

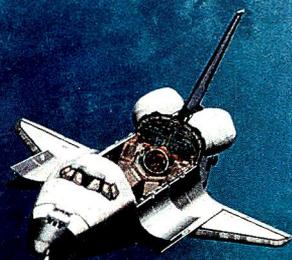
SCIENCE & VIE

N° 870

MARS 1990

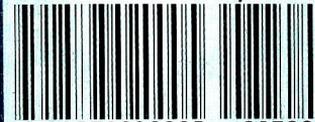
● Les joueurs
sont des
drogués

● La guerre
des lessives



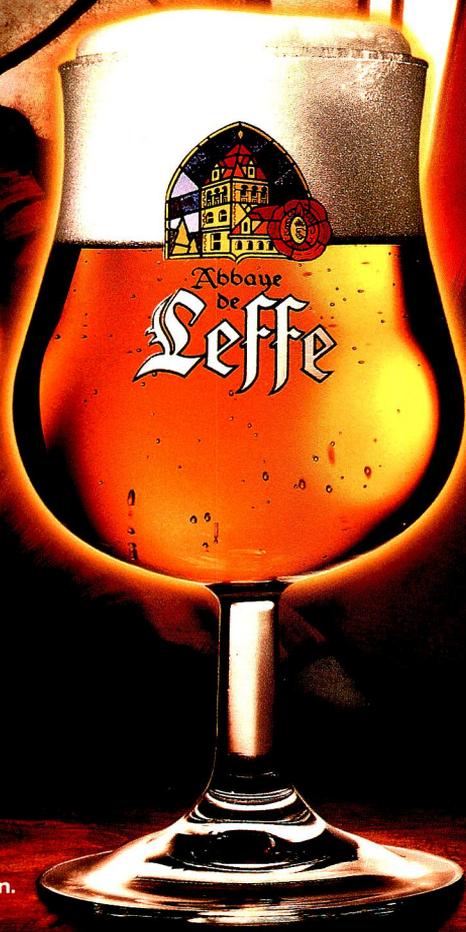
L'EXPLORATEUR DE L'UNIVERS

M 2578 - 870 - 20,00 F



145 FB - 8 FS - SCan. 3,75 - 550 Ptas - 500 Esc - 2.550 Dr -
20 Dh - 4600 L - USA NYC \$ 3,75 - RCl. 1370 CFA - 940 CFP

Abbaye
de
Leffe
L'infini
d'un peu plus près.



Ayez soif d'infini mais sachez consommer avec modération.

LOWE QUADRILLAGE & ASSOCIES - Vitraill réalisé par M. Bianchini - Maître verrier

SCIENCE & VIE

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans
5 rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08 - Tél. 40 74 48 48
FAX : (1) 42 89 42 27 - TELEX : 641 866 F
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY,
PAUL DUPUY

• DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : PAUL DUPUY
Directeur général : JEAN-PIERRE BEAUVALET
Directeur financier : JACQUES BEHAR
Directeur commercial publicité : STÉPHANE CORRE
Directeur marketing et commercial : FRANCIS JALUZOT
Directeur des études : ROGER GOLDBERGER

• RÉDACTION

Rédacteur en chef : PHILIPPE COUSIN
Rédacteur en chef adjoint : GERALD MESSADIÉ
Chef des informations,
rédacteur en chef adjoint : JEAN-RENÉ GERMAIN
Rédacteur en chef adjoint : GÉRARD MORICE
Assisté de MONIQUE VOGT
Secrétaire général de rédaction : ELIAS AWAD
Secrétaires de rédaction : DOMINIQUE LAURENT,
FRANÇOISE SERGENT, MARIELLE VÉTEAU
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE,
ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION, JACQUES
MARSAULT, PIERRE COURBIER, CHRISTINE MERCIER,
JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR, MARIE-LAURE MOINET,
ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, DIDIER DUBRANA
Secrétaire : MARIE-ANNE GUFFROY

• ILLUSTRATION

ANNE LEVY
Photographe : MILTOS TOSCAS

• DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

• CONCEPTION GRAPHIQUE

TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

• MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE,
LIONEL CROSDON

• RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHELE HILLING
Assistée de : ANNE LE FORESTIER

• SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements : SUSAN TROMEUR
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUERALT
Assisté de : MARIE CRIBIER
téléphone vert : 05 43 42 08 réservé aux dépositaires
Belgique : A.M.P. 1 rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles

• CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT, 300 Winston Drive, Clifffide
PK NJ 07010 USA
Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent
London W4, 1 HF
Tokyo : LIONEL DERSOT - Sun Height 205
2-14-1 Sakuragaoka
Setagaya-Ku - Tokyo 156

• PUBLICITÉ

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

• À NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2.20 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée à 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



BVP

ABONNEZ-VOUS A SCIENCE & VIE

1 AN - 12 N^{os} : 220 F
2 ANS : 400 F

1 AN - 12 N^{os}
+ 4 Hors série : 295 F
2 ANS : 520 F

Étranger : Belgique 1 an simple 1595 FB - 1 an couplé 2135 FB - Excelsior Publications - B.P. N° 20 IXELLES 6 - 1060 Bruxelles / Canada 1 an simple 43 \$ Can - 1 an couplé 60 \$ Can - Periodica Inc. C.P. 444, Outremont, P.O. Canada H2V 4R6 / Suisse 1 an simple 66 FS - 1 an couplé 87 FS - Naville et Cie, 5-7, rue Levrier, 1211 Genève 1 / USA 1 an couplé 70 \$ - International Messengers Inc. P.O. Box 60326 Houston - Texas 77209
Autres pays : 1 an simple 271 F - 1 an couplé 341 F. Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE. Recommandé et par avion nous consulter.

