de cette rubrique** ont été réalisés par Roger Bellone, Marie Lesure, Christine Mercier, Henri-Pierre Penel et Paule Sully.

LES OBJETS DU MOIS



1 LA TV SUR UN ÉCRAN 16/9 DE PLUS D'UN MÈTRE

35 000 F et 27 000 F



3 UN SUPER TITREUR VIDÉO

4 990 F



4 UNE ANTENNE POUR CAPTER TÉLÉCOM 2

3 000 F environ

1 Philips lance deux rétro-projecteurs TV (format 16/9) de grandes dimensions : 104 cm de diagonale pour le modèle 41 ML 955, 117 cm pour le 46 ML 985. Leur balayage 100 Hz – le double du balayage du secteur – élimine tout effet de scintillement. Ils reçoivent les émissions PAL, SECAM et NTSC, et D2 MAC pour le modèle 46 ML, grâce à son tuner satellite intégré. Ce dernier est également équipé d'une prise pour la connection aux programmes transmis en D2 MAC Eurocrypt (système à péage). Autres caractéristiques des deux modèles : puissance sonore de 2 x 20 W efficaces, 5 haut-parleurs, réception des chaînes câblées, système d'incrustation d'image (PIP) et mémorisation de 60 programmes.

2 Pour photographier ou filmer en très faible lumière, éclairer les coins sombres et permettre de meilleures photos, Hanimex propose la torche Hähnel Opto 35 Mini. Légère (290 g), elle contient une lampe halogène de 35 W/6 V et un système assurant un faisceau lumineux homogène. Sa tête basculante permet d'orienter la lumière. Une batterie (6 V/1 100 mA) rechargeable donne vingt minutes d'autonomie.

3 Tirer et sous-titrer vos films vidéo, afficher des textes fixes ou se déroulant (hori-

zontalement ou verticalement), réaliser des effets de volets, c'est ce que permet le titreur WJ-AVE 1 de Panasonic. Il travaille dans 5 langues (anglais, allemand, français, italien, espagnol), avec 3 polices de caractères, 4 tailles de lettres et 8 couleurs, le tout au moyen d'un clavier Qwerty. L'appareil est compatible avec le matériel vidéo PAL et Y/C.

4 Le satellite Télécom 2 permet, depuis le 14 novembre, de capter sept chaînes thématiques cryptées (sport, enfants, documentaires, etc.). Tonna présente Solution 68, une antenne parabolique de 68 cm de diamètre, dont la tête hyperfréquence permet de recevoir toutes les chaînes sur des fréquences comprises entre 10,95 et 12,75 GHz dans les deux types de polarisation utilisées par le satellite. En modifiant son orientation, elle capte également les signaux de satellites de moyenne puissance tels qu'Astra, Eutelsat II et Eutelsat. Le kit comprend un récepteur (100 canaux, son stéréo et télécommande) qui traduit les signaux du satellite en signaux vidéo PAL/SECAM, et une prise pour décodeur ou magnétoscope.

5 L'Espio de Pentax est l'un des plus petits 24 x 36 du monde : 12 x 6,6 x 4,5 cm (235 g). Totalement automatique, il est équipé d'un zoom 4,3-8 de 35-70 mm à mise au

point de 60 cm à l'infini, de vitesses d'obturation de 1/5 s à 1/400 s, de 4 modes de fonctionnement au flash, d'un retardateur pour 2 vues successives (10 s, puis 5 s) et d'un intervalomètre (3 s et 60 min entre les vues).

6 Les appareils reflex 24 x 36 purement mécaniques sont de plus en plus rares (Leica R6, Olympus OM4 ti, Canon F1, etc.), ce que bien des photographes regrettent. Simples, ils ont l'avantage de fonctionner sans pile, ce qui est appréciable en voyage. Le Japonais Kyocera propose aujourd'hui deux reflex : le Contax S2, mécanique (6 980 F) et le Contax ST, électronique (8 652 F). On peut choisir entre les deux formules, ou adopter les deux boîtiers avec un même jeu d'objectifs (gammes Contax et Yashica à baïonnettes). Le Contax S2 (750 g) possède une cellule au silicium pour la mesure spot de la lumière en réglage manuel (de 12 à 6 400 ISO). L'obturateur mécanique procure des temps de 1 s à 1/4 000 s. Le mécanisme de chargement du film et les capots du boîtier sont en titane, alliage très résistant. Autres caractéristiques : retardateur, synchronisation flash au 1/250 s, entraînement du film par levier et prévisualisation de la profondeur de champ. Le Contax ST est un automatique multi-modes, sans autofocus. L'exposition automatique est à priorité au diaphragme. Un réglage ma-



2 UNE MINI-TORCHE PHOTO

795 F

5

UN 24 x 36 ULTRA-COMPACT

1 590 F



6

REFLEX : LE CHOIX ENTRE
MÉCANIQUE ET ÉLECTRONIQUE

6 980 F (mécanique)

8 652 F (électronique)



nuel est également possible. L'obturateur procure des temps de 16 s à 1/6 000 s et la mesure d'exposition se fait, au choix, sur la totalité du champ ou au centre. Au flash, cette mesure se fait sur le film en réglage automatique (réglage manuel possible).

7 Panasonic propose aux amateurs exigeants le caméscope NV-MS 4, proche d'un modèle professionnel. Réalisé au standard S-VHS, il est équipé d'un zoom de variation de focale x 12 pouvant être portée à x 100 par grossissement électronique. L'image est analysée par un capteur de 420 000 points assurant une définition de 400 lignes. L'exposition, qui peut atteindre 1/8 000 s, est automatique entre 1/50 s et 1/1 000 s, l'appareil autorisant en outre 300 réglages manuels du diaphragme. Pour la prise de son (stéréo hi-fi), le microphone, couplé au zoom, dispose de trois positions : télescope, normal et grand angle. Ce caméscope autorise des effets spéciaux numériques (enregistrement stroboscopique des images numériques, changements d'image par déplacement d'un rideau) et un code-temps facilite le montage.

8 Proposé par Panasonic, le magnétophone RQ L500 pour cassettes standard est particulièrement compact : 15 x 2,5 x 9 cm. Il est livré avec un microphone incorporé, un micro-cravate

stéréo et des écouteurs. Cet appareil complet (baladeur, enregistreur et lecteur) se déclenche à la voix, possède un égaliseur de niveau sonore, une fonction "index" (permet de rechercher trois séquences mémorisées), un réglage des graves et des aigus et deux vitesses de défilement.

9 Les vidéoprojecteurs, très volumineux jusqu'ici (ils étaient réservés aux applications professionnelles) tendent aujourd'hui à devenir plus petits. C'est ainsi qu'un modèle miniaturisé (LCP 5000) est en cours de lancement par Philips. Conçu pour le PAL et le SECAM, il mesure 16,7 x 14 x 10 cm. Il est doté d'un écran à cristaux liquides. Il procure une définition d'image de 104 000 pixels, et l'image projetée peut avoir de 8 cm à 1 m de diagonale.

7
TRUCAGES PRO
SUR CAMÉSCOPE AMATEUR

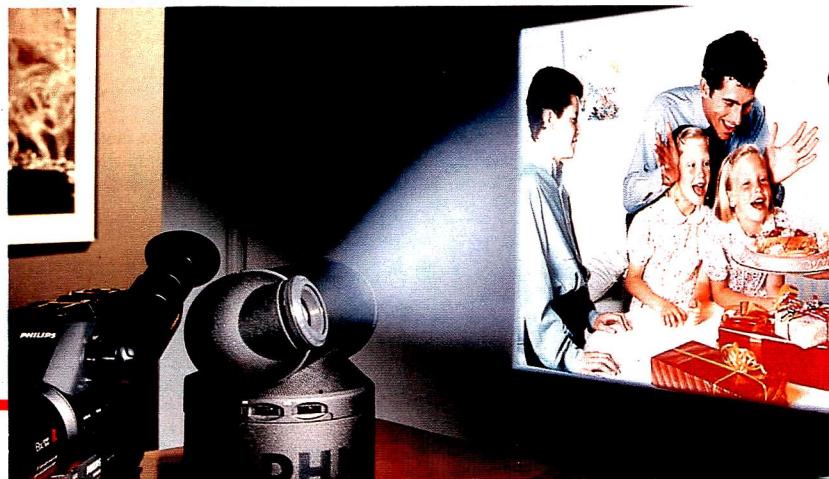
15 990 F

8
MINI-MAGNÉTOPHONE
POUR CASSETTES
STANDARD

1 495 F

9
VIDÉOPROJECTEUR
DE SALON

4 500 F



10 La firme japonaise Kowa vient de lancer Fluorite TSN 4, une longue-vue dotée d'une optique utilisant la fluorite, un verre à base de fluorure de calcium, qui diminue la dispersion et restitue une très bonne qualité d'image. L'objectif de la TSN 4 est traité pour éviter les reflets, améliorer la luminosité et restituer des couleurs pures. Cette lunette dispose d'une focale de 368 mm, de 4 oculaires de 38 à 75 mm, d'un adaptateur photo pour 24 x 36 reflex et d'oculaires interchangeables à baïonnette, dont un de x 20-60 pour permettre des observations détaillées. La molette de mise au point se commande d'un doigt. Poids total de la lunette : 1 300 g.



10
UNE LONGUE-VUE
TRÈS PERFORMANTE

8 000 F

Le Clavier à Dunes (13,5 x 20,5 cm, 300 g) permet d'écrire aussi précisément qu'avec un clavier classique, et sans fatigue, car il favorise le mouvement naturel des doigts. Ses possibilités ne s'arrêtent pas là : il coupe les lignes, justifie et mémorise (16 pages de 30 lignes de 54 caractères) avant d'imprimer. On peut obtenir différentes fonctions (duplication, correction, etc.) grâce à des combinaisons de touches. Il fonctionne sur batteries rechargeables.

12
LE PREMIER TÉLÉPHONE
SONY AGRÉÉ

1 600 F



extra-plat (12,8 x 1,7 x 13 cm), est équipé d'un convertisseur 16 bits, d'un suréchantillonnage x 8 et d'un amplificateur d'une puissance de 2 x 40 W conjugué à un système de renforcement des basses, dit BRSS (Bass Raised Sound System). Autres caractéristiques : affichage sur écran à cristaux liquides, 16 plages de programmation, répétition de disques et de plages, télécommande.

11 Le "Clavier à dunes" est une machine à écrire dont le clavier, en forme de croissant, se compose de cinq bosses divisées irrégulièrement en huit. Placé à l'intérieur d'un petit livret, il comporte tout l'alphabet dans cet espace fait sur mesure pour la main de l'utilisateur. Sur chacune des huit touches, très sensibles et souples au toucher, les doigts trouvent les lettres, les chiffres et la ponctuation sans aucun repère visuel. D'après l'inventeur, on acquiert très vite une écriture correcte, et le besoin de voir le texte sur un écran disparaît progressivement. Ce clavier se connecte à une imprimante (livrée avec la machine) pour la sortie du texte.

13
UN LECTEUR
LASER ANTI-
VIBRATIONS

3 500 F



12 Si les téléphones japonais sont nombreux sur notre marché, rares sont ceux qui sont agréés par France Télécom. Voici le premier téléphone Sony agréé, l'IT-A 355F, un combiné avec répondeur-enregistreur intégré interrogable à distance. Il peut mémoriser dix numéros, dont cinq à "accès rapide", et autorise la "conversation mains libres" (on appuie sur la touche "ampli" et on parle sans décrocher le combiné). Ajoutons à cela un compteur de temps, et des touches "secret" et "attente". Le répondeur autorise quatre annonces et l'enregistrement des messages (d'une durée de 2 min) s'effectue sur une micro-cassette.

13 Dernier-né des lecteurs Grundig portables pour disques compacts, le modèle CDP 990 comporte un dispositif anti-vibrations fort utile pour une écoute en voiture. Cet appareil

11
UNE MACHINE À Écrire
SUR MESURE

5 300 F environ



14

UN AUTORADIO AVEC MODE D'EMPLOI SUR DISQUE COMPACT

3 990 F



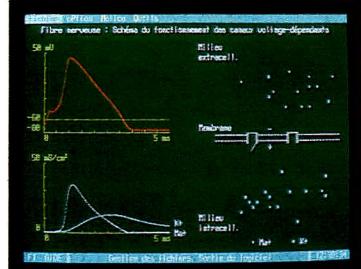
15 Manipuler des cellules animales sur écran est maintenant à la portée de tous. Cela grâce à *Fibre nerveuse*, un logiciel graphique proposé par Langage et Informatique pour l'étude du comportement des cellules nerveuses (neurones) lorsqu'elles reçoivent une stimulation électrique. Lycéens et étudiants peuvent ainsi réaliser sur écran des simulations d'expériences et aborder les phénomènes de transfert d'information entre les neurones. Ce logiciel étudie les échanges ioniques (de potassium, sodium, chlore, etc.) entre les milieux intra et extra-cellulaires et la réaction des cellules à différents types de stimulation électrique (de - 60 à + 50 mV) en fonction de leur concentration en ions. Courbes et graphiques en couleurs sont très clairs et peuvent être imprimés. Le logiciel fonctionne sur PC et compatibles, et nécessite la configuration MS-DOS 3.0, une mémoire vive de 640 ko, un lecteur de disquette et une carte graphique.

16 Les cruciverbistes pourront s'adonner à leur passion sur écran, avec *Tristan B*, mis au point par Universoft. Ce logiciel de mots croisés s'installe sur tout terminal Macintosh et propose plus de 200 grilles. Une fois le niveau de difficulté (cinq possibilités) choisi, apparaît une liste de thèmes, puis la grille et les définitions (cases ho-

rizontales ou verticales). L'une des options fait disparaître les cases noires, ce qui accentue la difficulté. Pour ceux qui peinent, le logiciel fournit des indices (une lettre, par exemple), voire la solution. Enfin, le jeu peut être poursuivi sur plusieurs jours grâce à un programme de sauvegarde qui enregistre la grille en cours et permet de l'imprimer.

17 Königshalle ou Oxford Street ?

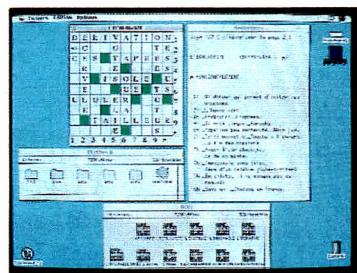
Vendre ou acheter ces hauts lieux européens, c'est possible, avec la nouvelle version du Monopoly proposée par Parker. Sur le plateau sont placés les aéroports et les rues célèbres des douze capitales de la CEE, et on y paie les propriétés en écus. Les dés sont imprimés d'étoiles sur fond bleu marine, et les cases "chance" ou "caisse de communauté" font voyager à travers l'Europe - sauf si l'on est en prison, bien sûr.



15

UN LOGiciel DE BIOLOGIE POUR Étudiants

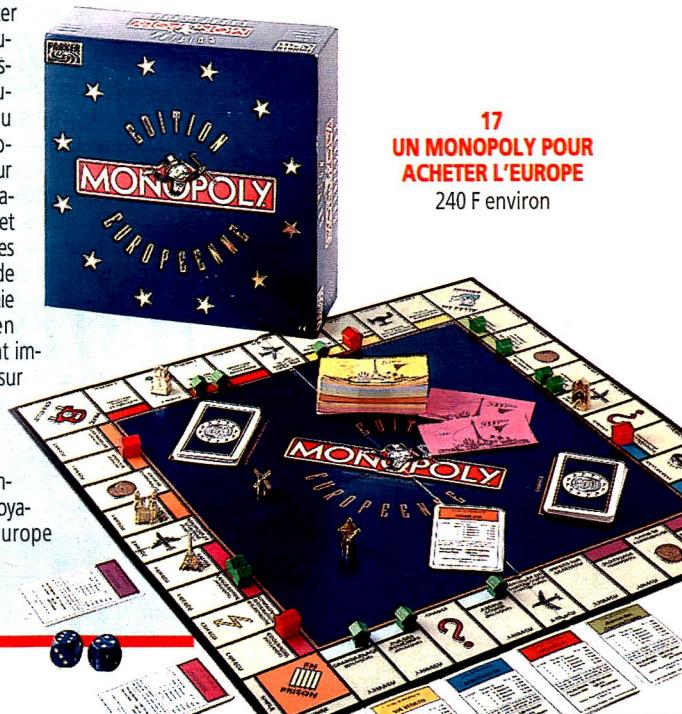
945 F



16

MOTS CROISÉS ÉLECTRONIQUES

490 F environ



17

UN MONOPOLY POUR ACHETER L'EUROPE

240 F environ



18
UN SOMMIER TOUT EN PLASTIQUE
de 9 000 à 21 500 F



19
UNE COCOTTE-MINUTE À DEUX VITESSES
de 1 300 à 1 400 F



20
UN ROBOT MÉNAGER MULTIFONCTION
824 F

18 L'Ergoletto est un sommier d'un nouveau type : conçu par la société suisse Superba, il est constitué de 180 pièces de plastique et caoutchouc. Ces éléments, qui remplacent les ressorts, forment un système de suspension qui ne crée pas de champ magnétique, à l'inverse du métal. Les quelques pièces métalliques existantes (vis) ont été chromées pour ne plus être magnétiques. L'élasticité du caoutchouc seul étant insuffisante pour assurer le confort, on a dû y ajouter une matière amortissante, appelée Hytrel. Des ressorts en Hytrel contenant un noyau de caoutchouc, posés sur des traverses rigides en résine polyester, assurent la suspension du sommier. Ajoutons qu'un sommier en plastique ne rouille pas, et ne fait aucun bruit.

19 Deux temps de cuisson et un système de fermeture simplifié, c'est ce qu'offre la cocotte-minute Atmosphère, de Lagostina. La soucoupe de pression affiche les temps correspondant à deux températures de cuisson : 110 ou 120 °C. Un petit piston coloré en rouge s'élève en même temps que la pression et, la cuisson terminée, indique si l'on peut ouvrir la cocotte. En s'abaissant, il libère un orifice du couvercle qui permet la rota-

tion d'ouverture. Le fond de l'Atmosphère est constitué de trois couches (acier/aluminium/acier) qui permettent une bonne répartition de la chaleur sur tout type de feu (électrique, gaz, induction). Les pièces du couvercle se lavent au jet, les parties métalliques au lave-vaisselle. En définitive, c'est un instrument ménager fort bien conçu.

20 Le "Multi-robot pro" de Seb se compose de deux robots ménagers sur un seul socle. Sur les appareils classiques, il n'y a qu'un seul moteur pour les différents accessoires. Ici, le support regroupe deux moteurs (500 Wh chacun), ce qui permet de réaliser deux parties d'une même recette ou deux éléments d'un menu en même temps. Un petit tableau intégré dans le support indique les possibilités offertes et le bouton de commande autorise quatre vitesses. Un bol (contenance : 1,5 litre) sert aux préparations liquides (soupes, crèmes, sauces) ; un autre récipient reçoit tous les accessoires pour émincer, raper, battre, ainsi qu'une centrifugeuse, un presse-agrumes et un petit batteur très pratique pour faire la mayonnaise.

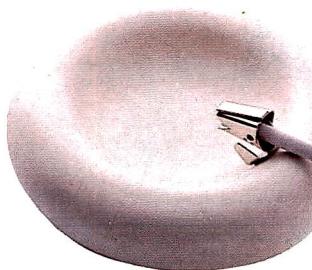
21 Les malentendants ont généralement beaucoup de difficultés à adapter le niveau sonore de leur appareil amplificateur à l'environnement. Ils ont ainsi du mal à suivre une conversation dans un milieu bruyant ou à régler le son au téléphone. "Quattro" a été conçu pour remédier à ces inconvénients. Cet appareil auditif se compose, au choix, de deux petits récepteurs ou bien d'un seul, et d'une radiocommande (10 x 5 cm environ) permettant de régler manuellement le volume pour chaque oreille sans toucher aux écouteurs. Quatre programmes correspondent à des environnements différents (à la maison, en voiture, au bureau, au restaurant) seront pré-réglés par un spécialiste en collaboration avec le porteur de l'appareil. Une touche spéciale "téléphone" améliore le confort d'écoute au téléphone. Chaque commande s'affiche sur le petit écran à cristaux liquides du boîtier. Cet appareil ne subit pas les interférences dues à la présence d'un téléviseur ou d'un ordinateur. Quattro existe en quatre versions, adaptées aux différentes pertes d'audition, de quelques décibels à plus de 80 décibels. Il fonctionne sur pile.

● **Les échos de cette rubrique** ont été réalisés par Roger Bellone, Christine Mercier et Paule Sully.



21
UN APPAREIL AUDITIF À TÉLÉCOMMANDÉ
de 7 000 à 10 000 F

GADGETS PAS BÊTES



UNE PINCE ANTI-FUMÉE

35 F

Dans l'esprit de la nouvelle loi anti-tabac, le "Cig'arrêt" est un dispositif ingénieux. C'est une pince en acier inoxydable qui se fixe sur le bord intérieur d'un cendrier. Si l'on y place une cigarette allumée, celle-ci s'éteint toute seule quand la pince articulée se referme, la privant d'oxygène.



DÉCOLLER LE PAPIER PEINT DANS LES COINS

450 F

Pour décoller du papier peint à l'aide de vapeur d'eau, il n'existe jusqu'à présent que des appareils à large plateau, peu pratique pour les angles. Wagner propose un mini-plateau (195 x 270 mm), adaptable sur la décolleuse W18, qui permet de travailler sur de petites surfaces et dans les coins. Petit et léger (400 g), ce plateau bénéficie de la puissance de la W18 (2 000 W). Celle-ci est équipée d'un réservoir d'eau de 4 l qui lui donne une autonomie d'une heure, et le tuyau qui amène la vapeur mesure 3,50 m. Un thermostat de sécurité évite tout risque de surchauffe et une soupape évacue l'excédent de vapeur. Cette décolleuse est adaptée à tous les types de revêtements.



UNE MONTURE DE 12 GRAMMES

de 415 à 480 F

Voici des montures de lunettes particulièrement légères. Les Ulm Design, proposées par L'Amy, ne pèsent que 12 g. Fabriquées dans un matériau composite (polyamide, fibres de carbone et fibres de verre), elles sont cependant résistantes et rigides.

UN KALÉIDOSCOPE EN KIT

99,50 F

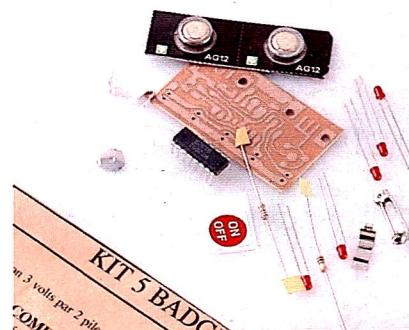
Livré en kit, le kaléidoscope de la société Nature et Découvertes se compose de huit pièces détachées à monter sans outil ni colle. Un tube en carton épais en contient un plus petit, dans lequel on insère un prisme aux parois recouvertes de miroirs reflétant les images. On ferme une extrémité avec une capsule percée d'un trou pour l'œil, puis, selon le dispositif qu'on ajoute à l'autre extrémité (boîte transparente remplie d'objets de couleurs vives, filtre, loupe), on obtient un kaléidoscope, un octascope (qui réfléchit et divise l'image des objets nous entourant) ou un thaumascopie, qui est la combinaison des deux. L'emballage et la plupart des éléments sont en matériaux recyclés.



CIRCUITS ÉLECTRONIQUES À MONTER

de 30 à 35 F

Générateurs de son et badges lumineux sont à la portée des jeunes attirés par l'électronique, qui pourront les construire eux-mêmes grâce aux kits de Loupi. Chacun d'eux contient un petit circuit imprimé, sur lequel l'utilisateur doit monter tous les composants : résistances, petits moteurs piézo-électriques, diodes, etc. Le montage achevé produit quatre séquences de sons différents, tandis que le badge lumineux comporte des diodes s'allumant alternativement.



SCIENCE & JEUX

PHYSIQUE AMUSANTE

La température au jour le jour

Relever la température du matin au soir – et pas seulement le soir et le matin comme pour une grippe – est indispensable à la météo, mais fastidieux à faire à la main. Il a donc fallu trouver un instrument capable de faire le travail tout seul, ce qui permet ensuite, comme nous allons le voir, de suivre en continu les variations de la chaleur ou du froid.

Contrairement à ce que l'on croit généralement, un thermomètre ne mesure pas la température, pour cette raison simple que celle-ci n'est pas une grandeur physique mesurable : si $2 \text{ kg} + 3 \text{ kg}$ font bien 5 kg , $2^\circ + 3^\circ$ ne font pas 5° ; de même, $3 \times 20 \text{ km}$ est une expression qui a un sens, alors que $3 \times 20^\circ$ ne veut rien dire. Pourtant, nous faisons bien la différence entre le froid et le chaud, mais cette différence, sauf pour les températures extrêmes, reste très subjective : une eau à 20°C paraît tiède à boire mais plutôt fraîche s'il faut y plonger.

Toutefois, on sait sans ambiguïté ce qu'il faut entendre par échauffement ou par refroidissement d'un corps ; et on le sait d'autant mieux que ses propriétés changent au fur et à mesure que sa température s'élève. En particulier, son volume augmente, puis diminue ensuite quand il se refroidit. On tient donc là un moyen de repérer chaque température en la caractérisant par une grandeur cette fois mesurable, en l'occurrence le nombre qui correspond au volume du corps choisi comme repère.

La dilatation des métaux avait été repérée dès les débuts de la

métallurgie, celle des liquides et des gaz ne fut connue que plus tard car il faut pour la déceler des moyens techniques déjà affinés. Avec l'avènement de la physique, on découvrit par la suite que le volume n'est pas le seul affecté quand on passe du chaud au froid : les propriétés mécaniques, électriques, optiques et magnétiques sont elles aussi modifiées par les variations de température.

En fait, on sait maintenant que celle-ci repère le degré d'agitation des molécules qui constituent tout corps. Cela explique du même coup qu'il y ait une limite vers le bas dans l'échelle des températures : à force d'aller vers le froid, la vitesse d'agitation des molécules diminue, et vient fatallement un moment où elles ne bougent plus du tout : c'est le zéro absolu. Par ailleurs, l'interprétation moléculaire a permis de comprendre pourquoi un corps prenait du volume en chauffant, et pourquoi sa résistance électrique augmentait.

Pour notre montage, nous en resterons au problème du repérage des températures, lequel repose sur les modifications de volume d'un corps. L'expérience montre que si des corps (immobiles) sont mis en

semble dans une enceinte qui les protège de toute influence thermique extérieure, ils finissent toujours, qu'ils se touchent ou non, par atteindre un état d'équilibre thermique dans lequel leur volume ne varie plus du tout.

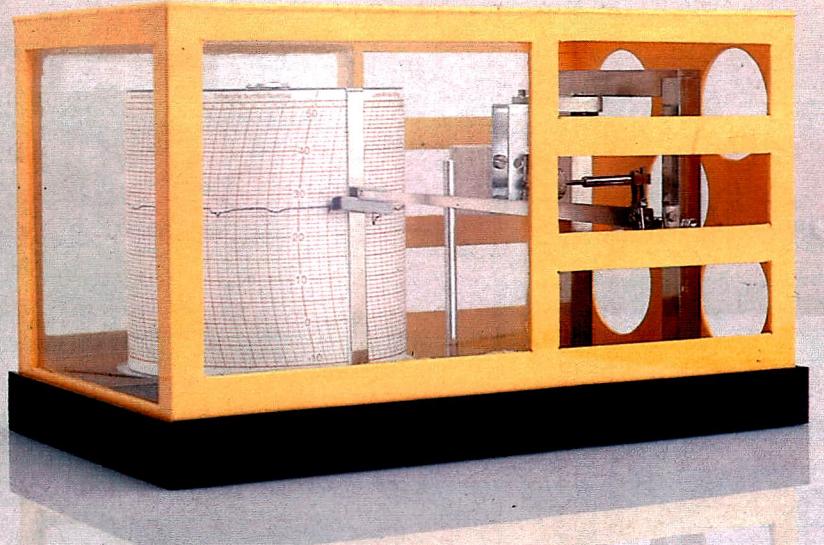
À ce moment, ils sont par définition à la même température. Si l'un d'eux a été choisi pour repérer les températures par les valeurs que prend son volume, on peut le mettre au contact de tous les autres sans que son volume change ; pour tous il indique la même température, et c'est lui qui sera donc le thermomètre.

Le corps de référence peut être un gaz (thermomètre à hydrogène), un liquide (mercure ou alcool) ou un solide. En ce dernier cas, les variations de longueur liées aux variations de volume sont très faibles et difficiles à mettre en évidence. On y arrive toutefois de manière satisfaisante en soudant l'une contre l'autre deux lames de métaux ayant des dilatations assez différentes. Ce bâtonne s'incurve de façon sensible pour des variations de température de quelques degrés, et on peut avoir une sensibilité encore supérieure quand les deux métaux, soudés sur une

grande longueur, sont mis en spirale serrée pour diminuer l'encombrement.

C'est ce type de capteur que nous allons trouver dans l'instrument que nous nous proposons de monter, avec un bâtonne en arc de cercle dont les variations de courbure, assez faibles, sont considérablement amplifiées par un système de leviers. Mais ce thermomètre aurait été trop difficile à construire dans le cadre limité de cette rubrique. Aussi nous contenterons-nous d'acheter l'ensemble capteur-enregistreur et de lui fabriquer un support matériel. La technique Hobbystyrène de P. Courbier se prête fort bien à cette application. Pour construire ce thermographe, il faudra disposer des éléments suivants :

- Polystyrène choc en feuilles de 2 mm d'épaisseur ; disponible, directement ou par correspondance, chez Adam Montparnasse, 11 bd Edgar-Quinet, 75014 Paris ; ou chez Pierron, BP 609, 57206 Sarreguemines.
- Altuglass ou verre de 1,5 ou 2 mm d'épaisseur.
- Une tige d'acier ou laiton de 4 mm de diamètre, longueur 85 mm ; une tige filetée de 3 mm de diamètre, longueur



Ce thermographe, associé au barographe décrit dans notre n° 901, constitue une vraie station météorologique.

20 mm, une borne moletée de 3 mm et trois vis de 5 mm de diamètre, longueur 8 mm.

● Un ensemble sous forme de kit fourni par les Ets BMI, 3 rue Jean-Marie-Merle, 69120 Vaulx-en-Velin ; envoi franco sur commande accompagnée d'un chèque de 920 F.

Cet ensemble comprend le tambour d'horlogerie piloté par quartz et sa pile, l'ensemble mécanique d'amplification avec le bilame, le bras de plume, le stylo feutre, un jeu de 50 diagrammes et une notice d'emploi. Il restera toutefois à fabriquer le support matériel du thermographe, et on commence cette construction par le socle qui est constitué des pièces A à G.

Après tracé, marquage et découpe, la pièce A sera percée de six trous aux emplacements et aux diamètres indiqués **figure 1**. Les trois trous à gauche sont destinés à maintenir le mécanisme du tambour. On veillera à les disposer sur trois rayons à 120° et on vérifiera qu'ils permettent bien de fixer le mécanisme.

A 150 mm de la verticale passant par le centre du cercle ayant servi à tracer ces trois trous, on tracera une autre verticale et on percera deux trous

destinés à recevoir le bâti du mécanisme. Enfin on percera aux cotes indiquées le trou qui recevra l'écarte-aiguille destiné à relever cette dernière lors des changements de diagrammes.

En se conformant aux indications de la **figure 2**, on assemblera par collage - Uhu-Plast - les côtés E1, D2, E2 et D1 sous le plateau A, puis tout autour les pièces B1, C2, B2 et C1 qui forment les rebords extérieurs ; la pièce B1 formant le rebord arrière du socle ne sera collée qu'à l'aide de quatre points de colle, ce qui la rendra facilement amovible ; elle ne sera définitivement assemblée qu'après la fin des réglages. On collera les renforts F1, F2, F3, F4 et G qui rigidifient l'ensemble.

Le capot est constitué par les cinq faces H1, H2, I, J et K, la face supérieure étant le panneau I. On commencera donc par tracer, marquer au cutter et découper les côtés extérieurs des cinq panneaux (**figures 3 à 7**). Tous ces panneaux comportent des évidements. Certains seront obturés par des plaques d'Altuglass (ou à la rigueur de verre à vitre de faible épaisseur), d'autres resteront libres.

Pour pratiquer ces évide-

ments, on commencera par les tracer aux cotes indiquées ; puis, dans chaque angle, on percera des trous avec une simple aiguille chauffée. Ces trous sont destinés à faciliter le marquage et l'extraction des rectangles intérieurs. On marquera assez profondément au cutter leurs côtés au recto et au verso de la pièce - la présence des trous facilitera la superposition des marquages. Il restera ensuite à plier jusqu'à la rupture afin de pouvoir enlever les rectangles centraux.

Pour le panneau K (**figure 7**), on pointera les cinq centres des disques de 40 mm aux endroits indiqués et, en se servant d'un compas de découpe souvent décrit dans cette rubrique, on marquera des deux côtés la feuille de polystyrène. L'enlèvement des disques se fera ensuite assez facilement. Les **figures 4, 5 et 6** montrent comment appliquer et coller (néoprène gel) les quatre feuilles d'Altuglass après ponçage des panneaux.

On assemblera ensuite le capot (**figure 8**) à la colle Uhu Plast. Noter que la pièce I forme le côté supérieur, et que les deux côtés J et K sont situés entre les côtés H1 et H2 comme l'indique le détail gros-

si de la même figure. On vérifiera avant séchage que le capot pénètre sans frottement et aisément dans son logement sur le socle.

Le mécanisme (**figures 9 à 12**) est livré monté mais non réglé. Nous verrons plus loin comment procéder à ce réglage. C'est une goupille qui relie l'aiguille à la pièce solidaire de l'axe (**figure 10**). Si l'aiguille n'est pas montée, on commencera par fixer le bâti avec ses deux vis sur le socle avant de l'installer. Si elle est montée, on fera de même, mais en veillant à ne pas la forcer.