BULLETIN D'ABONNEMENT

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

• Veuillez m'abonner pour

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

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code Postal _____

Ville _____

Pays _____

Profession (facultatif) _____

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

Étranger : mandat international ou chèque.



S&V 870



Le silencieux de la mer. Le sous-marin nucléaire "Triomphant" sera aussi silencieux qu'un poisson malgré les 14 200 tonnes déplacées en plongée, et les quelque 100 000 objets qui le composent. p. 84

S O



SAVOIR

Forum

3 milliards de dollars pour voir l'Univers
Jean-François Robredo

Fusion froide : la théorie chauffe
Bernard Thesnon

Ouragan sur la France
Isabelle Grégov, Didier Dubrana

Inné et acquis : un faux débat
Alexandre Dorozynski

La "mésalliance" entre espèces devient possible
Pierre Rossion

Des "indics" minuscules pour dénoncer le cancer
Marie-Françoise Lantiéri

Le cobaye vert
Marie-Laure Moinet

Poissons : les pères célibataires
Anne Teyssedre

Les "accros" du jeu se "shootent" à la noradrénaline
Dr Jacqueline Renaud

Echos de la recherche
Dirigés par Gerald Messadié

10

20

30

32

38

42

49

54

66

70

77

M M A

POUVOIR

Le Triomphant : muet comme un poisson
Germain Chambost

L'optronique : un coup d'œil à travers la nuit
Serge Brosselin

Voiture électrique : silence, elle roule
Luc Augier

De moins en moins d'eau pour l'agriculture
Marc Mennessier

La guerre des lessives arbitrée
Jacqueline Denis-Lempereur

Les braconniers de l'Atlantique
Didier Dubrana

Echos de l'industrie
Dirigés par Gérard Morice

Des marchés à saisir

Encart abonnement *Action automobile et touristique*, 2 pages, entre la 2^e de couverture et la page 1.
Tous les crédits des photos et des dessins de ce numéro sont en page 168.

84

90

96

100

102

108

113

118



Droque clandestine.

Les gens qui se ruinent au jeu ne sont pas "sans volonté" : leur cerveau manque de noradrénaline. p. 70

L'homme-singe.

On a découvert l'enzyme qui empêche les espèces de se croiser. Et on a réussi à l'inhiber — pour le moment entre deux espèces de bactéries seulement. p. 42





Fils à papa. Chez certains poissons de rivière, c'est le père qui s'occupe des enfants pour un meilleur partage des tâches. p. 66



Il n'y a plus d'eau. Depuis 12 ans, la surface des terres irriguées augmente nettement moins que la population mondiale. Inquiétant. p. 100

I R E UTILISER



Musique douce sur
disque dur
Henri-Pierre Penel **120**

Le disque compact vidéo
sur sa lancée
Jeanne Palay **123**

Un mur d'images
à cristaux liquides
Roger Bellone **126**

Premier 24 x 36 reflex
à code barres
Roger Bellone **128**

Smal, le sous-marin
de promenade
Laurent Douek **130**

L'industrie
pharmaceutique a
besoin de vitamines
Isabelle Bourdial **135**

Science & Vie
à lu pour vous **138**

Science & jeux
*G. Cohen, Y. Delay, R. de
La Taille et H.-P. Penel* **144**

Echos de la vie pratique
Dirigés par Roger Bellone **157**

Ouragan sur la France. Les tempêtes de janvier et février ne sont peut-être pas dues au hasard mais à de nouvelles données climatiques ou même astronomiques. p. 32





ESAC

CITROËN première TOTAL

POUR 84900 F, DEMANDEZ-LUI LA LUNE.



SÉRIE SPÉCIALE BX IMAGE.

Certains ne demandent rien d'autre à leur voiture que de rouler. D'autres poussent leurs exigences beaucoup plus loin. C'est pourquoi Citroën a créé une voiture à laquelle on peut tout demander. La BX Image.

Élégante : de teinte gris silex, avec boucliers assortis, baguettes latérales. Et touche de style oblige, un aileron aérodynamique à l'arrière.



Confortable : le nec plus ultra des équipements de série. Intérieur noir, tissu velours, volant sport, glaces teintées.

Performante : moteur 4 cylindres en ligne, souple, puissant et économique.

Sûre : la BX Image bénéficie de tout le savoir-faire Citroën en matière de sécurité active. Suspension hydro-

pneumatique, freinage haute pression à 4 disques, tenue de route exceptionnelle.