On installera le mécanisme du tambour à l'aide de trois vis de 5 x 8 à l'emplacement prévu, puis on fixera le porte-aiguille (**figure 11**), formé d'une tige de laiton ou d'acier introduite et collée dans une pièce formée par les deux rectangles L1 et L2. Une borne moletée et une tige filetée de 3 mm, montée comme indiqué sur la même figure, servira de bouton de manœuvre de l'écarte-aiguille. On munira l'extrémité libre de l'aiguille du style marqueur en la glissant dans le logement prévu à cet effet. Le thermographe doit alors se présenter comme indiqué **figure 12**.

En dévissant la vis moletée qui se trouve sur la partie supérieure du tambour, on enlèvera ce dernier et on le munira d'un diagramme qui servira aux réglages qui suivront.

Nous disposons désormais d'un système capable d'inscrire un tracé continu sur un diagramme gradué de -10° à +50°, mais il reste à étalonner l'appareil. En raison même du temps nécessaire à cette opération, il est préférable de ne pas déplacer l'appareil tant que le réglage n'est pas termi-

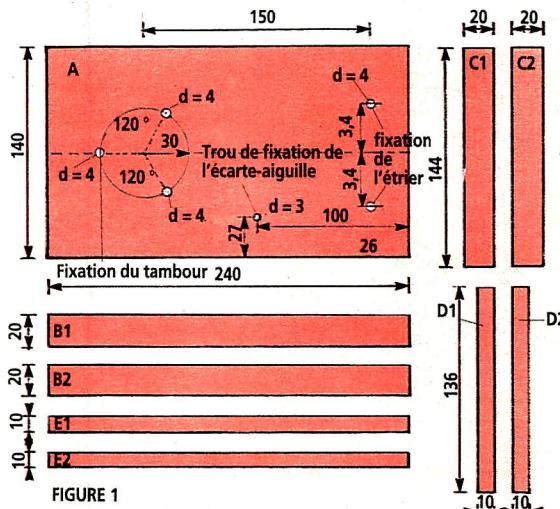


FIGURE 1

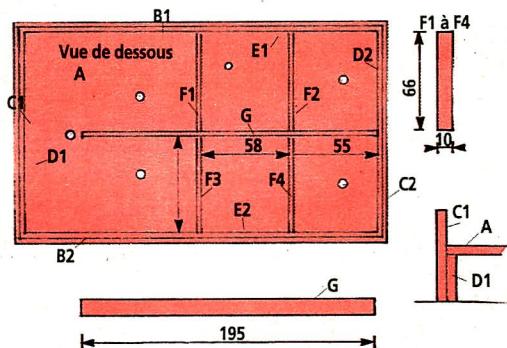


FIGURE 2

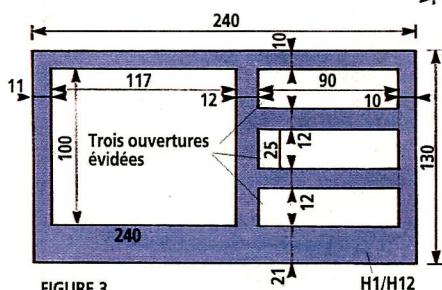


FIGURE 3

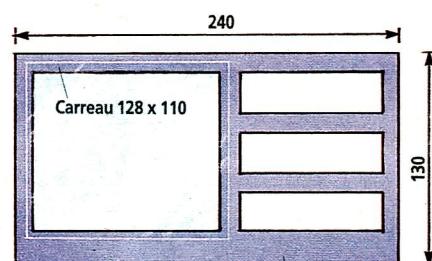


FIGURE 4

H1/H2

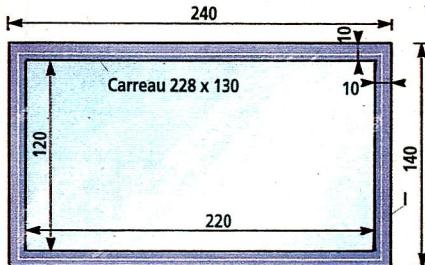


FIGURE 5

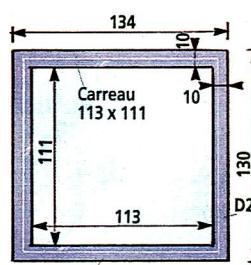


FIGURE 6

né. On se procurera d'abord un bon thermomètre, si possible à mercure et en verre d'un seul bloc, du type laboratoire. En nous référant à la **figure 9**, nous voyons qu'il existe deux systèmes de réglage :

● L'un, dénommé vis de réglage n° 1 sur cette figure, est solidaire d'un bouton moleté. En le vissant ou en le dévissant, on fait varier la longueur du bras de levier qu'il forme entre l'ex-

trémité libre du bilame et le bloc n° 1. Autrement dit, l'amplitude de l'angle parcouru par l'aiguille, laquelle est solidaire à la fois de l'axe et du bloc n° 2, sera directement affectée par la longueur réelle de ce levier.

● L'autre est dénommé vis de réglage n° 2 sur la même figure. Cette vis n'influe pas sur la longueur d'un levier, mais uniquement sur la position relative de l'aiguille par rapport au

mécanisme pris dans son ensemble. C'est elle qui va nous servir maintenant à disposer la pointe du style marqueur sur la division imprimée du diagramme correspondant à la température lue sur le thermomètre de référence.

Si nous y lisons par exemple 23°, nous allons, en vissant ou dévissant cette vis n° 2, poser le style sur la ligne 23° du diagramme – pour l'instant, on

ne tient pas compte de l'heure ni du jour. La chose est un peu délicate car, dès qu'on la manœuvre avec une lame de tournevis, l'aiguille (écartée du diagramme) a tendance à osciller. Il faudra chaque fois vérifier sa position sur le diagramme en la libérant de l'écarte-aiguille. Quand les réglages seront terminés, il faudra l'immobiliser en serrant le boulon inférieur – boulon de

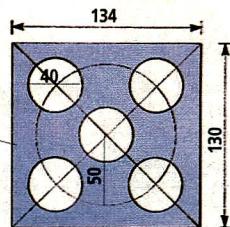


FIGURE 7

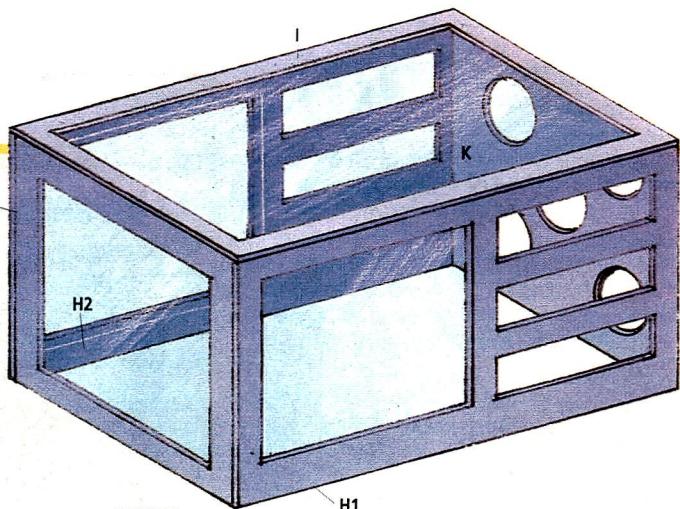


FIGURE 8

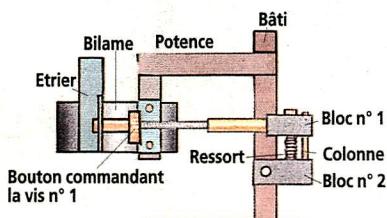


FIGURE 9

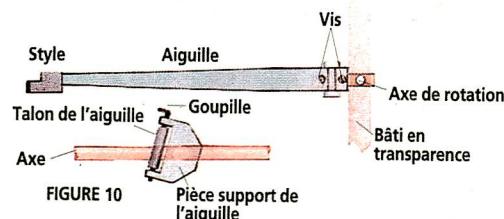


FIGURE 10

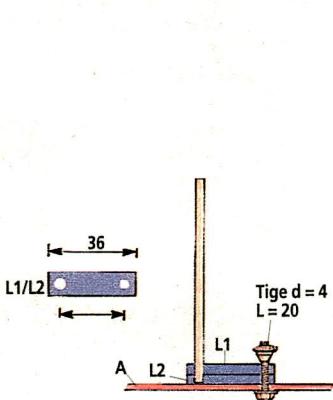


FIGURE 11

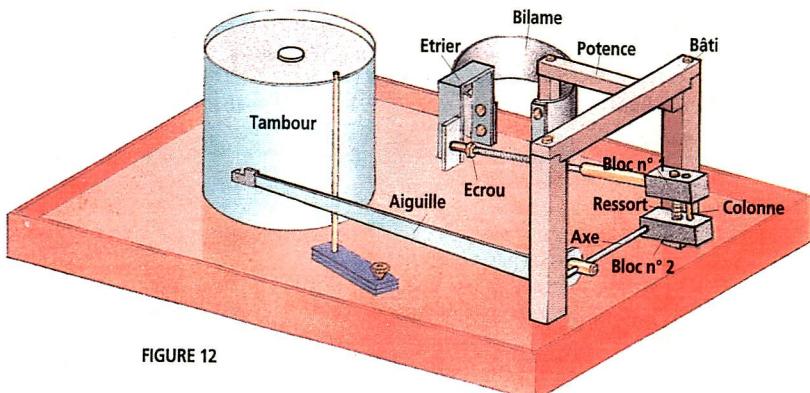


FIGURE 12

blocage n° 2 sur la figure 9.

Maintenant, il va falloir porter le bilame à une température de 0 °C pour voir comment se comporte l'aiguille et sur quelle graduation elle va s'arrêter. Pour cela, on va fabriquer un récipient avec une boîte de conserve vide dont l'une des parois pourra se glisser sous le bilame (c'est la raison d'être de l'étrier qui le relie à l'équipage mécanique).

Ce réservoir doit pouvoir contenir environ un verre et demi d'eau et avoir des dimensions telles qu'il puisse se glisser et se dégager aisément, la pièce B1, collée comme indiqué précédemment par de simples points de colle, étant provisoirement ôtée. On sera très certainement obligé de retailler la boîte de conserve et de prévoir des cales permettant sa mise en place stable.

La découpe du fer blanc se fait assez facilement avec une vieille paire de ciseaux – des neufs conviennent aussi, mais seraient ensuite incapables de couper le moindre papier de soie. Une fois ce réservoir confectionné et mis en place, on le remplira d'eau et on ajoutera plusieurs glaçons jusqu'à ce que le niveau du liquide dépasse légèrement le plan supérieur du bilame. On disposera

le thermomètre étalon dans le liquide et on attendra des dizaines de minutes, voire une heure. Il faut que le thermomètre étalon se stabilise à 0°.

On peut être obligé d'ajouter des glaçons (après avoir enlevé éventuellement de l'eau avec une seringue ou un siphon), mais il est indispensable que le thermomètre indique bien 0°. On observera, durant cette chute de tempé-

rature, la trace laissée sur le diagramme. Il y a fort peu de chances pour que le style s'arrête sur la ligne 0°. Si c'était le cas, ne plus rien toucher : le thermographe est étalonné.

Mais il est bien plus probable que le style soit au-dessus ou au-dessous de cette ligne. Si le style indique, par exemple, - 4°, cela signifie que l'amplification du système mécanique est trop grande. On la réduira en agissant sur le bouton moleté - vis de réglage n° 1, figure 9 - de telle façon que que le style se place sur la graduation - 2°, c'est-à-dire à la moitié de l'erreur ainsi détectée.

Dans le cas inverse, si, par exemple, la lecture est de + 6°, on agira en réglant le style sur + 3° avec le même bouton moleté. Après quoi, on videra le contenu du récipient en enlevant les glaçons et en vidangeant l'eau restante avec une seringue ou un siphon, et on attendra la stabilisation de la température, ce qui peut demander plusieurs heures.

A ce moment, le thermomètre de référence indiquera les 23° qu'on avait mesuré au début de l'expérience - ou une autre température, si elle a varié entre temps, peu importe. Il va falloir maintenant, en vissant ou dévissant le bouton de réglage n° 2, remettre le style sur la valeur indiquée par le thermomètre étalon.

Mais cela ne suffit pas, car il faut être sûr que le réglage de l'amplification mécanique soit le bon, ce qui n'est pas certain du tout. C'est pourquoi on va recommencer la procédure qui vient d'être décrite, jusqu'à obtention d'une mesure correspondant (à un demi-degré près) à celle donnée par le thermomètre. Un nouveau et dernier contrôle du zéro est souhaitable, ne serait-ce que pour s'assurer que le fameux bouton moleté n'a pas été effleuré.

Si l'on est perfectionniste et si

l'on veut tirer de l'instrument une précision maximale (de l'ordre du demi-degré), rien n'empêche de recommencer les réglages en portant l'eau du réservoir à 40 ou 45°, et ensuite à nouveau à 0°. En effet, le réglage sera d'autant plus précis qu'il s'effectuera sur un intervalle plus grand de températures.

Mais pour les applications agricoles ou jardinières, la mesure importante est ce fameux zéro degré, annonciateur des gelées si redoutées. On s'assurera donc, avant d'immobiliser les réglages avec un peu de vernis à ongles, que notre thermographe en donne une mesure constante et précise.

Après avoir enlevé le récipient qui nous a servi à étalonner le thermographe et collé définitivement la pièce B1, il nous restera à mettre un diagramme neuf sur le tambour et à caler le style au jour et à l'heure. Nous y parviendrons aisément en tournant le tambour à la main et en terminant le réglage dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, ce qui compense le léger jeu. Le mécanisme n'en souffrira pas car il comporte un entraînement à friction qui autorise cette manœuvre.

Il ne restera plus qu'à mettre le capot, puis à placer le thermographe sur une surface plane et dans un endroit protégé des intempéries - s'il est destiné à prendre la température extérieure, il doit être mis sous abri à 1,70 m du sol. Dans les conditions de montage et de réglage que nous venons de décrire, ce thermographe mesurera fidèlement les variations de la température ambiante tout au long de la semaine. Et si on l'associe au barographe de notre n° 901, on aura à son service deux des instruments majeurs de la surveillance météorologique locale.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier

ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

Un antivol simple à installer



Nous vous proposerons de réaliser ce mois-ci un antivol pour voiture ne demandant, pour sa mise en place, aucune intervention sur le circuit électrique du véhicule. En effet, bien des amateurs hésitent à pratiquer une intervention "chirurgicale", aussi minime soit-elle, pour la mise en place d'un "bricolage". Notre réalisation se contentera exclusivement de la fiche allume-cigare tant pour son alimentation que pour la détection d'une intrusion. En fait, le but de notre montage est de contrôler, en permanence, les fluctuations rapides de la tension disponible aux bornes de la batterie. La fiche allume-cigare se prête parfaitement à cette opération puisque, sur la

quasi-totalité des véhicules, elle dépend d'un circuit hors contact ; elle est alimentée même si le contact est coupé.

Le principe de fonctionnement de cet antivol est extrêmement simple. En effet, dès qu'une portière est ouverte sur une voiture, cela se traduit par l'éclairage du plafonnier, et donc immédiatement par une variation minime de la tension de la batterie. Il suffit donc de détecter cette variation parasite de tension pour déclencher l'antivol. Passons donc à l'étude de son principe de fonctionnement.

Afin de détecter les fluctuations de la tension de la batterie, nous utiliserons un circuit intégré amplificateur différentiel. L'une de ses entrées, directement reliée au + 12 volts par l'intermédiaire d'un condensateur, effectuera la mesure. Un potentiomètre ajustable permettra de faire varier le gain en tension général de l'amplificateur et, par voie de conséquence, fera office de réglage de sensibilité du montage. A la sortie de ce premier circuit, le parasite issu de la commutation du plafonnier se traduira par une brève impulsion de grande amplitude. Nous appliquerons celle-ci à l'électrode

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. : 16 34 13 37 52.
- URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon, Suisse.
- Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

IMPLANTATION DES COMPOSANTS

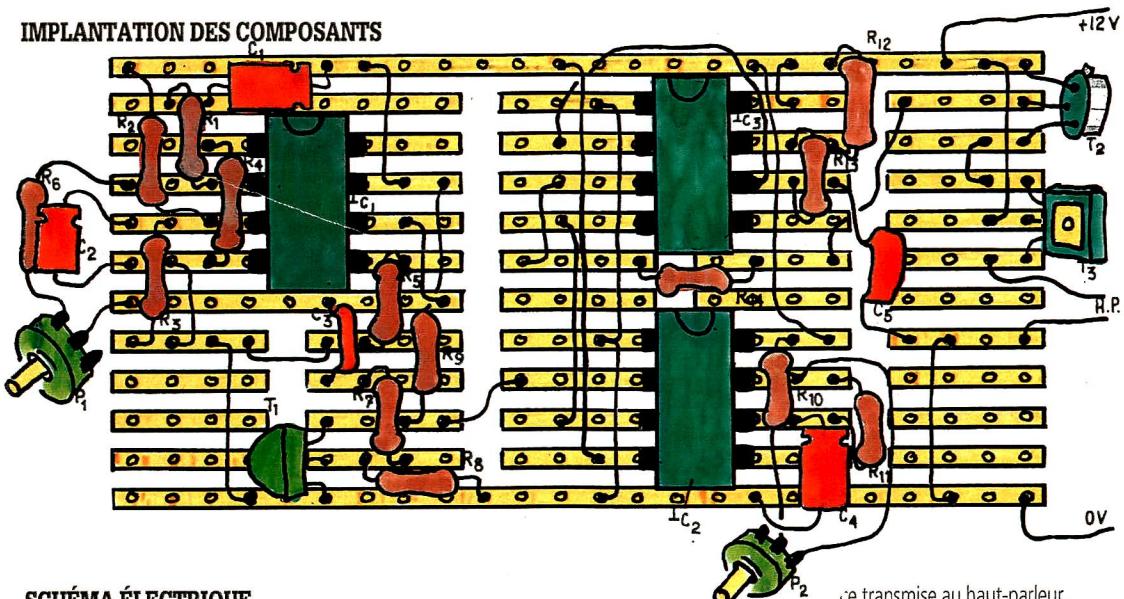
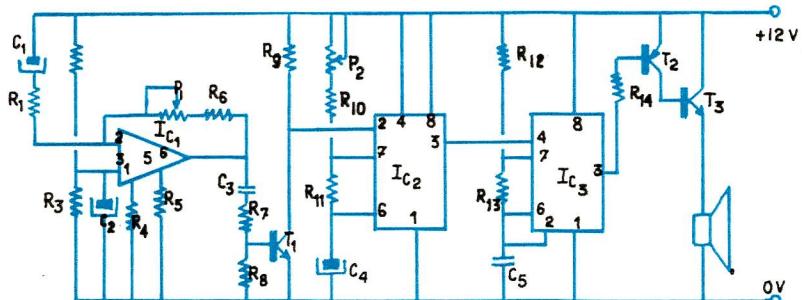


SCHÉMA ÉLECTRIQUE



de commande d'un monostable réalisé à partir d'un circuit intégré du type NE 555. Ce dernier délivrera, pour chaque impulsion, un créneau de tension dont la durée sera, ici encore, ajustable à l'aide d'un potentiomètre. Elle correspon-

dra au temps durant lequel retentira l'antivol. Enfin, un oscillateur, également réalisé à l'aide d'un NE 555, générera l'alarme. Ce composant n'ayant pas une puissance suffisante pour commander directement un haut-parleur, sa sor-

tie sera connectée à deux transistors montés en "Darlington". Ce type de câblage permet d'obtenir un gain en courant très élevé. Le second transistor, un 2N 555 est un composant de puissance. C'est lui qui devra supporter la puissan-

ce transmise au haut-parleur.

Le câblage de cet antivol ne doit pas poser de problème particulier. Il faudra cependant prendre soin de bien couper l'ensemble des bandes conductrices sous les circuits intégrés ainsi qu'aux emplacements indiqués sur le schéma de câblage. De même, il faudra veiller à bien respecter les brochages et la polarité des composants.

Il suffira de raccorder la fiche allume-cigare pour qu'il soit prêt à fonctionner. Dans le cas de cette réalisation, le haut-parleur et le montage pourront être placés dans un même boîtier. Cela présente l'avantage de former un ensemble autonome extrêmement compact. En revanche, l'émission du signal s'effectuera depuis l'intérieur de l'habitacle et donnera donc moins l'alerte. Cependant, rien ne vous empêche de loger directement le montage sous le capot de la voiture. Dans ce cas il pourra être directement connecté sur la batterie. Il faudra ici prendre particulièrement soin de respecter la polarité d'alimentation, et il est conseillé d'équiper le fil correspondant au + 12 volts d'un fusible de 2 ampères.

NOMENCLATURE

R1 = 2,2 kilohms	(rouge, rouge, rouge, or)	P2 (potentiomètre) = 470 kilohms
R2 = 10 kilohms	(brun, noir, orange, or)	C1 = 22 microfarads 12 volts
R3 = 10 kilohms	(brun, noir, orange, or)	C2 = 22 microfarads 12 volts
R4 = 4,7 kilohms	(jaune, violet, rouge, or)	C3 = 470 nanofarads
R5 = 4,7 kilohms	(jaune, violet, rouge, or)	C4 = 47 microfarads 12 volts
R6 = 2,2 kilohms	(rouge, rouge, rouge, or)	C5 = 100 nanofarads
R7 = 470 ohms	(jaune, violet, brun, or)	
R8 = 10 kilohms	(brun, noir, orange, or)	
R9 = 22 kilohms	(rouge, rouge, orange, or)	T1 = 2N 1711
R10 = 47 kilohms	(jaune, violet, orange, or)	T2 = 2N 2904
R11 = 220 ohms	(rouge, rouge, brun, or)	T3 = TIP 3055
R12 = 470 ohms	(jaune, violet, brun, or)	
R13 = 4,7 kilohms	(jaune, violet, rouge, or)	Ic1 = UA 741
R14 = 220 ohms	(rouge, rouge, brun, or)	Ic2 = NE 555
P1 (potentiomètre) = 47 kilohms		Ic3 = NE 555

INFORMATIQUE AMUSANTE

Dessinons des volumes

Le petit programme que nous vous proposons de réaliser ce mois-ci, disons-le tout de suite, n'a d'autre utilité que celle de réaliser de beaux dessins à l'écran. En fait, il permet la visualisation en trois dimensions d'éléments tournés, tels que verres, vases, bouteilles, toupies, etc. Certes, il s'agit-là d'avantage d'un exercice de style que d'un réel utilitaire mais, bien qu'extrêmement réduit en nombre de lignes de programmation, il offre un "rendu" tout à fait acceptable. Après avoir introduit dans la machine une série de points, correspondant à la génératrice du volume, ce dernier – une forme de révolution – apparaîtra à l'écran sous

un angle quelconque. Une fois la génératrice mémorisée, il sera possible de faire "tourner" la forme de manière à pouvoir l'étudier sous toutes ses coutures. Coutures au demeurant relativement limitées en nombre, puisque la forme génératrice n'accepte que 23 points de base lors de sa saisie, et que la forme de révolution présentée est calculée à partir d'incrémentés de 10 degrés. Néanmoins, étant donné qu'un segment de droite reliant deux points calculés, lors de la visualisation, peut prendre n'importe quelle direction et avoir une longueur quelconque, l'image définitive obtenue semblera posséder une bien meilleure résolution.

Avant de passer à la description du principe de fonctionnement de ce programme, précisons que, afin de répondre aux souhaits de nombreux lecteurs et en raison de sa relative simplicité, nous l'avons étudié de manière à ce qu'il soit compatible sans aucune modification avec le GW Basic (langage traditionnel de cette rubrique) et le Quick Basic. Si ce dernier langage est utilisé, il sera possible d'effectuer une compilation du logiciel, ce qui rendra son exécution nettement plus rapide. Hormis ce point de programmation, nous vous rappelons qu'il est destiné aux machines de type PC ou compatibles ; pour notre part, nous l'avons étudié sur un Amstrad Game Pack, équipé d'un écran capable de fonctionner en mode VGA.

Cela dit, passons à l'écriture

du programme. En premier lieu nous demanderons donc à la machine de passer en mode haute résolution VGA grâce à l'instruction SCREEN 9 de la ligne 10.

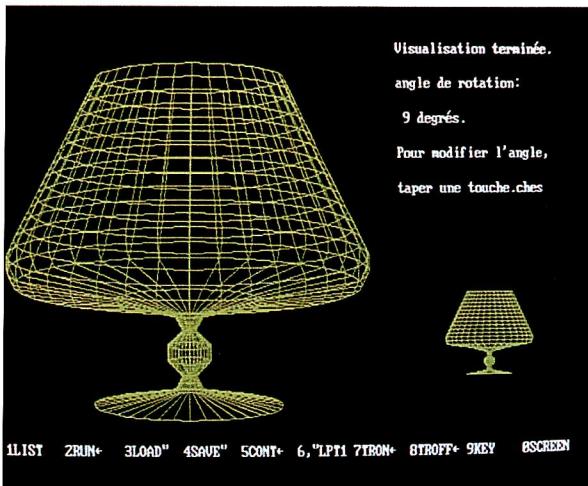
De même nous fixerons ici les couleurs du fond de l'écran et du texte courant. Viennent ensuite l'initialisation des variables nécessaires au bon déroulement du programme et la mise en place de tableaux de mémorisation numérique. Ces derniers nous serviront ultérieurement à mémoriser les coordonnées de chaque point calculé afin d'être en mesure de les relier entre eux par des segments de droite d'orientation et de longueur adéquates.

Cette phase de préparation terminée, l'exécution du programme pourra commencer. En premier lieu, il demandera de lui indiquer les points de

```

10 SCREEN 9:COLOR 7,0:CLS
20 REM ****
30 REM * INITIALISATION DES VARIABLES *
40 REM ****
50 LET P=1:LET XC=20:LET YC=1
60 LET SHTH=0:LET SHTV=0:LET ECH=1:LET ANIM=0
70 REM ****
80 REM * CREATION TABLEAUX DE MEMORISATION*
90 REM ****
100 DIM MA(1300):DIM MB(1300):DIM MC(1300):DIM MD(1300)
110 DIM ME(1300):DIM MF(1300):DIM MG(1300):DIM MH(1300)
120 DIM MI(1300):DIM MJ(1300)
130 DIM R(24):DIM H(36):DIM V(36)
140 REM ****
150 REM * MISE EN PLACE DE L'ECRAN *
160 REM ****
170 FOR A=0 TO 340 STEP 20
180 PSET (200,A),8
190 FOR T=0 TO 20
200 IF T>5 AND T<15 THEN PSET (200,(A+T)),8
210 NEXT T
220 NEXT A
230 COLOR 14
240 LOCATE 8,40:PRINT"Placez les points avec 4,6,8,2."
250 LOCATE 9,40:PRINT"Validez chaque point par 0."
260 LOCATE 10,40:PRINT"Terminez le tracé par '.' s'il"
270 LOCATE 11,40:PRINT"comporte moins de 23 points."
280 LET K$=INKEY$:IF K$<>"" THEN LOCATE YC, XC:PRINT " "
290 IF K$="6" THEN LET XC=XC+1
300 IF XC>25 THEN LET XC=25
310 IF K$="4" THEN LET XC=XC-1
320 IF XC<1 THEN LET XC=1
330 IF K$="2" THEN LET YC=YC+1
340 IF YC>23 THEN LET YC=23
350 IF K$="8" THEN LET YC=YC-1
360 IF YC<1 THEN LET YC=1
370 COLOR 15:LOCATE YC, XC:PRINT "*"
380 IF K$="0" THEN LET R(YC)=26-XC:LET YC=YC+1
390 IF K$=". " OR YC=24 THEN GOTO 440
400 GOTO 280
410 REM ****
420 REM * ENTRÉE DE L'ANGLE DE ROTATION *
430 REM ****
440 LOCATE 18,55:PRINT "Angle de rotation"
450 LOCATE 20,55:INPUT "en degrés:";AR
460 CLS:LET P=SIN((AR*3.14)/180)
470 LET AXE=-.75*(COS ((AR*3.14)/180))
480 REM ****
490 REM * VISUALISATION DU VOLUME *
500 REM ****
510 COLOR 7:CLS
520 LET SHTH=0:LET SHTV=0:LET ECH=1
530 LOCATE 2,55:PRINT "Visualisation en cours"
540 LOCATE 4,55:PRINT "angle de rotation:";LOCATE
6,55:PRINT AR;"degrés."
550 LOCATE 8,55:PRINT "Tranche numéro:";LOCATE
10,55:PRINT "Fin dans: tranches"
560 GOSUB 1270
570 LOCATE 2,55:PRINT "Visualisation terminée."
580 LET SHTH=335:LET SHTV=200:LET ECH=4
590 REM ****
600 REM * CREATION VUE PAR VUE *
610 REM ****
620 IF ANIM=1 THEN GOTO 910
630 DATA 0, .75, .34, .7, .64, .57, .86, .37, .98, .13, .98, -
.13, .86, -.37, .64, -.57, .34, -.7, 0, -.75
640 RESTORE 630
650 IF ANIM=1 THEN GOTO 910
660 READ P:READ AXE: GOSUB 1270
670 GET (485,195)-(585,294),MA:GOSUB 1390
680 READ P:READ AXE: GOSUB 1270
690 GET (485,195)-(585,294),MB:GOSUB 1390
700 READ P:READ AXE: GOSUB 1270
710 GET (485,195)-(585,294),MC:GOSUB 1390

```



Après saisie des points, la forme s'affiche en "trois dimensions".

base de la génératrice. Afin de vous indiquer les limites de la zone où il est possible de loger ces derniers, une ligne matérialisant l'axe de révolution du volume sera présentée. Une double boucle FOR... NEXT, encadrant des instructions PSET, permettra de réaliser ce tracé. La saisie des points s'ef-

fectue par déplacement d'un curseur en forme d'étoile (*) sur l'écran, puis par validation des emplacements choisis. Cela explique donc la présence des nombreux tests effectués sur la variable K\$, variable prenant en permanence la valeur alphanumérique des touches frappées au clavier

par l'intermédiaire de l'instruction INKEY\$. Enfin, une fois saisis les points souhaités, ou la validation du 23^e effectuée, le calcul du volume pourra être entrepris. La machine demandera donc de lui préciser, à ce stade de déroulement du logiciel, sous quel angle le volume doit être "vu". La valeur indiquée sera mémorisée par la variable AR.

Précisons qu'il est possible de donner n'importe quelle valeur, même comportant des décimales, à cet angle de vision. Simplement, si le nombre tapé est supérieur à 360, le volume fera, en mémoire, plusieurs tours sur lui-même avant d'être présenté, et le résultat sera identique à celui obtenu avec une autre valeur modulo 360.

Vient, enfin, l'affichage du tracé en volume, ou plutôt en

perspective puisque, de toute façon, notre écran ne sait afficher qu'une image en deux dimensions (ou alors il y a vraiment peu de chances qu'il soit compatible VGA). Ici, nous utiliserons 23 fois une sous-routine en modifiant, entre chaque utilisation, ses paramètres de départ en fonction de ceux mémorisés dans le tableau de saisie des points de base de la génératrice. Cette sous-routine effectue essentiellement des calculs basés autour des fonctions sinus et cosinus afin de déterminer chaque point du volume.

Notons qu'un paramètre correctif ayant pour valeur 0.75 est appliqué aux calculs concernant l'axe vertical, afin de compenser la distorsion inhérente au procédé VGA. Néanmoins, en fonction des réglages de chaque écran, il

```

720 READ P:READ AXE: GOSUB 1270
730 GET (485, 195)-(585, 294),MD:GOSUB 1390
740 READ P:READ AXE: GOSUB 1270
750 GET (485, 195)-(585, 294),ME:GOSUB 1390
760 READ P:READ AXE: GOSUB 1270
770 GET (485, 195)-(585, 294),MF:GOSUB 1390
780 READ P:READ AXE: GOSUB 1270
790 GET (485, 195)-(585, 294),MG:GOSUB 1390
800 READ P:READ AXE: GOSUB 1270
810 GET (485, 195)-(585, 294),MH:GOSUB 1390
820 READ P:READ AXE: GOSUB 1270
830 GET (485, 195)-(585, 294),MI:GOSUB 1390
840 READ P:READ AXE: GOSUB 1270
850 GET (485, 195)-(585, 294),MJ:GOSUB 1390
860 LET ANIM=1
870 LOCATE 8,55:PRINT "Pour modifier l'angle,:";LOCATE
10,55:PRINT "taper une touche."
880 REM ****
890 REM * ANIMATION 3D *
900 REM ****
910 PUT(485,200),MA,PSET:GOSUB 1090
920 PUT(485,200),MB,PSET:GOSUB 1090
930 PUT(485,200),MC,PSET:GOSUB 1090
940 PUT(485,200),MD,PSET:GOSUB 1090
950 PUT(485,200),ME,PSET:GOSUB 1090
960 PUT(485,200),MF,PSET:GOSUB 1090
970 PUT(485,200),MG,PSET:GOSUB 1090
980 PUT(485,200),MH,PSET:GOSUB 1090
990 PUT(485,200),MI,PSET:GOSUB 1090
1000 PUT(485,200),MH,PSET:GOSUB 1090
1010 PUT(485,200),MG,PSET:GOSUB 1090
1020 PUT(485,200),MF,PSET:GOSUB 1090
1030 PUT(485,200),ME,PSET:GOSUB 1090
1040 PUT(485,200),MD,PSET:GOSUB 1090
1050 PUT(485,200),MC,PSET:GOSUB 1090
1060 PUT(485,200),MB,PSET:GOSUB 1090
1070 IF INKEY$="" THEN GOTO 910

```

```

1080 GOTO 440
1090 FOR T=1 TO 100:NEXT T:RETURN
1100 REM ****
1110 REM * CALCUL DU TRACE *
1120 REM ****
1130 FOR I=90 TO 450 STEP 10
1140 LET LT=INT((I-90)/10)
1150 LET X=200+SHTH+(INT(RT*SIN((I*3.14)/180)))/ECH
1160 LET
XP=200+SHTH+(INT(RT*SIN(((I+10)*3.14)/180)))/ECH
1170 LET Y=SHTV+(YR+((RT*P)*COS(I*3.14/180))*.75)/ECH
1180 LET
YP=SHTV+(YR+((RT*P)*COS((I+10)*3.14/180))*.75)/ECH
1190 LINE (X,Y)-(XP,YP),2
1200 IF W=1 THEN LINE (XP,YP)-(H(LT),V(LT)),2
1210 LET H(LT)=XP:LET V(LT)=YP
1220 NEXT I
1230 RETURN
1240 REM ****
1250 REM * CALCUL MODIFICATION AXE *
1260 REM ****
1270 FOR W=1 TO 24
1280 IF R(W)=0 THEN GOTO 1340
1290 LET RT=0*R(W)
1300 LOCATE 8,71:PRINT W
1310 LOCATE 10,64:PRINT 23-W
1320 LET YR=175-((12-W)*16*AXE)
1330 GOSUB 1130
1340 NEXT W
1350 RETURN
1360 REM ****
1370 REM * EFFACEMENT ZONE ANIMATION *
1380 REM ****
1390 FOR EF=12 TO 23
1400 LOCATE EF,55:PRINT STRINGS(24,32)
1410 NEXT EF
1420 RETURN

```

est possible qu'il soit nécessaire de modifier légèrement cette valeur (de 0.6 à 0.9) pour obtenir des cercles d'apparence parfaite lorsque l'on demande une rotation de 90°. Après chaque calcul, les segments de droite seront tracés. Deux couleurs différentes leur sont attribuées. Ils seront vert clair s'ils correspondent à une partie du volume placé vers l'écran ; le vert sera moins soutenu s'ils concernent une surface orientée vers le fond. Cela permet d'accentuer l'effet de volume.