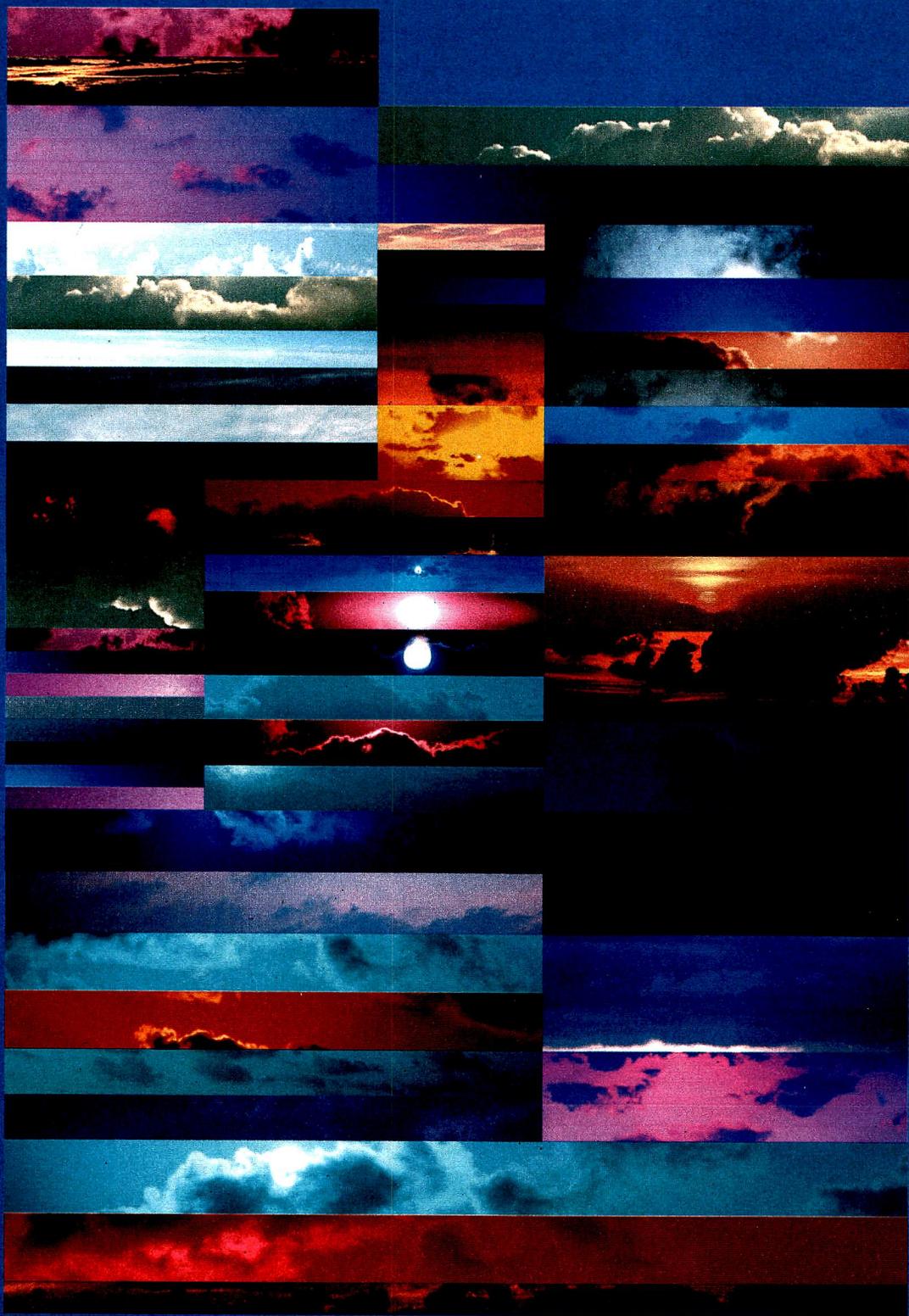
Alors vraiment, la BX n'a rien à vous refuser; vous pouvez lui demander la lune. BX IMAGE : toute une gamme, essence, diesel et turbo diesel.

Modèle présenté : BX Image : 1580 cm³ - 80 ch DIN / 58 kW C.E.E. - 84 900 F.

Consommations C.E.E. : 5,6 litres à 90 km/h, 7,5 litres à 120 km/h, 8,9 litres en cycle urbain. Relations clientèle 05.05.24.24 (appel gratuit) ou Minitel 3615 Citroën.



CITROËN. LA ROUTE MAÎTRISÉE.



AEROSPATIALE : L'ENTREPRISE



AEROSPATIALE, 20 ANS D'UNION SOUS TOUS LES HORIZONS.

Il y a 20 ans Sud Aviation, Nord Aviation et la SEREB fusionnaient. De l'union de ces trois grands naissait AEROSPATIALE. Ces 20 années, AEROSPATIALE les a marquées de ses succès: Concorde, Ariane, Airbus, ATR, hélicoptères Ecureuil, Dauphin, Super Puma, engins tactiques tels qu'Exocet, missiles stratégiques de la force de dissuasion, satellites Météosat, TDF... tant de réalisations menées à bien. Grâce à sa volonté de s'unir toujours aux meilleurs de tous les horizons, la famille AEROSPATIALE est déjà dans le 21^{ème} siècle.



aerospatiale

QUI DÉPASSE L'IMAGINATION

SAVOUREZ LA SÉRÉ



6256

DÉCAFÉINATION NESTLÉ 

Avec le procédé de décaféination Nestlé, la caféine
l'eau. Ainsi se trouvent préservés tout l'arôme et toute la

NITÉ DE L'INSTANT



est éliminée directement sur le grain vert, avant torréfaction, par un élément naturel :
saveur de Nescafé Spécial Filtre décaféiné... et toute la sérénité de vrais moments café.