Enfin, une fois ces 23 passes – que nous avons nommées "tranches" – effectuées, le programme rebouclera sur lui-même et demandera si l'on souhaite visualiser la forme sous un autre angle. Si tel est le cas, il suffira d'indiquer la nouvelle valeur et de la valider par "Entrée" pour que le nouveau tracé soit effectué.

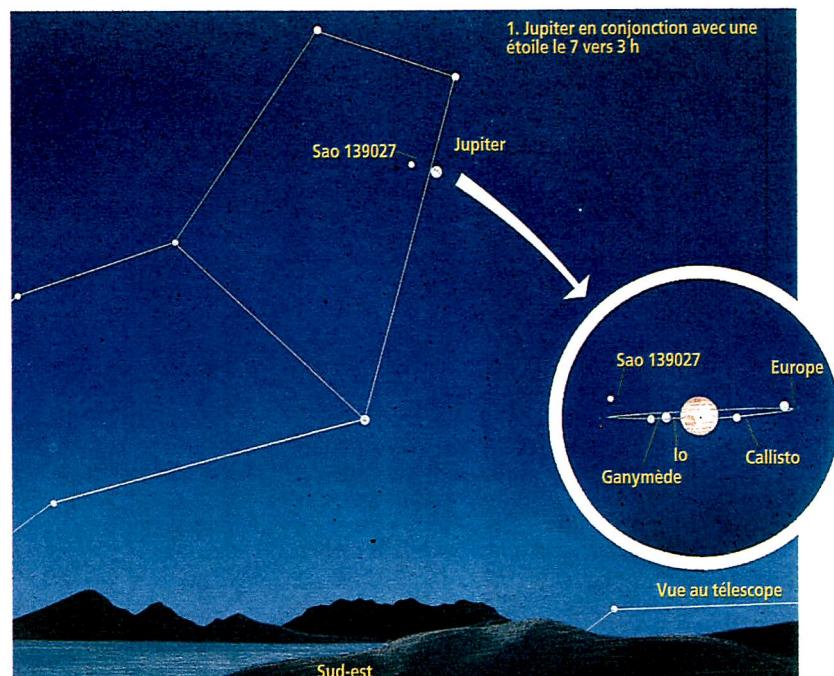
La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier. De même, son utilisation est des plus simples ; il suffit de suivre les instructions présentées à l'écran tout au long de son exécution pour mener à bien le tracé. Enfin, étant donné le faible nombre de lignes qu'il comporte, il ne possède, au départ, qu'une puissance très limitée. Cependant, augmenter le nombre de points de saisie de la génératrice ou le pas de l'incrémentation du tracé est extrêmement simple. Il suffira de modifier en conséquence le dimensionnement des tableaux de mémorisation.

Enfin, si la programmation 3D vous passionne vraiment, il vous sera possible, mais c'est là une tout autre tâche, de réaliser des effets de lumière sur la forme obtenue ou, par exemple, de la faire pivoter dans un plan quelconque. Bon courage...

Henri-Pierre Penel

JOURNAL DE L'ASTRONOME

Le ciel en 1993



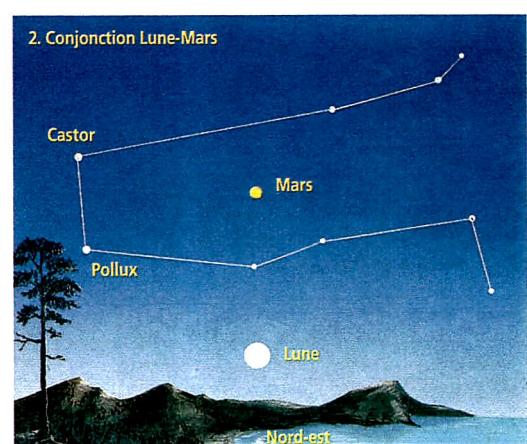
Quels sont les spectacles astronomiques que nous réserve le ciel en 1993 ? Une question à laquelle il est facile de répondre grâce aux nombreuses éphémérides et aux programmes astronomiques maintenant à la disposition des amateurs. Cependant, ces sources d'informations précises et détaillées ne permettent pas d'avoir une vue d'ensemble des grands moments célestes. C'est donc cette information plus générale que nous allons essayer de vous donner dans ce numéro.

Les planètes. Gravitant en moyenne à 50 millions de kilomètres du Soleil, Mercure est la planète la plus proche de celui-ci. Elle ne s'écarte jamais beaucoup de l'astre du jour et reste donc difficile à observer. Les périodes les plus favorables sont les élongations maximales, moments où

l'angle apparent qui sépare les deux astres atteint sa plus grande valeur. En 1993, ce sera en février, avril, juin, août, octobre et novembre. Toutes ces élongations ne sont pas d'un intérêt égal car il faut aussi tenir compte de la hauteur de Mercure au-dessus

de l'horizon. C'est en février, aux alentours du 21, que sa position sera optimale et qu'on portera le maximum d'attention à l'observation de la petite planète.

Vénus est une magnifique "étoile du berger" dans le ciel du soir en ce début d'année.



Elle se couche plus de quatre heures après le Soleil et sera donc facilement observable. Elle restera bien visible le soir jusqu'à fin mars, date de sa conjonction inférieure avec le Soleil. Elle sera alors inobservable, pour reparaître dans le ciel matinal une quinzaine de jours plus tard. Le 19 avril, on assistera à une conjonction remarquable entre la Lune et Vénus, qui ne seront séparées que par un demi-degré. Vénus restera un astre étincelant dans l'aurore jusqu'à l'automne, puis se rapprochera peu à peu du Soleil pour disparaître en fin d'année.

Mars est la vedette de ce début 1993. C'est en effet le 7 janvier que la planète rouge sera en opposition au Soleil. Ce sont là les meilleures conditions d'observation depuis deux ans. Le diamètre apparent sera de presque quinze secondes d'arc, autorisant l'observation des détails de la surface martienne dans les instruments d'amateur. Ces circonstances favorables dureront jusqu'à la mi-février. Ensuite, la distance entre Mars et la Terre augmentant, son diamètre apparent décroîtra rapidement. On pourra cependant suivre Mars dans le ciel du soir jusqu'en septembre. La prochaine opposition aura lieu en 1995 mais elle sera moins favorable que celle-ci. En fait, nous ne retrouverons une meilleure situation qu'à partir de 1999, une bonne raison pour l'observer attentivement cette année !

Jupiter est actuellement bien visible toute la seconde moitié de la nuit. Elle devient de mieux en mieux visible au fur et à mesure qu'on se rapproche de son opposition au Soleil, fin mars. La planète géante restera bien observable jusqu'à fin août, disparaissant alors à nos yeux pour revenir dans le ciel du matin

au début décembre. Jupiter est une planète toujours passionnante : qu'on observe les variations de ses bandes ou le ballet quotidien de ses satellites galiléens, le spectacle est garanti.

Saturne, en opposition le 19 août, sera la planète vedette de l'été prochain. En fait, elle deviendra observable le matin à partir de mars, puis brillera toute la nuit de juillet à septembre et sera visible dans le crépuscule jusqu'à la fin de l'année. Le système des anneaux de Saturne sera encore bien observable mais, petit à petit, il se refermera. En 1993, le petit axe variera de 7 à 10 secondes d'arc alors que, l'an passé, il atteignait 12 secondes et que la valeur maximale est de 19 secondes ! Cette valeur va diminuer jusqu'en 1995, époque à laquelle la Terre passera exactement dans le plan des anneaux ; ceux-ci seront alors invisibles.

Les deux planètes lointaines, Uranus et Neptune, jouent cette année un ballet exceptionnel et rare. Le 20 avril, pour la première fois depuis leur découverte, elles vont être en conjonction héliocentrique, c'est-à-dire exactement alignées par rapport au Soleil. La précédente conjonction héliocentrique avait eu lieu en 1821 mais Neptune ne fut découverte qu'en 1846 ; quant à la prochaine fois, ce sera en 2164 ! Les deux planètes "navigatoront" à proximité l'une de l'autre toute l'année et nous offriront une triple conjonction, une ce mois-ci, et deux en septembre prochain. A chaque fois, à peine plus d'un degré les sépareront. Uranus et Neptune évoluent dans le Sagittaire, pas très loin de l'étoile Khi et la meilleure période d'observation va de mars à octobre.

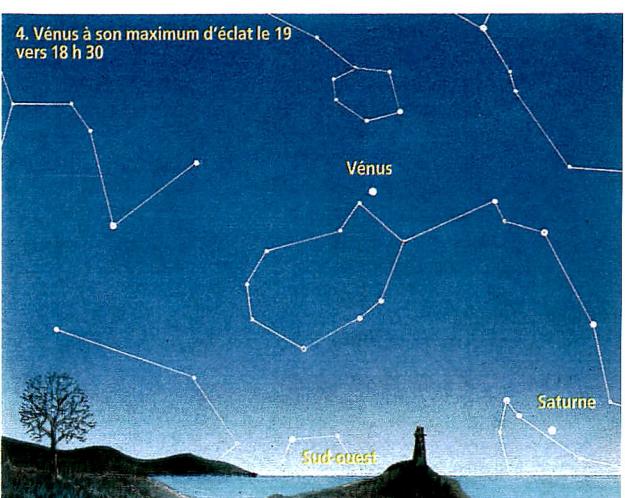
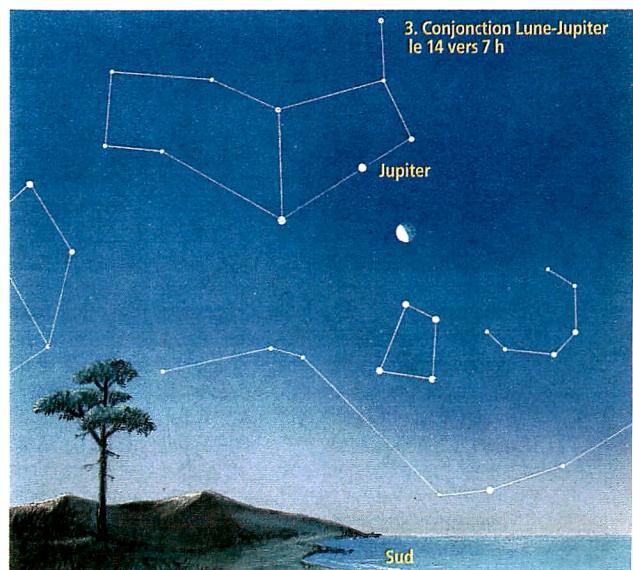
La Lune. Notre satellite est une source d'émerveillement

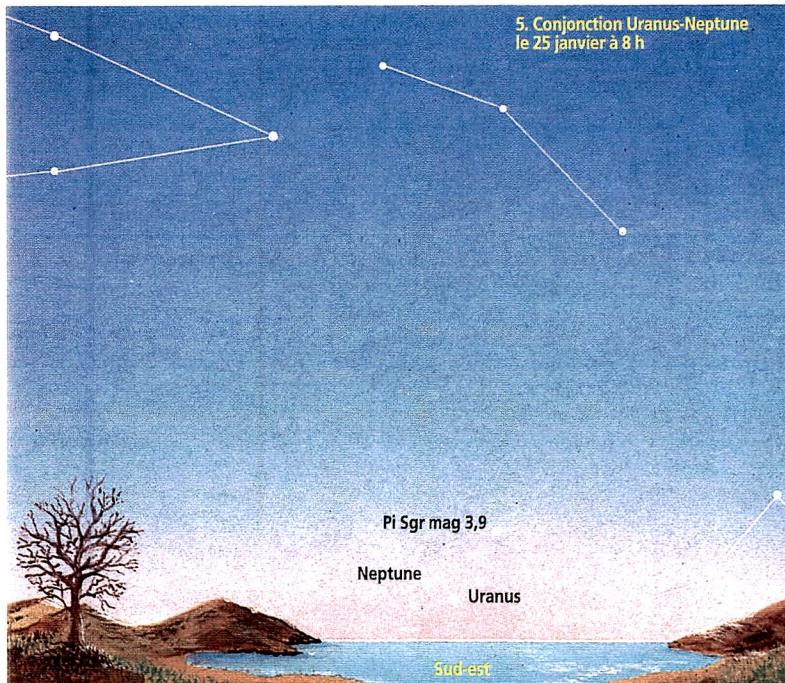
sans cesse renouvelé pour l'amateur. Les éclairages n'y sont jamais les mêmes et l'aspect des paysages lunaires change constamment. L'exploration de son relief avec une lunette ou un télescope, si modeste soit-il, peut s'effectuer tout au long des phases, au fil des mois. Toutefois, comme pour toutes les observations astronomiques, les meilleures images sont obtenues lorsque la Lune est au plus haut dans le ciel. Cette

année, les moments les plus favorables seront les suivants :

- Premier quartier : mars, avril.
- Fin croissant du soir : mars, avril, mai.
- Fin croissant du matin : avril, juin, juillet, août.
- Dernier quartier : août, septembre, octobre.
- Pleine Lune : janvier, février, novembre, décembre.

Certaines phases coïncideront avec le périple lunaire, c'est-à-dire le moment où la





Lune est au plus près de la Terre et présente alors le diamètre maximal. Ce sera le cas lors de la pleine Lune du 8 mars ainsi que lors du premier quartier du 25 juin.

Il est théoriquement possible d'observer un très fin croissant lunaire treize heures avant ou après la nouvelle Lune. Les tentatives de record auront des chances de réussir, si l'horizon ouest est parfaitement dégagé, dans la soirée du 24 mars, 22 avril, 20 juin et 17 septembre. Pour un fin croissant du matin, donc avant la nouvelle Lune, il faudra scruter l'horizon est le 17 août ou le 12 novembre.

Les éclipses. Quatre éclipses cette année : deux de Soleil et deux de Lune. Les deux éclipses de Soleil seront partielles et malheureusement invisibles de métropole. La première, le 21 mai, intéressera le Nord de l'Amérique du Nord, la zone arctique, le Nord de l'Europe et de la Sibérie. En Europe, la limite sud passera par

l'Ecosse, les Pays-Bas, l'Allemagne, la Pologne et la Roumanie. La seconde, le 13 novembre, sera visible depuis une partie de l'Australie, la Nouvelle-Zélande, le Sud de l'Amérique du Sud et l'Antarctique. La Lune sera totalement éclipsée le 4 juin. Le phénomène sera observable depuis l'Est de l'Asie, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, l'océan Pacifique et l'Ouest de l'Amérique du Nord. Enfin, dernière éclipse de l'année le 29 novembre, avec une totale de Lune, presque entièrement visible depuis la France puisque seules les deux

ou trois dernières minutes de la sortie de la pénombre nous échapperont.

Au chapitre éclipse, signalons également un phénomène rare : le passage de Mercure devant le disque solaire le 6 novembre. Il faudra se déplacer dans l'hémisphère sud ou en Asie pour suivre cette "éclipse". Nous en reparlerons plus en détail dans un prochain numéro.

Comètes et météores.

Parmi les comètes dont on attend le retour, une seule devrait atteindre une magnitude plus brillante que 10 et, donc, être facilement observable avec de petits instruments, voire une simple paire de jumelles. Il s'agit de la comète Schaumasse. Attendue dès le début de ce mois aux alentours des Pléiades avec une magnitude 8,6, elle se déplacera ensuite vers Persée et le Cocher. On devrait la suivre jusqu'à fin avril, avec un maximum d'éclat prévu début mars (magnitude de 7,4).

La redécouverte, à la fin de 1992, de la comète Swift-Tuttle associée à l'essaim d'étoiles filantes des Perséides laisse penser que cet essaim pourrait être particulièrement actif cette année. On scrutera donc le ciel avec attention aux alentours du 10 août, avec le secret espoir d'assister à une belle pluie de météores !

Phénomènes de janvier.

Le 6, Jupiter sera en conjonction avec une étoile de magnitude 6,5 : SAO 139027. L'écart entre la planète et l'étoile sera de cinq minutes d'angle seulement. Ce jour-là, on pourra observer, entre 4 h 26 et 7 h 25, le passage de l'ombre du satellite Ganymède ; on constatera alors qu'il y a cinq points alignés : les quatre satellites et l'étoile (figure 1).

Le 8 en soirée, la pleine Lune et Mars seront en conjonction. Les deux astres formeront un beau triangle avec Pollux des Gémeaux sur l'horizon nord-est (figure 2).

C'est le 14 que la Lune sera en conjonction avec Jupiter. A suivre au-dessus de l'horizon sud le matin avant le lever du Soleil. Le même jour, Vénus sera en conjonction rapprochée avec Lambda du Verseau. Cette étoile de magnitude 3,8 se trouvera à onze minutes de la planète (figure 3).

Vénus, qui brillera de tous ses feux, sera à sa plus grande élongation est le 19. Tandis que Saturne se couchera rapidement, Vénus illuminera le ciel sud-ouest plus de 4 h 20 après le coucher du Soleil (figure 4).

Enfin, c'est le 25 que se déroulera la première des trois conjonctions Uranus-Neptune. Il faudra s'aider de jumelles pour repérer les deux planètes noyées dans les lueurs de l'aurore au sud-est, peu avant le lever du Soleil.

Bonne année astronomique à tous !

Yves Delaey



VILLAGES D'ENFANTS S.O.S.

J'aide l'enfance en détresse.

Partout dans le monde, victimes de guerres, de catastrophes naturelles, de mauvais traitements, des millions d'enfants sont livrés à eux-mêmes. Partout dans le monde, les villages d'enfants s.o.s. accueillent des frères et sœurs en détresse et les confient, jusqu'à leur majorité, à une mère s.o.s. Elevés dans leur culture, dotés d'une solide formation, ils deviennent des adultes autonomes de leur pays. La Fédération Internationale des villages d'enfants s.o.s., présente dans 106 pays, constitue la première ONG au service de l'enfance.

**En parrainant
un village
s.o.s.,
vous
pouvez
aider
des enfants
démunis
du monde
entier
à vivre
heureux.**



Je parraine un village d'enfants s.o.s.

Je coche ci-dessous la case correspondant au village de mon choix :

AFRIQUE

- Antananarivo (Madagascar)
- Bamako (Mali)
- Abobo-Gare (Côte d'Ivoire)
- Kara (Togo)
- Imzouren (Maroc)

EUROPE

- Sibiu (Roumanie)
- Bucarest (Roumanie)

AMÉRIQUE

- Tégucigalpa (Honduras)
- Esmeraldas (Équateur)
- Quito (Équateur)
- Port-au-Prince (Haïti)

ASIE

- Choglamsar (Inde)
- Pokhara (Népal)
- Dalat (Vietnam)
- Vinh (Vietnam)



MPASV/93

**VILLAGES D'ENFANTS S.O.S.
DANS LE MONDE**

6, Cité Monthiers 75009 Paris.

Tél : 45 26 71 79

Je vous adresse dès aujourd'hui mon premier versement de 150 F

- par chèque bancaire à l'ordre des "Villages d'enfants s.o.s. dans le monde".
- Je m'engage à verser 150 F par mois à ce village, tout en restant libre d'arrêter mon parrainage à tout moment.
- Je désire recevoir un formulaire de prélèvement automatique sur mon compte bancaire.
- Je ne souhaite pas parrainer un village, mais vous adresse un don deF

Votre réduction d'impôt : 50% de votre don pour la part inférieure ou égale à 540F ; 40% pour la part supérieure à 540F (dans la limite de 5% du revenu imposable.)

LIVRES



A.R. et E.R. Allgeier
Sexualité humaine
Berlin, 706 p., 325 F.

Vingt-deux chapitres, un glossaire des noms, un autre des sujets, des références bibliographiques remarquablement riches, des illustrations et, surtout, une grande objectivité dans le ton. Voilà donc, à notre avis, l'un des ouvrages les plus complets sur une question rebattue.

On trouvera aussi bien une description de l'évolution des idées médicales en matière de sexologie, un savoureux rappel de l'opposition de l'Académie américaine de médecine, en 1851, à l'enseignement de l'obstétrique, qu'une étude de l'exploitation commerciale de la sexualité et une autre de la prostitution. Cela rappelle un peu la boutade de Woody Allen sur tout ce qu'on a toujours voulu savoir.

L'ouvrage est (bien) traduit de l'américain, et ne présente pas trop de ces défauts propres à ce genre de transcription. L'objectivité nous semble parfois poussée un peu loin, comme dans les ré-

férences à Wilhelm Reich, « prophète d'une libération sexuelle » totalement extravagante (et s'inspirant d'une pseudo-biologie de la plus folle fantaisie).

Et comme dans toutes les tentatives d'information encyclopédique et systématique de ce genre, les auteurs ne résistent pas assez à ce que l'on peut appeler le bavardage scientifique : c'est celui où, pour rester objectif, on cite des faits, souvent contradictoires, et qui ne permettent pas de se faire une idée sur le sujet. Ainsi, on apprend, à propos de l'homosexualité, que les homosexuels masculins ont parfois des taux de testostérone insuffisants, mais que dans l'ensemble, ils ont des taux normaux ou supérieurs.

C'est ce que l'on peut aussi bien dire des hétérosexuels. Sur les causes profondes du particularisme qui veut qu'un homme soit attiré par un autre, on n'en sait pas plus au bout de plusieurs dizaines de pages.

Les illustrations ne sont sans doute pas inintéressantes, mais certaines peuvent... surprendre des lecteurs pudibonds. **Gérald Messadié**

Christophe Izard,
Véronique Bellon
et Francis Sevilla

Vision artificielle dans les industries agro-alimentaires

Ed. du CEMAGREF, BP 22,
92162 Antony Cedex, 280 p.,
300 F.

Malgré son titre limitatif, ce guide s'adresse aux gestionnaires, techniciens, étudiants, bref, à tous ceux qui sont susceptibles de s'intéresser à l'exploitation de la vision artificielle dans les laboratoires et les industries. Trois parties composent l'ouvrage : les méthodes, les techniques et les choix.

Les industries alimentaires ne sont à la limite qu'un exemple de l'intérêt présenté par cet instrument extraordinaire d'amélioration de la production qu'est la vision artificielle ; c'est-à-dire le remplacement des contrôles visuels par une nouvelle génération de contrôles automatiques. Le CEMAGREF (Centre national de machinisme agricole, du génie rural et des eaux et forêts) de Montpellier étudie et pratique depuis une dizaine d'années le traitement des images, en étroite collaboration avec l'industrie. C'est le savoir-faire acquis par cet organisme que les auteurs décrivent ici.

L'ouvrage traite en particulier des techniques d'éclairage, des caméras, des unités de numérisation et de la théorie du traitement d'image. Regroupant quantité d'informations techniques jusqu'alors difficiles à obtenir, il donne tous les éléments nécessaires à l'intégration raisonnée d'une machine de vision artificielle (méthode de choix, cahier des charges, etc.). Pour faciliter la mise en œuvre de cette nouvelle technologie, les auteurs font le point sur l'offre présente sur le

marché français et fournissent la liste complète des sociétés travaillant dans le domaine de la vision artificielle appliquée au secteur agro-industriel. On voit le bénéfice que les consommateurs, de plus en plus exigeants, peuvent en tirer.

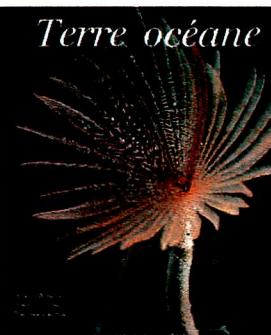
Gérard Morice

Philippe Bouchet,
Claude Huyghens et
Françoise Danrigal
Terre océane

Imprimerie nationale, alb. coul.
192 p., 550 F (480 F jusqu'à la
fin décembre).

Voilà un ouvrage qui donne envie de partir séance tenante pour la Bretagne. On connaîtait à cette région beaucoup d'attrait, *Terre Océane* nous en révèle un nouveau : la richesse de la faune vivant dans l'estran, cette frange du littoral délimitée par le niveau de la marée basse et celui de la marée haute.

Maître de conférences au laboratoire de biologie des invertébrés marins et de malacologie (étude des mollusques) du Muséum national d'histoire naturelle, Philippe Bouchet raconte dans un style très vivant le travail du chercheur, arpenteur de grèves, ramasseur de coquillages. L'auteur a participé à des expéditions lointaines, de Bornéo aux grands fonds de la mer de Corail, mais les rivages



d'Europe le combinent plus que tous les autres :

«Les estrans de l'Atlantique et de la Manche constituent cette Terre océane qui offre au biologiste marin des amplitudes de marée parmi les plus importantes du monde ; un chapelet de laboratoires maritimes et de stations de recherche ; une tradition d'histoire naturelle et d'observations, un savoir naturaliste accumulé depuis près de deux siècles.»

Une centaine de photographies, fruits d'un travail de quatre années mené par Claude Huyghens et Françoise Danrigal, révèlent les aspects les plus spectaculaires de ce petit monde à la fois étrange et familier. Le premier mérite de cet ouvrage est de montrer que notre littoral, lieu de loisirs, est aussi un formidable lieu de science. **Edouard Launet**

Julien Roux **Votre minitel est génial**

Progress, 80 p., 58 F.

Un nouvel éditeur, dont l'objectif est de publier toute une série de guides pratiques sur des thèmes de la vie quotidienne : voyage, santé, psychologie, sexualité, informatique, cela mérite d'être signalé et encouragé. Or, cet éditeur est aussi l'auteur de cet ouvrage.

Le sujet est en or. Six millions de foyers sont équipés de minitels qui proposent quelque 17 000 services. Mais, constate France Telecom, 43,5 % des utilisateurs s'estiment encore mal informés des services accessibles par minitel, et 26 % d'entre eux maîtrisent encore mal son maniement. Mis à part l'annuaire électronique et quelques grands services très connus, on navigue dans le flou.

Cet opuscule explique bien clairement l'univers de la télématique, en dévoile son manie-

ment, donne les "trucs" pour aller plus vite et dépenser moins en temps de connexion. Il est plus discutable quant à sa sélection des services qui «apportent vraiment quelque chose à l'utilisateur, pour lui éviter de dépenser de l'argent en testant, avant de trouver le bon, les services sans aucun intérêt.»

Là, 30 services signalés sur 17 000, c'est vraiment insuffisant, sinon partial. Pourquoi, par exemple, dans la rubrique "Les affaires", trouve-t-on "Euridile", certes très intéressant (toutes les informations sur les entreprises immatriculées au registre du commerce), mais pas "Ici Marques", qui informe sur toutes les marques déjà déposées, et donc sur la liberté qu'on a, ou non, d'en user – sachant que la France est le pays champion en matière de dépôts de marques ? Et pourquoi seulement "Money" pour la Bourse, et pas "Investir", "Cote Desfossé" ou "Eco A2", tout aussi performants ?

L'auteur dit avoir passé deux cents heures à tester l'offre de 500 services. C'est trop peu. Le premier guide de cette nouvelle collection appelleraient, si nous étions pédants, le commentaire : «Bien, mais peut et doit mieux faire.» **G. Mo.**

"Encyclopédie visuelle bilingue"

Toutes les plantes
L'Aventure
de l'automobile
Les Habits
de l'histoire

Gallimard, 3 vol. reliés, ill. coul., 63 p., 115 F chacun.

On croyait avoir (presque) tout vu en matière d'édition, et puis non : voilà que Gallimard, qui avait déjà réalisé ces deux réussites exceptionnelles que sont les collections "Découvertes" et "Les yeux

(suite du texte page 152)



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

Consultation gratuite ou documentation envoyée sur demande

NOM
ADRESSE
S.V. 1.93

DIPLOMES DE LANGUES

anglais allemand espagnol italien

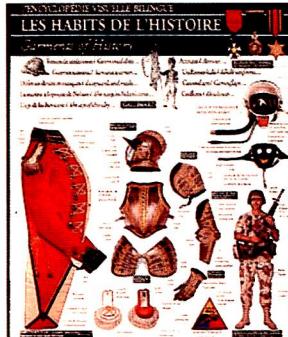
Visez européen !

Assurez-vous la maîtrise d'au moins deux langues étrangères, et une compétence linguistique opérationnelle, sanctionnée par des diplômes officiels :

- o **Examens européens de langues**
 - o **Chambre de Commerce Etrangères**
 - o **Université de Cambridge**
- Examens, diplômes, préparation tous niveaux accessible à tous, dans toute la France... Tout est dans la documentation complète (et gratuite !) de :*

LANGUES & AFFAIRES, sce 5342
35, rue Collange - 92303 Levallois.

Tél. : (1) 42.70.81.88



de la découverte", récidive avec bonheur : nous voulons parler de l'"Encyclopédie visuelle bilingue".

Même qualité quasi parfaite d'impression, mêmes intelligences et bonheur dans le choix des illustrations, même sens tactile de celles-ci, même clarté du propos ; et, de plus, c'est bilingue, anglais-français. C'est-à-dire qu'on peut, si l'on est anglais, apprendre le français grâce aux équivalences de phrases et de mots placées en regard ; ou, si l'on est français, apprendre de même l'anglais, dans une leçon de choses sans larmes. Que les francophones d'outre-Manche et nos anglophones nationaux ne s'offusquent pas : l'occasion est rare d'apprendre aussi commodément que la nervure principale d'une feuille s'appelle *midrib*, que le carter arrière d'une voiture se nomme *tail housing*, et qu'une lame articulée de genouillère se dit *articulated lame for poleyn* (tiens, Anne de Boleyn était donc Anne de

la Genouillère !).

Or, ce n'est pas seulement didactique, c'est amusant, et le plaisir de déshabiller un amiral de la marine royale britannique vers 1815 vaut son poids de boulets d'époque. Comme le plaisir d'apprendre le mot "tépale" dans la description de la *Gloriosa superba* (en fait, *Gloriosa rothschildiana*). Ou le démontage quasi intégral de la Renault Clio. Cela vaut une très bonne émission de télévision.

G.M.

Nicole Blanc et Anne Nercessian
La cuisine romaine antique

Glénat-Faton, alb. coul., 224 p., 398 F.

Le sujet, à la fois anthropologique et diététique, a déjà fait l'objet d'études savantes, mais c'est le premier album illustré qui lui soit consacré.

Ceux qui ne sont pas familiers avec la civilisation romaine seront surpris par la variété et le raffinement de sa cuisine. Les façons d'accommoder la volaille et le poisson, mais aussi les légumes, les céréales, les fruits, les laitages, témoignent d'une recherche de "fondant" et de contraste des goûts. De l'oiseau farci aux olives vertes et de la sauce pour volaille au céleri, jusqu'au fromage grillé de Trebula et aux pâtes de fromage à base d'épices, on ne peut qu'admirer la richesse d'invention des cuisiniers antiques. Richesse qui fit d'ailleurs l'objet de semences de la part des philosophes stoïciens.

A l'exception du porc, de l'agneau, du chevreau, la viande de boucherie seule fait pâle figure, car le bœuf n'était pas élevé pour sa viande et les bouchers ne vendaient donc que des bêtes vieilles ou malades. Mais le porc, lui – jambonneau, jambon et quartiers salés –, fai-

sait fureur, les auteurs ne le disent pas assez, et comme l'élevage des porcs était facile et que la consommation en était assurée, la région extra-muros de la Ville éternelle devint vite une vaste porcherie.

Cet album, très richement illustré et qui comprend de très nombreuses recettes de plats antiques, devrait intéresser les cuisiniers aussi bien que les historiens, les archéologues aussi bien que tous les lecteurs éclairés.

G.M.

**Sous la direction de
Philippe Arnold
Cigognes**

La Nuée bleue, 142 p., 290 F.

Vénérées des Alsaciens, parce qu'elles présentent le bonheur, mais aussi des Arabes, parce qu'elles se posent régulièrement à La Mecque, les cigognes reviennent actuellement en force sur clochers et minarets. Dans les années soixante, leur effectif était pourtant au plus bas (des 177 couples présents en Alsace en 1947, il n'en subsistait plus que 9 en 1974), non "par manque de grenouilles", comme on l'avait cru, mais parce qu'elles avaient de plus en plus de mal à effectuer le parcours du combattant que constitue la migration annuelle. Entre les lignes électriques, la chasse, la sécheresse au Sahel, il reste peu de chances, en effet, à une cigogne d'effectuer indemne un aller et retour de douze mille kilomètres environ.

D'où l'idée de repeupler l'Alsace avec des cigognes élevées en enclos et dont on aurait aboli l'instinct migratoire. Aujourd'hui, on a réussi à fixer une centaine de couples, originaires d'Algérie. A partir de ces derniers, utilisés comme reproduc-teurs, on envisage même de reconstituer une population de cigognes sauvages migrantes. Pour limiter les accidents, EDF a

décidé, en 1990, d'équiper de gaines en plastique protectrices tous les pylônes situés dans un rayon d'un kilomètre et demi autour des enclos ou des sites de nidification.