FORUM

nous adresse deux photos de la figure "Cobra", « prises au cours d'un survol à faible vitesse (noter l'incidence !), où la particularité du vol instable est bien visible : les ailerons créent une portance, alors qu'un avion stable aurait ses ailerons fortement orientés en déportance. Remarquez que les volets de bords de



Un lecteur commente les prouesses du Sukhoi 27

« J'ai lu avec beaucoup d'intérêt votre article sur l'agilité du SU 27, nous écrit M. B.B., d'Aubergenville, qui semble posséder de remarquables connaissances de pilotage, et je désire apporter quelques précisions concernant la réalisation de la figure "Cobra". Tout d'abord, elle s'effectue en configuration lisse, bords de bords d'attaque et volets rentrés, pour obtenir un décrochage le plus rapidement et le plus facilement possible (vos photos ont été prises lors de la rentrée ou de la sortie du train d'atterrissage, car les trappes sont ouvertes). Ensuite, le pilote déconnecte le circuit de limitation de vol, celui-ci interdisant le décrochage. Le pilote déclenche un moment de cabrage très important, fortement aidé en cela par l'instabilité naturelle de l'avion (dont le foyer est en avant du centre de gravité). Vers 30° d'incidence, l'appareil décro-

che, mais continue sa rotation en tangage, par sa propre inertie. Le décrochage a la particularité de reculer le foyer dans une importante proportion, suffisante pour le faire passer à l'arrière du centre de gravité, l'appareil devenant alors stable en régime décroché. Il a alors naturellement une tendance à piquer et retourne tout aussi naturellement à son plan de vol horizontal. A ce moment, on reconnecte le système de limitation et le tour est joué. Ces explications n'entraînent rien au mérite des pilotes soviétiques. Il fallait oser ! Il est à noter qu'une telle figure peut théoriquement être effectuée par un avion naturellement stable, mais la difficulté majeure est alors l'obtention d'une vitesse de rotation initiale suffisamment élevée pour arriver à de telles incidences. »

Photographe amateur, ce lecteur

fuite sont rentrés, pour ne pas perturber l'écoulement d'air sur les ailerons. Dernier point, si les commandes de bord sont électriques, c'est uniquement au niveau "logiciels", la partie puissance reste hydraulique (voir "Air & Cosmos" n° 243) ».

Rock et rôles

M. S.G., de Paris, est fâché de notre article "Le rock aux yeux de la médecine" de notre n° 868. « Je suis gêné par la tournure générale de cet article, qui sous-entend que les amateurs de musique rock sont des demeurés, puisqu'ils ne comprennent même pas de quoi on leur parle !. Le mépris témoigné à une forme d'expression contemporaine, en l'occurrence le rock, m'étonne de la part de "Science & Vie", qui lutte si bien par ailleurs contre l'irrationnel et les préjugés. »

Précisons donc qu'il n'y a pas de sous-entendu dans cet article, que

celui-ci ne fait que reprendre les données de l'étude américaine, et que nous comptons des collaborateurs qui apprécient beaucoup le rock et que nous ne les tenons pas pour demeurés. Les faits rapportés par les enquêteurs américains demeurent : les auditeurs américains ne perçoivent pas le sens de ce qu'ils entendent. A plus forte raison, il nous semble, les publics étrangers. Par ailleurs, le fait qu'une forme d'expression soit contemporaine ne nous paraît pas l'investir de qualités sacrées. On pourrait ainsi arguer que le "bombage" des édifices publics et des wagons de métro est aussi une "forme d'expression", de même que la pratique de l'astrologie, voire le terrorisme. La tendance "historiciste" témoignée par les auteurs que cite ce lecteur et qui voudrait que tout ce qui est doit être et doit, de surcroît, être respecté n'est pas la nôtre ; notre rôle n'est pas d'inciter à la passivité intellectuelle implicite dans cet historicisme.

La Nouvelle Acropole II l'art d'accommoder les faits

Ayant été citée dans le n° 863 de *Science & Vie* à propos de certaines pratiques de recrutement du personnel des entreprises, l'association la Nouvelle Acropole nous avait fait parvenir une réponse qui a paru dans notre n° 867. Nous la faisons suivre d'un commentaire fondé notamment sur les ouvrages de son fondateur Jorge Angel Livraga, où apparaît la véritable nature de cette secte, beaucoup moins angélique que le prénom de ce fondateur. Invoquant à nouveau le droit de réponse, la Nouvelle Acropole nous envoie le texte qui suit :

« Le dossier de Nouvelle Acropole est vide, puisqu'il s'agit d'un procès d'intention sur les éventuels buts cachés de l'association, d'ordre sectaire ou totalitaire, prétendus buts qui sont

en totale contradiction avec sa propre charte !

« Or, depuis 16 ans d'existence en France, les faits et les actions de l'association prouvent entièrement le contraire de ce qui lui est reproché : Nouvelle Acropole lutte contre le sectarisme, le racisme et toutes les formes d'extrémisme et de totalitarisme, non seulement en France, mais dans les 45 pays où elle est présente.

« L'action de Nouvelle Acropole peut surprendre, car elle est tout à fait originale.

« Au lieu de se manifester à travers des systèmes politiques, ou mouvements religieux, elle lutte au niveau de la culture et de l'éducation, pour la réhabilitation de la créativité, de l'imagination, du spirituel au sein d'une société laïque.

« Nouvelle Acropole défend l'importance de l'activité symbolique, du réenracinement, de la nécessité du sacré pour l'homme, et d'une vie spirituelle, sans pour cela encourager aucun mouvement religieux, existant ou ayant existé, tout en les respectant.

« Elle soutient la nécessité de conserver la cohérence des liens sociaux, donc de ne pas se désengager de la société, mais de créer des réseaux d'individus libres, dignes et responsables, capables de respecter et d'assumer la collectivité, sans pour cela être politiciens.