Au-delà du folklore, il faut bien comprendre, et c'est le message de cet ouvrage, que la cigogne est un animal utile à l'équilibre écologique (il fait la chasse aux serpents, aux mulots et à toutes les vermines) et un précieux outil d'étude pour l'ornithologue. En équipant des cigognes de balises Argos, on a pu connaître exactement leur trajet migratoire vers l'Afrique, par les détroits de Gibraltar et du Bosphore ; une étude réalisée au CNRS de Strasbourg sur une puce électronique, placée sous la peau du volatile, permettra peut-être de mettre en évidence une éventuelle relation entre prise de nourriture et phénomène migratoire.

Aggrémenté de contes et légendes d'Alsace et de très belles gravures et dessins de Régamey, Hansi, Pinchon, Doré et Whymper, cet ouvrage est un réel plaisir pour les yeux et l'esprit.

Pierre Rossion

Cahiers du Cercle Ernest Renan

N° 180, sur abonnement, 7 av. Wilson, 93100 Montreuil.

Le numéro 180 des *Cahiers du Cercle Ernest Renan* vient de paraître. Il contient, comme tous les précédents numéros, des articles d'une grande érudition, une étude de Gys-Devic sur l'attitude de l'historien Flavius Josèphe à l'égard de Jésus, une étude historique d'André Brisset sur des phénomènes mystiques oubliés du XV^e siècle, et enfin, une étude de J.K. Watson sur les influences essénienes au I^e siècle de notre ère (les Esséniens formaient une secte juive).

Consacrée à l'histoire des re-

ligions, dans laquelle Renan brilla de feux qui durent, cette publication bimestrielle a quarante ans. Elle gagne à être connue du public qui apprécie la recherche historique dans ce domaine, car son érudition, mais aussi son originalité sont remarquables. Elle n'est disponible que sur abonnement (220 F par an) et l'on peut se faire communiquer les numéros des années précédentes.

G.M.

Michael Crichton Le Parc jurassique

Robert Laffont, 440 p., 120 F.

On rêve parfois d'un livre qui, par le biais de la fiction, emmènerait sans douleur son lecteur au pays des sciences afin de lui faire connaître les plus récentes découvertes et de lui en faire comprendre les enjeux. *Le Parc jurassique* a non seulement réussi ce tour de force, mais rendu le voyage palpitant.

E.L.

Brutalement résumé, l'ouvrage semblerait relever d'une banale science-fiction : «Un riche américain crée sur une île du Costa Rica un parc zoologique dont la principale attraction sont des dinosaures vivants, issus de savantes manipulations génétiques. Mais les choses tournent mal...» On pourrait aussi dire du livre que c'est un pur produit des recettes du best-seller, avec rebondissements garantis sur facture. Guère plus encourageant ! Enfin, on pourrait énoncer la liste des thèmes "traités" par Crichton : la paléontologie, le chaos déterministe, la diversité biologique, les interfaces homme/machine, le génie génétique, l'ascension des pionniers californiens des biotechnologies, etc. De quoi décourager le profane.

Si, considérées séparément, ces trois approches ne sont

guère séduisantes, réunies, elles composent un cocktail savoureux. Car Crichton possède, en plus d'un bon bagage scientifique (un diplôme de la Harvard Medical School), un solide métier d'écrivain. Auteur du célèbre *la Variété d'Andromède (Andromeda Strain)*, l'homme a fait ses preuves dans le domaine du suspense comme dans celui de la rigueur scientifique. Cela vaut aujourd'hui au *Parc jurassique* le double honneur d'être porté à l'écran par Steven Spielberg et d'être cité par la revue américaine *Science* (25 septembre 1992) comme l'illustration d'une discipline émergente, la paléontologie moléculaire. A savoir l'étude d'espèces disparues à partir de leur ADN fossile (voir *Science & Vie* n° 859, p. 29). En dire plus serait priver le lecteur d'une cascade de surprises qui le tiendront éveillé jusqu'à une heure avancée de la nuit.

E.L.

Jean-Pierre Cahier Les Objets de l'informatique

Du May, 96 p., 190 F.

L'ensemble de la "faune informatique" est passée en revue, des ordinateurs-dinosaures à la carte à puce. On y apprend que «si les Winchester [ce sont des disques durs] ne servent pas à chasser les souris, ils ont bien failli assassiner la bande magnétique avant d'être eux-mêmes mis en jeu par les DON en juke-box ! Bref, dans cet écosystème *high tech*, où l'espérance de vie n'excède que rarement deux ans, la lutte est rude. Une œuvre pleine d'humour qui permettra de faire le point à l'heure où les puces envoient nos demeures, nos voitures et nos poches sous forme de jeux vidéo et de cartes de crédit en tout genre.

H.-P. Penel

(suite du texte page 154)

LA CULTURE GENERALE

clé de votre réussite aujourd'hui !

Oui, dans toutes vos relations, pour tous les emplois, on vous jugera sur votre culture. Votre réussite professionnelle et personnelle en dépendent.

Oui, grâce à la Méthode de Culture Générale de l'ICF, claire et pratique, vous pouvez en quelques mois compléter vos bases, acquérir plus de confiance et une bien meilleure aisance, affirmer votre personnalité et être à l'aise dans tous les milieux.

20 cours (Arts, littératures, droit, philosophie, économie, sciences, politique, etc...). Le parcours santé de l'équilibre et de la réussite, accessible à tous.

Documentation gratuite à : Institut Culturel Français, Service 7227, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63



BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7227
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom :

Adresse :

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas)
Couvertur e : S. Botticelli, *la Naissance de Vénus*, Florence, Musée des Offices/Giraudon - G. Moreau/Jet Set Sigma jp. 2-3 : R. König/Jacana - CNRI - Mary Evans Picture/Explorer - DR - AAO/D. Malin/Ciel & Espace - A. Reiser/Studio X ; p. 6/12 : Finzo - DR ; p. 13 : Liaison Gamma ; p. 15 : H. Schneider/WWF - M.-A. Sasse/Sipa ; p. 17 : G. Lacz-STR/Sunset ; p. 18-19 : ESO - Denegeger/Jacana ; p. 22-23 : ROE/AAO/D. Malin/Ciel & Espace ; p. 24 : D. Galland ; p. 26-27 : ESO/Ciel & Espace ; p. 29 : L. Cranch, *Adam et Ève*, Besançon/ERC-Sipa Icône ; p. 30-31 : D. Kirkland/Sympa - C. Heilman - Allard / REA ; p. 33 : C. Heilman ; p. 34-35 : I. Python ; p. 36 : Egypte, XIX Dyn, Thèbes, Vallée des Reines - Art grec, Diana de Gabies, Paris, Musée du Louvre/Giraudon ; p. 37 : G. Lanzi/Vandystadt ; p. 38-39 : M. Gaußen/Sipa - M. Philippot/Sympa - J. Arthur-Reflex/Rea - Heptic/Saba/Rea - Grégoire/Rea - C. Leroy/Sipa - Sipa - G. Rolle - Impress - M. Bruwier/Sipa ; p. 40-41 : Grégoire/Rea, *Ulysse et Pénélope*, -450 av. J.-C., Paris, Louvre - P. Rocher/Jerican ; p. 42-43 : I. Python ; p. 44-45 : DR - Cell ; p. 46-47 : D. Bazin ; p. 49 : M. Toscas/Galerie 27 ; p. 50-51 : A. Mayer - R. Maass/Sipa - Inst. Pasteur/CNRI ; p. 53 : Harlingue-Viollet ; p. 54-55 : O. Blaise/GLMR - CNRI ; p. 57 : White Star/ Sipa - CNRI ; p. 58-59 : A. Mayer, source Inserm - CNRI - DR - C. Heilman ; p. 60-61 : DR - C. Heilman ; p. 64-65 : C. Verstraeten - D. Lainé ; p. 67 : Roux/Jacana - C. Verstraeten - Roux/Jacana ; p. 68-69 : Roger-Viollet - Bridgeman/Giraudon ; p. 71 : A. Mayer ; p. 73 : d'après *le Messager céleste*, Galilée, Les Belles Lettres ; p. 74-75 : A. Meunier - Streichen/Zefa ; p. 76/78 : I. Corréa ; p. 79 : G. M. Baur ; p. 81 : CRISS & GDPC (UM II, Montpellier) ; p. 82-83 : I. Python - CERN ; p. 84-85 : Fourny/D. Maillac-Leindorfer/Rea - Bamboo/Sipa ; p. 86-87 : R. Gaillard/ Gamma - Allard/Rea ; p. 88-89 : R. König/Jacana - Varin/Visage/Jacana ; p. 90-91 : Ph. Plailly - Th. Sevenet ; p. 93 : Bellavia/Rea ; p. 94-95 : I. Python - Bellavia/Rea ; p. 96-97 : M. Dewanckel ; p. 99 : DR ; p. 100-101 : Novosti - P. Bon - A. Reiser/ Studio X ; p. 102-103 : G. Marié - A. Reiser/Studio X ; p. 106-107 : A. Paringaux - Airbus Indus. ; p. 110-111 : DREIF - M. Marie ; p. 112-113 : DREIF - M. Marie ; p. 114-115 : Nicolas Vial ; p. 118-119 : DR ; p. 120/122 : DR ; p. 123/131 : N. Pamphilatides - DR ; p. 132/137 : DR - E. Malemanche ; p. 139 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 140-141 : M. Roux-Saget ; p. 142 : M. Toscas ; p. 145 : E. Malemanche ; p. 146/148 : M. Roux-Saget ; p. 150 : Nicolas Vial - DR ; p. 152-154 : DR ; p. 156 : Finzo.

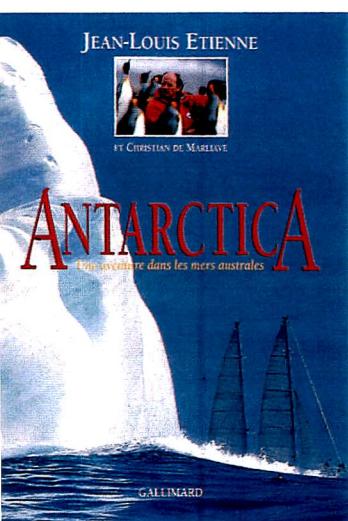
Jean-Louis Etienne et
Christian de Marliave
Antarctica

Gallimard, alb. coul. 191 p., 198 F.

Ron Naveen, Colin
Monteath, Tui de Roy
et Mark Jones

Eternel Antarctique

Solar, alb. coul. 223 p., 180 F.



Aventure, aventure ! Deux albums d'un coup sur le pôle Sud ! Le premier est un journal de bord de baroudeurs spécialisés, Etienne et Marliave, qui ont rallié l'Antarctique, en bateau évidemment, par la Patagonie, sans oublier les Malouines. Ce qui vaut au lecteur des notes un peu moins froides et des photos inattendues, comme celle de la reconstitution, dans le musée local, d'une épicerie des Malouines en 1930. L'ensemble est un savoureux salmigondis de notes d'anthropologie, de sociologie, de zoologie et de coups de frais. Ce qu'on appelait autrefois un carnet de voyage.

Le second album est tout aussi riche de notations et de

récits, un peu moins familiers et un peu plus romantiques tout à la fois, comme il convient à des auteurs anglo-saxons. Les thèmes sont plus spécifiquement polaires, et l'on y découvre, p. 98-99, par exemple, les formes exceptionnellement variées que peuvent revêtir les glaces, stalactites serrées comme des faisceaux d'arquebuses ou formations serpentines évoquant un bois exotique.

Manchots, baleines, phoques de Weddell, lions de mer, labbes, pétrels, garous clownesques, paysages lisses ou hérisse, violents ou somnolents, l'Antarctique, en fin de compte, est tout sauf blanc et ennuyeux.

G.M.

Roger M. Bonnet

Les Horizons chimériques

Dunod, 304 p., 135 F.

Trois cents pages pour raconter la conquête de l'espace depuis 1957, année du premier lancement d'un satellite artificiel autour de la Terre. Pour nous faire vivre, tour à tour, dans les trois principaux ports de l'espace : Baïkonour au Kazakhstan, Cap Kennedy en Floride et Kourou en Guyane. Pour décrire les destins parallèles des scientifiques de tous pays, forcés, pour parvenir à leurs fins, de collaborer avec les militaires. Pour montrer la vanité de la planification à long terme, le plus souvent entachée d'irréalisme. Pour esquisser les contours de ce que devrait être la seconde phase de l'exploration de l'espace, obligatoirement internationale, après la fin (présumée) de la rivalité URSS-Etats-Unis.

Trois cents pages, aussi, pour montrer comment les "horizons chimériques" ne

peuvent se passer ni du rêve, ni des utopies, et combien la question du rôle de l'homme dans l'espace répond finalement à une nécessité plus philosophique qu'utilitaire.

Tout y est, passé, présent et ce que pourra être l'avenir, avec le grand souffle nécessaire à un tel sujet.

G. Mo.

Jean Bernard

La Légende du sang

Flammarion, alb. coul. 288 p., 295 F.

Il existe encore des savants, ce livre en témoigne, capables d'écrire de façon claire tout en restant instructifs, et de communiquer des notions complexes dans un langage accessible à tous. Grand spécialiste international du sang, découvreur du caractère cancéreux des leucémies, fondateur à ce titre de l'Institut de recherches sur les leucémies et les maladies du sang, académicien et membre du Comité d'éthique, Jean Bernard a mis son savoir à portée de tous dans une étude historique de ce qu'il appelle "la légende du sang". Car, dans toutes les civilisations, jusqu'à la nôtre, le sang, liquide vital, a aussi passé pour un liquide sacré.

Histoire et biologie s'entremêlent dans des pages qui expliquent la composition du sang et son rôle, les croyances anciennes qui y étaient attachées, la pathologie du sang, ses infections, les découvertes de la génétique, les recherches et les espoirs.

L'aspect anthropologique n'est pas surajouté, puisque Jean Bernard est l'un des pionniers de l'hématologie géographique, c'est-à-dire de l'étude de la répartition des groupes sanguins en fonction des ethnies. C'est par les études hématologiques, par exemple, qu'on a pu confir-

mer le fait que les Varègues étaient allés jusqu'en Russie du Sud, comme le suggérait déjà la linguistique.

Certaines anecdotes sont savoureuses : dans un conflit sud-américain, il y a quelques décennies, ce fut l'armée la plus robuste qui fut vaincue par la plus faible. Pourquoi ? Parce que le sang des soldats de la plus robuste ne contenait presque plus d'immunoglobulines. De l'importance politique et militaire des immunoglobulines !

Illustrations nombreuses et de goût excellent, impression luxueuse.

G. M.

Le saviez-vous ?

Mille et une histoires vraies et insolites

Sélection du Reader's Digest, 384 p., 249 F.

Entre le *Quid* et le *Livre des inventions*, un nouvel ouvrage arrive dans ce domaine encore vaste des connaissances encyclopédiques. Trois cent quatre-vingt-quatre pages grand format, mille informations, des histoires incroyables, bizarres et pittoresques, mais scientifiquement établies, 470 photos, 120 diagrammes et tableaux, c'est de la belle ouvrage, avec tout le professionnalisme dont cette publication est coutumière.

Un peu d'outrance par-ci par-là, on force un peu les choses, une pointe de "sensationalisme", mais cela se limite généralement aux titres. Ces contes de fées scientifiques sont classés en dix chapitres (l'espace, les merveilles de la vie animale, l'esprit et le corps, l'aventure de l'invention, etc.), plus théoriques que vraiment justifiés. Mais les textes rendent clairs des morceaux de savoir qu'on croyait hors de portée. G. Mo.



150 000 enfants abandonnés et enfermés.

Trois ans après les événements de Roumanie, la situation des enfants abandonnés reste dramatique.. Ils sont de plus en plus nombreux à s'entasser dans les 600 "maisons" du monstrueux réseau créé par Ceausescu. Sans aucune voie de sortie, puisque l'adoption est en fait interdite et le placement familial n'existe pas. Ils mènent une vie pitoyable, dans les privations et la tristesse.

La garantie de la bonne utilisation de votre don.

La SERA* s'est fixé comme objectif de secourir le plus grand nombre possible de ces enfants. Elle intervient à ce jour dans deux "maisons" où se trouvent 350 enfants. Elle recrute sur place des équipes de médecins et d'éducateurs, qui renforcent en nombre et en qualité le personnel de ces "maisons". Elle dote également ces "maisons" d'un équipement minimum vital : eau courante, sanitaires, chauffage, lave-linge, literie etc.

Votre don est vital. N'attendez pas. L'hiver est proche !

Sans vous, nous ne pourrons poursuivre notre action. Avec vous, nous voulons l'étendre à d'autres "maisons". Jusqu'à ce qu'aucun enfant ne soit plus qualifié d'"irrécupérable". Jusqu'à ce que le droit fondamental de tout enfant de vivre au sein d'une famille soit respecté en Roumanie.



OUI, POUR UN GESTE D'AMOUR

76

Bon à retourner sous enveloppe affranchie à :

SERA, 20, rue de la Baume, 75008 Paris. Tél : 16 (1) 45 62 32 32

OUI, je souhaite participer au travail engagé par la SERA au profit des enfants abandonnés de Roumanie.