« Il y a déjà plusieurs années, Nouvelle Acropole a fait l'objet d'une cabale qui est aujourd'hui complètement dépassée.

« Depuis cette cabale et les malentendus qui s'ensuivirent, Nouvelle Acropole a ouvert ses portes aux pouvoirs publics, au fisc, afin qu'ils puissent vérifier si en quoi que ce soit Nouvelle Acropole portait tort à l'ordre républicain, aux libertés individuelles ou aurait pu exercer un quelconque acte répréhensible.

« Aucune plainte, aucune anomalie, aucun redressement financier n'ont été enregistrés ou imputés à l'association.

« En ce qui concerne la polémique juridique qui s'est élevée autour de Nouvelle Acropole, à propos de l'arrêt de la cour d'appel du 16 octobre 1984, et dont vous prétendez qu'il a condamné Nouvelle Acropole :

• L'affaire en diffamation n'a pu être jugée, en raison de l'intervention de la prescription en cause d'appel, à la suite d'une négligence de l'avoué que Nouvelle Acropole a, depuis, fait condamner de ce chef.

• Par contre la cour a estimé qu'elle était à même de juger la demande formulée par l'ADFI, le CCMM et Alain Woodrow, qui réclamaient des dommages et intérêts pour procédure abusive.

« Elle a sur ce point infirmé le jugement de première instance et supprimé l'intégralité des dommages et intérêts (8 000 F) qui avaient été mis à la charge de Nouvelle Acropole, par les premiers juges le 10 novembre 1982, en estimant que "à la lecture du jugement entrepris, l'action de Nouvelle Acropole ne constituait pas un abus de procédure caractérisé par une intention malveillante ou une méconnaissance consciente de ses droits".

« Les seuls frais que Nouvelle Acropole a dû verser concernent les frais irrépétibles visés dans l'article 700, et qui ont comme seul but de compenser les honoraires d'avocat et d'avoué. Il ne s'agit en aucune manière d'une réparation de préjudice, comme d'ailleurs le stipule l'article 700.

« Donc les documents cités dans votre article n'ont aucune valeur juridique et ne font qu'alimenter un procès d'intention.

« Bien au-delà du problème juridique, dans le plan de la simple déontologie, l'origine multiraciale et pluri-conфессионаnelle des dirigeants et membres de Nouvelle Acropole témoigne de l'incohérence de ces propos. »

Cette réponse n'en est pas une. Elle ne mentionne aucun des documents accablants que nous avons reproduits, en particulier le *Manuel du dirigeant*, texte à diffusion limitée signé de Livraga lui-même. Autrement dit, elle déplace le problème du fond à la forme. La Nouvelle Acropole tente seulement de dénaturer l'arrêt de la cour d'appel du 16 octobre 1984, en laissant croire qu'il inclinait en sa faveur contre la partie adverse : le CDMM (Centre de documentation contre les manipulations mentales, encore appelé Centre Roger Ikor), l'ADFI (Association de défense de la famille et de l'enfant) et

le journaliste Alain Woodrow, auxquels la Nouvelle Acropole avait intenté un procès en diffamation.

Sans revenir sur les détails (pour lesquels on peut se reporter à notre n° 867), rappelons que l'affaire était venue le 16 novembre 1982 devant le tribunal de grande instance de Paris. Celui-ci avait d'abord à dire si les allégations formulées à l'encontre de la Nouvelle Acropole avaient bien un caractère "diffamatoire". En termes juridiques, si elles étaient de nature à « porter atteinte à l'honneur ou à la considération » de la NA. Elles l'étaient.

Mais "diffamatoire" n'équivaut pas à "mensonger". L'auteur de la diffamation peut, sous certaines conditions, offrir d'apporter la preuve qu'il n'a fait que dire la vérité. Si le tribunal estime que la preuve est convaincante, il n'y a pas de délit, et le plaignant est débouté.

C'est ce qu'a fait le tribunal de grande instance. Après avoir admis comme recevable l'action engagée par la NA, il a jugé, (avec des attendus très sévères), que la défense avait abondamment prouvé la véracité des faits allégués. La Nouvelle Acropole a été déboutée et condamnée, non seulement aux dépens, mais encore, en application de l'art. 700 du nouveau code de procédure civile, à verser 3 000 F à chacune des deux associations poursuivies ainsi qu'à Alain Woodrow, en compensation des frais qu'ils avaient eu à engager. En plus, la Nouvelle Acropole devrait payer à chacune des deux associations la somme de 4 000 F « à titre de dommages et intérêts pour procédure abusive ».

Appréhendant — non sans raison — le fâcheux effet que ce jugement aura pour l'image de leur association aux yeux du public et jusque dans ses propres rangs, les dirigeants de la Nouvelle Acropole s'empressent d'annoncer qu'ils vont interjeter appel. Mais, curieusement, ils ne remplissent pas les formalités en temps utile. La loi limite, en effet, à trois mois le délai de prescription des poursuites en diffamation. Un oubli de leur avoué, assurent-ils, qui aurait été condamné pour cette négligence ; ils ne précisent ni où ni quand. Toujours est-il que lorsque le 16 octobre 1984 l'affaire vient devant la cour d'appel, celle-ci constate