Je vous adresse, par chèque bancaire ou postal, libellé à l'ordre de la Fondation de France SERA N° 600853, un don de :

100 F 200 F 500 F 1 000 F Autre : F

Je recevrai un reçu fiscal et une information régulière sur les résultats et les progrès du programme développé par SERA.

Nom Prénom Signature :

Adresse

Code Postal Ville Date

*SERA, association d'assistance et de bienfaisance, est agréée par la Fondation de France. 40% de votre don est déductible de vos impôts dans la limite de 5% de votre revenu imposable (Loi du 23/07/87).

ECOUTER, VOIR

EXPOSITIONS & ÉVÉNEMENTS

● **Le jardin des sciences** : 100 chefs-d'œuvre du patrimoine scientifique alsacien. Jusqu'au 14 mars. Crypte aux Etoiles, rue de l'Observatoire, 67000 Strasbourg. Tél. : 16 88 21 20 40.

● **Journée portes ouvertes à l'IRCAM**. Le 24 janvier de 14 h à 22 h. 1 place Igor-Stravinski, 75004 Paris. Tél. : 1 44 78 48 16.

● **L'Île-de-France de Clovis à Hugues Capet** : comment vivait-on au Moyen Age ? Jusqu'au 30 mars, au musée Archéologique départemental du Val-d'Oise, place du Château, 95450 Guiry-en-Vexin. Tél. : 1 34 67 45 07.

● **"Incroyables Castors", et "les Feux du Koweit"**, Dôme Imax, parvis de la Grande Arche, La Défense. Séances tous les jours. Tél. : 1 46 92 45 45.

● **Salon de la bande dessinée d'Angoulême**. On y trouve aussi des bandes dessinées scientifiques. Les 28, 29, 30 et 31 janvier. 121 route de Bordeaux, 16000 Angoulême. Tél. : 16 45 92 45 99.

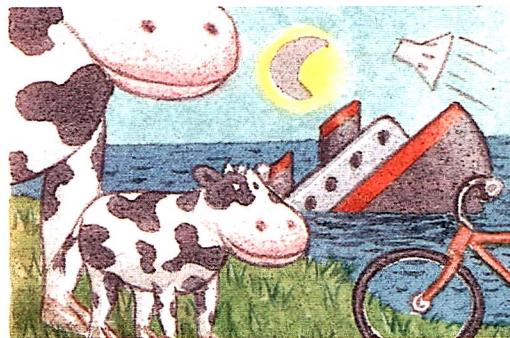
● **Les plantes de la découverte** : les plantes rapportées d'Amérique il y a cinq cents ans par les grands navigateurs ont profondément modifié notre mode de vie. Hôtel de région, 34060 Montpellier. Tél. : 16 67 61 62 40.

● **Imagina 93** : les dernières réalisations dans le domaine des images de synthèse. Du 17 au 19 janvier, à Monte-Carlo. Renseignements : 1 49 83 26 71.

COLLOQUES & CONFÉRENCES

● **Le paranormal face à la science**, par H. Broch. Le 16 janvier à 15 h, au Palais de la découverte, avenue Franklin-Roosevelt, 75008 Paris. Tél. : 1 40 74 80 00.

● **Les dimensions sociales de la drogue**. Les 6, 7 et 8 janvier. Organisé par l'Association Descartes, 1 rue Descartes, 75005 Paris. Renseignements : 1 46 34 37 38.



● **Sciences et techniques en spectacle** : XV^e Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et industrielle. Les 26 et 29 janvier, au Centre Jean-François, 373 rue Lyret, 74400 Chamonix. Renseignements : 16 50 53 17 48.

● **Perception sociale des conquêtes sur la mer**, par F. Verger, professeur à l'Ecole normale supérieure. Le 8 janvier, à l'Institut océanographique, 195 rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : 1 43 25 63 10.

● **Il était une fois... le Titanic**, par P. Lardeau, de l'IFREMER. Le 15 janvier, à l'Institut océanographique, 195 rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : 1 43 25 63 10.

● **Le sang** : colloque organisé par l'association Le Parvis. Les 28 et 29 janvier. Parvis-II, Scène nationale Tarbes-Pyrénées, route de Pau, BP 20, 65420 Ibos. Tél. : 16 62 90 08 55.

● **Explolangue** : tout sur les langues et leur apprentissage. Du 21 au 24 janvier, au Parc des expositions de Paris, Porte de Versailles, 75015 Paris. Renseignements : 1 49 53 27 92.

● **X^e Festival science-frontières** : science, médias, pouvoir. Du 25 au 29 janvier, à Cavaillon. Renseignements : 16 90 71 32 01. Réservations : 16 90 71 37 66. Minitel : 36 17 SFRONTIERE.

● **La photographie au futur-présent** : photographies numériques de Rémy Poinot. Du 8 janvier au 8 mars, au musée français de la Photographie,

78 rue de Paris, 91570 Bièvres. Tél. : 1 69 41 10 60.

● **Biosphère 2 : de l'écologie à la colonisation spatiale** ?, par J.-C. Ribes, directeur de l'observatoire de Lyon. Le 13 janvier à 20 h 30, à l'Institut océanographique, 195 rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Société astronomique de France, tél. : 1 42 24 13 74.

À LA RADIO

FRANCE-CULTURE :
● **Perspectives scientifiques**. Du lundi au vendredi de 19 h 30 à 20 h.

– Les 4 et 11 janvier : *A propos de Georges Canguilhem et de l'épistémologie*, par C. Goémé.
– Le 6 janvier : *L'électrochimiothérapie*, par A.C. Souchon.
– Les 8 et 15 janvier : *Du rêve à la réalité*, par J. Labeyrie.
– Les 9 et 26 janvier : *Le comportement maternel chez les ovins et les bovins*, par P. Chavasse.
– Les 13 et 20 janvier : *Pierre Della Francesca et la science*, par C. Paoletti.
– Les 17 et 24 janvier : *Problèmes et efficacité de la logique*, par S. Delogeorges.
– Les 18 et 25 janvier : *Les mathématiques en Europe*, par M. Souchan.

● **La science et les hommes**. Le mercredi de 9 h 05 à 10 h 30.

– *"Divergences"*. Le 6 janvier : *À la recherche des extra-terrestres*, par M. Cazenave. Le 13 janvier : *La conquête spatiale : vols habités ou vols automatiques ?* (avec A. Brachic, de l'Observatoire de Paris, et J.-D. Dordain, de l'ESA).
– *"Artistes et scientifiques"*. Le 27 janvier : *Le temps*.

● **Une vie, une œuvre**. Le jeudi de 9 h 05 à 10 h 30.
– Le 28 janvier : *Pascal*, par S. Kettani.

● **Archipel science**, par S. Delogeorges. Le mardi de 20 h 30 à 21 h 30.
– Le 8 janvier : *La science et les femmes*.

RTL :

● **La chronique scientifique de Pierre Kohler**. Tous les samedis à 8 h 50.

À LA TÉLÉVISION

M6 :

● **E = M6**. Magazine scientifique, tous les dimanches à 10 h 30 et les mercredis à 15 h.
Emission spéciale bimestrielle :
– Le 3 janvier : *La grotte de Mowile* ; *Les carbures verts* ; *Les pièces radioactives* ; *La télécommande* ; *Frontiers*.

– Le 17 janvier : *L'éclipse de lune* ; *Gallilée* ; *Les inondations* ; *Le téléphone* ; *Frontiers*.
– Le 31 janvier : *Auracéa* ; *Les lignes à haute tension* ; *Les radars routiers* ; *Frontiers*.

ARTE :

● **La bicyclette**, émission thématique. Le samedi 2 janvier à 20 h 30.

● **Grand format**. Tous les samedis de janvier à 19 h 30 ou 20 h 40.
– Le 2 janvier : *Le mystère Le Prince*. Augustin Le Prince a-t-il inventé le cinéma quelques années avant les frères Lumière ?
– Les 9, 13 et 16 janvier : *Les voisins de Joe Leahy* ; *Premier contact* ; *Récolte sanglante*. Une trilogie ethnographique sur le choc des cultures, le pouvoir, la guerre et la vengeance chez les papous de Nouvelle-Guinée.

● **Assassins d'eau douce**, par Paul Painlevé. Le fond des rivières est une jungle. Le lundi 11 janvier.

● **Le magnétisme terrestre**. Série Horizon. Le lundi 25 janvier.

FRANCE 3 :

● **Fractales**. Magazine scientifique hebdomadaire pour la jeunesse, tous les mercredis.



SPÉCIAL
AFM / TÉLÉTHON
1F. VERSÉ POUR TOUT
NUMÉRO ACHETÉ

Pas moins de 3.500 maladies génétiques sont concernées par l'étude du génome humain. L'espoir est immense. Le danger aussi. Toucher à la génétique humaine, c'est toucher à la nature même de ce que nous sommes. Mais la voie est ouverte pour une nouvelle médecine agissant sur la matière dont nous sommes constitués. Ce numéro HORS SÉRIE de SCIENCE & VIE fait le point sur ce nouveau grand défi scientifique.

Vers la médecine du troisième millénaire



EN VENTE PARTOUT

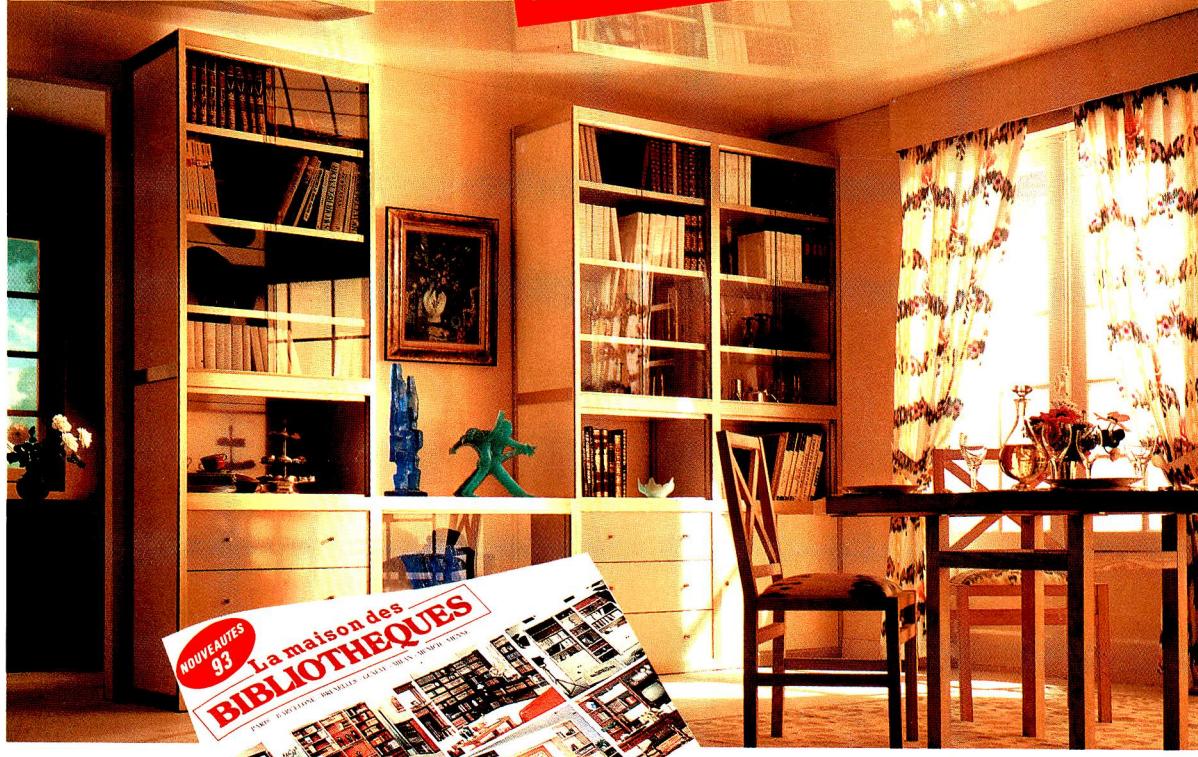
La maison des

BIBLIOTHEQUES

vous offre son

nouveau

catalogue



NOUVEAU...

9 modèles

spéciaux pour :

- disques compacts,
- cassettes vidéo,
- livres formats poche.

CATALOGUE GRATUIT

Retournez ce coupon à LA MAISON DES BIBLIOTHEQUES
75680 PARIS CEDEX 14

SV 53

J'aimerais recevoir gratuitement et sans engagement votre catalogue avec photos couleurs, dimensions, essences, teintes, contenances, prix de tous vos modèles.

NOM

PRENOM

ADRESSE

LOCALITE

CODE POSTAL

TEL

PROFESSION

CATALOGUE 24H/24 PAR TÉLÉPHONE ENREGISTRÉUR

(1) 43 20 73 33

98 pages
toutes en couleurs

300 photos, schémas

et illustrations

600 modèles

vitrés ou non

18 lignes et styles

85 versions (coloris, teintes
ou essences de bois)

de nombreux accessoires

et meubles coordonnés.

- CRÉDITS PERSONNALISÉS (après acceptation du dossier)
- DEVIS GRATUITS • EXPÉDITIONS FRANÇAIS DANS TOUTE LA FRANCE • REPRISE EN CAS DE NON-CONVENANCE.



Les cartes de paiement (Carte Bleue, Visa, Master-Card) et de crédit (Aurore, Pluriel) sont acceptées dans nos magasins, ainsi que pour les commandes par correspondance.

VISITEZ NOS MAGASINS

A PARIS : 61, RUE FROIDEVAUX - 75014 PARIS

à 300 m de la gare Montparnasse

Magasin ouvert le lundi de 14h à 19h30 et mardi au samedi inclus de 9h30 à 19h30 sans interruption. Métro : Montparnasse - Denfert-Rochereau - Gaité - Edgar-Quinet - Autobus : 28 - 38 - 58 - 68 - RER : Denfert-Rochereau - SNCF : Gare Montparnasse

RÉGION PARISIENNE : ARPAJON : "Ambiances Plus" - 13, Route Nationale 20 (200 m avant la sortie Arpajon-centre). Tél. (1) 64.90.05.47 - **ENGHien** : "Scènes d'intérieur" - 10, rue de la Libération. Tél. (1) 39.64.45.71 - **VERSAILLES** : 64-70, rue des Chantiers. Tél. (1) 39.53.66.09

ALSACE : STRASBOURG

11, rue des Bouchers. Tél. 86.36.73.78

AQUITAINE : BORDEAUX

10, rue Bouffard. Tél. 56.44.39.42

BIARRITZ : 11, rue des Halles. Tél. 59.24.08.74

PAU : 27, rue Henri-Faisans. Tél. 59.30.20.41

AUVERGNE : CLERMONT-FD

22, rue G. Clemenceau. Tél. 73.93.97.06

BOURGOGNE : DIJON

100, rue Monge. Tél. 80.45.02.45

BRETAGNE : RENNES

59, bd de la Tour-d'Auvergne. Tél. 99.30.56.07

BREST : 23, rue de la 2^e DB. Tél. 98.80.67.03

QUIMPER : "Idées Maison"

17, av. de la Libération. Tél. 56.93.63.33

CENTRE : TOURS

5, rue Henri-Barbusse (près des Halles). Tél. 47.86.3.66

LANGUEDOC-ROUSSILLON : MONTPELLIER

8, rue Sévigné (près gare). Tél. 67.58.19.32

PERPIGNAN : 17, cours Lazare-Escarguel. Tél. 68.56.1.54

LIMOUSIN : LIMOGES

57, rue Jules-Noria. Tél. 55.79.15.42

BRIVE : "Ambiances"

30, rue Louis-Latrade. Tél. 55.74.07.32

LORRAINE : NANCY

8, rue St-Michel (face St-Epvre). Tél. 83.32.84.84

MIDI-PYRÉNÉES : TOULOUSE

1, rue des Trois-Réverbères (près place St-Sernin). Tél. 61.22.94.20

NORD : LILLE

88, rue Esquermoise. Tél. 20.55.69.39

NORMANDIE : ROUEN : 43, rue des Charettes. Tél. 35.71.96.22

PAYS-DE-LOIRE : NANTES

2, rue du Château. Tél. 40.47.74.38

ANGERS : "Espace Samo" 67, av. du Général-Patton. Tél. 41.48.44.99

POITOU-CHARENTES : POITIERS

42, rue du Moulin-à-Vent. Tél. 49.41.68.46

PROVENCE-CÔTE-D'AZUR : MARSEILLE

109, rue Paradis (métro Estrangin). Tél. 91.37.60.54

NICE : 2, rue Ofenbach. Tél. 93.88.84.55

AVIGNON : "Hemis" Route de Marseille, Zone Commerciale "La Cristole". Tél. 90.87.72.46

DRAGUIGNAN

26, rue St-Hermentaire. Tél. 94.67.33.19

RHÔNE-ALPES : LYON

9, rue de la République (métro Hôtel-de-Ville/Lyon-Pradelle). Tél. 78.28.38.51

GRENOBLE

59, rue Saint-Laurent. Tél. 76.42.55.75

Saint-Étienne

40, rue de la Montat. Tél. 77.25.91.46