qu'en ce qui concerne la diffamation les demandes de la Nouvelle Acropole sont devenues irrecevables par l'effet d'une prescription définitivement acquise. Tout ce que peut faire la cour d'appel, c'est réexaminer les condamnations prononcées contre la NA, du point de vue juridique. La cour d'appel note que, du fait même qu'il avait jugé son action recevable, le tribunal de grande instance n'aurait pas dû se fonder sur le "caractère abusif" de la procédure pour condamner la NA à payer des dommages-intérêts. Ce qui est tout à fait logique. Mais la cour d'appel reprend les 4 000 F de dommages-intérêts et les ajoute aux 3 000 F déjà prononcés par les premiers juges. La seule différence avec le premier jugement, c'est que l'ensemble de la somme à payer par la NA à chaque association poursuivie (soit 3 000 + 4 000 = 7 000 F) figure maintenant dans la même rubrique : l'indemnisation prévue par l'art. 700 du code de procédure civile. Et de plus, Alain Woodrow, à qui le premier jugement n'accordait pas de dommages intérêts, recevra, lui aussi, 7 000 F. Voici le texte de l'arrêt : "... *Infirme le jugement entrepris (celui du tribunal de grande instance) en ce qu'il a condamné cette association (la Nouvelle Acropole) au paiement de dommages-intérêts ; y ajoutant : la condamne à payer à chacun des trois intimés la somme 7 000 F par application de l'art. 700 du nouveau code de procédure civile...*"

Bilan financier : après le jugement du tribunal de grande instance, la Nouvelle Acropole devait payer en tout (outre les dépens) 4 000 F + 3 000 F à chacune des deux associations poursuivies, et 3 000 F à Woodrow. Soit en tout 17 000 F. L'arrêt de la cour d'appel l'a condamnée à payer (outre les dépens des deux procès), 7 000 F à chacun de ses trois adversaires, soit en tout 21 000 F. Pour un succès, c'est un succès ! Naturellement, aucune de ces données ne figure dans la dernière "réponse" de la NA. Ce n'est pas beau de mentir, même par omission.

Est-il utile de revenir sur la première partie de la "réponse" ? C'est le bla-bla ordinaire sur les objectifs humanitaires et culturels que vise la secte. L'homme qui l'a fon-

dée, et qui continue à la diriger, nous a appris ce que nous devons en penser, dans un document qu'il aurait voulu réserver à l'usage interne, et qui figure dans le jugement qui a débouté la Nouvelle Acropole de sa plainte en diffamation : « ... La propagande ne doit pas effrayer ni produire un impact excessif au risque d'être considérée comme suspecte ou refusée. Un appel apparemment innocent à suivre des cours ou des conférences est plus profitable que l'exposition violente de symboles mystérieux de sentences énigmatiques... » On tend l'appât et, quand les gogos sont dans la nasse, on les abêtit tout en leur promettant qu'on fera d'eux des "surhommes". Cette promesse figure aussi dans le texte de Livraga.

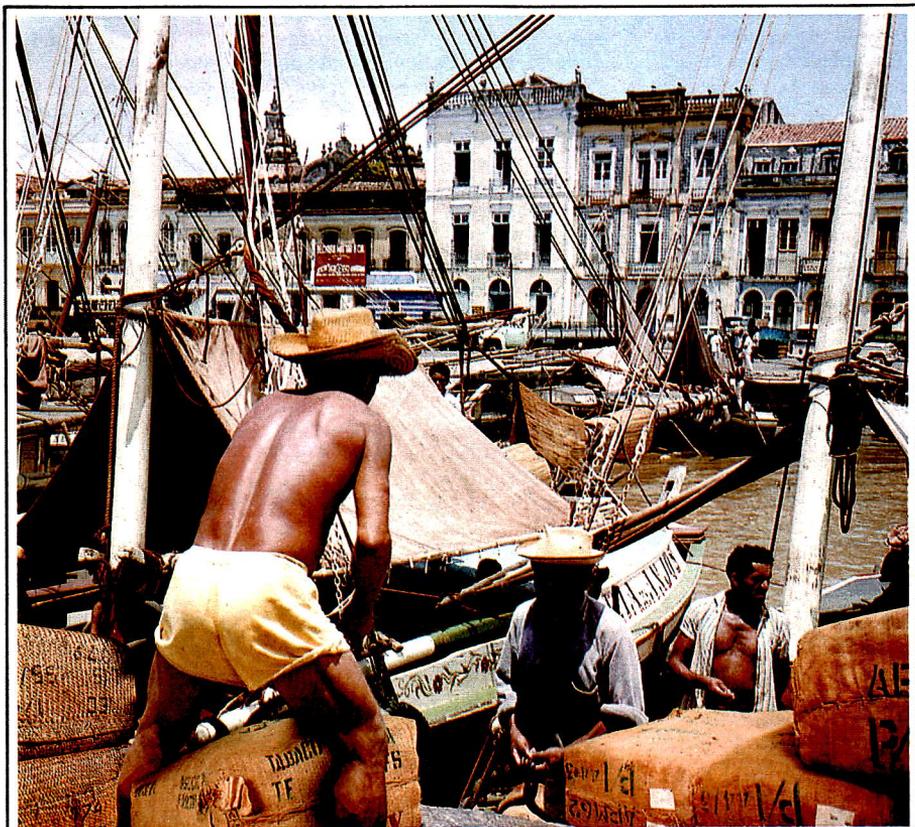
Michel Rouzé

Un lecteur excédé

Savoureuse lettre de M. J.P., de Franconville : « *Dans ce pays qui se désagrège de jour en jour, vous défendez la science, tandis que d'autres défendent leur portefeuille. La médecine est de plus en plus une affaire de gros sous. Bientôt, pour un cor au pied, on vous fera passer un électroencéphalogramme, un électrocardiogramme, une échographie et, en plus, un scanner... Continuez dans votre voie. Toutes mes félicitations. Vous êtes dans le vrai.* »

Remercions donc ce lecteur de ses encouragements. Mais faisons-lui observer, *cum grano salis*, qu'un électroencéphalogramme nous semble, en effet, nécessaire pour enlever un cor au pied, étant donné que le changement de posture occasionné par l'inconfort qu'entraîne le cor peut être cause d'une démarche anormale, où le talon heurte le sol avec plus de force, occasionnant des mini-chocs qui se répercutent le long de la colonne vertébrale jusqu'au crâne. Il peut donc être nécessaire de vérifier que le cerveau fonction-

(suite du texte page 14)



HAVANITOS

Léger

Nouveau et Léger, voici HAVANITOS Léger,
en Etui de 20 et en Coffret de 50



ne bien et ne produit pas d'ondes anormales.

L'électrocardiogramme n'est pas non plus superfétatoire, l'essoufflement causé par une démarche anormale pouvant affecter le cœur. Une échographie, du mésentère par exemple, n'est pas inutile, puisqu'elle permet de contrôler les répercussions éventuelles du cor sur cette région. Le scanner du pied, pour terminer, est tout à fait opportun, puisque lui seul permet de distinguer s'il s'agit bien d'un cor et non d'une tumeur, d'un kyste liquidien, voire d'un début d'éléphantiasis ou de dracunculose... Ah ! Molière !

Neurologie et théâtre

Dans votre numéro de décembre, écrit M. E.D., de La-Chaux-de-Fonds, j'ai goûté et savouré la réponse du Dr Jacqueline Renaud. Je lui conseille d'aller immédiatement trouver Robert Lamoureux et de lui soumettre son texte, et j'entends déjà le rire du comédien qui vous félicitera et vous proposera d'écrire une comédie avec lui, par exemple "Cerveaux associés", ou encore "Rive droite, rive gauche" ».

Excellente idée, que nous soumettons donc à celui de nos lecteurs qui aura le talent nécessaire pour faire rire le public des distingués extravagants utilisés par ceux qui croient discerner au vu d'un quidam si c'est son lobe gauche ou son lobe droit qui le mène.

Chiromancie et confusion

«...Sachez que j'apprécie énormément votre magazine », écrit M. B.P. d'Arlon, en Belgique, qui se destine à la biologie. « A propos de la "Chronique de la confusion" du n° 863, p. 88, il me semble que quelque chose cloche. J'aimerais, en tout cas, avoir l'avis et les précisions de M. Messadié, dont j'apprécie le travail et l'humour. Dans cet article, "Chiromanciens et paumés", on annonçait que

des pathologistes britanniques de la Royal Bristol Infirmary avaient trouvé une relation entre la ligne de vie et la durée de vie du sujet. Je ne vois pas l'intérêt d'avoir effectué des mesures sur des personnes décédées, vu que, dès lors, en cas de résultats positifs (ce qui reste à déterminer, semble-t-il), la seule conclusion valable qu'on puisse tirer est que la ligne de vie est plus longue chez les sujets morts plus vieux. Ce qui s'expliquerait simplement, à mon avis (qui se trouve être celui auquel je me fie le plus souvent), par le fait que la ligne de vie grandit au cours de la vie comme une ride. »

Il n'y a rien qui clochait dans notre texte, son objet était de relever le paradoxe suivant : d'une part, des médecins entreprenaient de vérifier les postulats d'une science occulte, la chiromancie, et, de l'autre, les adeptes de celle-ci s'en déclaraient contrariés. De plus, on pouvait s'étonner que des médecins procédassent à une entreprise aussi singulière. Cela étant, on ignore si la ligne de vie s'allonge au cours de la vie, comme notre correspondant propose de le vérifier, ce qui, évidemment, expliquerait que les gens âgés aient des lignes plus longues que ceux qui sont morts jeunes.

Un hommage tardif

« Dans le n° 867, "Science & Vie" traite de la cartographie en relief par le système Spot et le "stéréorestituteur analytique Matra Traster". Je regrette, écrit M. R.R., de Paris, qu'on ne mentionne nulle part dans l'article que ce "Traster" n'avait pas besoin d'un nom anglais pour être défini, car c'est une invention bien française, tombée dans le domaine public, puisqu'elle date d'au moins soixante ans. Cet appareil est le "stéréotopographe" de Georges Poivilliers, ingénieur de Centrale, qui fut secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. J'ai connu Poivilliers en 1932, alors que j'étais aussi à Centrale... A l'époque, il m'avait montré son stéréotopographe et

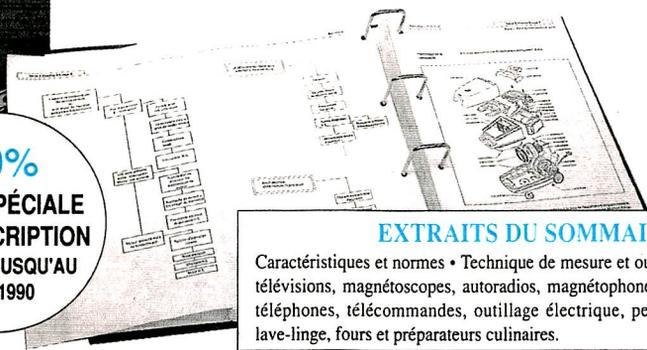
m'avait invité à le manoeuvrer. J'avais été étonné par la netteté de la perception du relief avec les vues stéréoscopiques aériennes, et surtout de la facilité à régler l'index d'altitude au contact du relief. L'impression visuelle était celle du contact d'une pointe avec une surface liquide. L'appareil Poivilliers était utilisé par les services cartographiques, notamment pour les reliefs montagneux mal connus des colonies. L'armée l'utilisait aussi. Il est évident que la largeur de base des vues binoculaires de Spot doit améliorer le relief, encore que, si ce relief est boisé, il faut pouvoir en tenir compte dans l'évaluation des altitudes. »

Marketing et marqueterie... linguistique

« J'ai été étonné du style ironique de l'article de la p. 111 de votre numéro de janvier, écrit M. P.L., de Sébastien-sur-Loire, Vous précisez "un raider devient un attaquant". En fait un raider ne "devient" pas, mais "est" un attaquant. » Et plus loin, interprétant mal la dernière phrase de l'entrefilet en question ("Diable, qu'il va être difficile de se faire précisément comprendre !"), notre correspondant avoue « mal saisir » notre préférence pour le franglais... Il faut donc croire qu'il ne nous lit qu'occasionnellement, car nous avons mené et continuons de mener un combat obstiné pour le rejet du franglais. L'entrefilet, qu'il a mal interprété, rapportait les nouvelles équivalences entre des termes anglais tels que "raider", "mailing", etc. (qui deviennent bien, justement, "attaquant" et "publipostage"). Et comme ces termes anglais ont fini par entrer dans le langage, on peut se demander, avec une certaine ironie en effet, si les gens comprendront bien que "mercatique" est l'équivalent français de "marketing", par exemple. C'était il y a vingt ans qu'il eût fallu prendre ces mesures ! Les incrustations tardives d'équivalents français dans le langage ne sont que de la... marqueterie !

(suite du texte page 16)

RÉPAREZ VOS APPAREILS ÉLECTRONIQUES ET ÉLECTROMÉNAGERS EN TOUTE SÉCURITÉ !



**-30%
OFFRE SPÉCIALE
DE SOUSCRIPTION
VALABLE JUSQU'AU
30.06.1990**

EXTRAITS DU SOMMAIRE
Caractéristiques et normes • Technique de mesure et outillage • Dépannage : télévisions, magnétoscopes, autoradios, magnétophones, micro-ordinateurs, téléphones, télécommandes, outillage électrique, perceuses, aspirateurs, lave-linge, fours et préparateurs culinaires.

**MAÎTRISEZ FACILEMENT
LE FONCTIONNEMENT
DES APPAREILS MODERNES**

**GAGNEZ DU TEMPS,
DE L'ARGENT
ET RESTEZ EN PERMANENCE A JOUR**

De la "puce" qui déprogramme votre lave-linge à votre télé couleur qui reste en noir et blanc, ce guide vous offre 400 pages grand format et une multitude de dessins techniques pour triompher vous-même des pannes, petites ou grandes, qui empoisonnent la vie.

Plus besoin d'attendre le dépanneur et de voir vos appareils immobilisés trois semaines ! Avec cet ouvrage en main, vous faites immédiatement face à toutes les pannes de vos appareils, du magnétoscope au micro-ordinateur, de l'aspirateur au sèche-cheveux. Grâce à notre savoir-faire et à nos conseils pratiques, vous réaliserez des économies importantes.

Pour chaque appareil, vous avez un descriptif détaillé de son fonctionnement, de sa conception, ainsi qu'un arbre de diagnostic pour déceler rapidement l'origine de toute panne. Schémas types et tableaux synoptiques vous permettent de trouver d'un coup d'œil les caractéristiques des résistances, condensateurs, bobinages, circuits intégrés... Un peu de méthode, le succès est vite au rendez-vous !



Grâce aux arbres de diagnostic, détectez chaque panne facilement et rapidement.

Avec en plus son service de compléments/mises à jour sur feuillets mobiles, votre ouvrage évolue en temps réel avec la technologie. Il vous permet de maîtriser les techniques de pointe et de dépanner les appareils les plus récents. Recevez cet ouvrage indispensable par retour de courrier en renvoyant le bon ci-dessous dès maintenant.

**OFFRE VALABLE
JUSQU'AU 30.06.90**

Éditions WEKA
92, rue Curial - 75935 Paris cedex 19
Tél. : (1) 40 37 01 00

Éditions WEKA - SARL au capital de 2 400 000 F - RC Paris B 316 224 617

VOTRE GARANTIE "Satisfait ou remboursé"

Si, au vu de cet ouvrage, vous estimez qu'il ne correspond pas totalement à votre attente, il vous suffirait de le renvoyer sous 15 jours, aux frais des Éditions WEKA, pour être immédiatement et intégralement remboursé.

Vous bénéficiez de la même garantie pour les envois de compléments/mises à jour (service annulable à tout moment).

BON DE COMMANDE

à renvoyer avec votre règlement sous enveloppe non affranchie :
Éditions WEKA, Libre Réponse n° 5, 75941 Paris cedex 19

**30%
DE RÉDUCTION
SOIT 160 F
D'ÉCONOMIE**

OUI, envoyez-moi "le Manuel pour Entretien et Réparer tous vos Equipements Electroniques et Electroménagers" (Réf. 9700), 400 pages format 21 x 29,7 cm, au prix spécial de souscription de 375 F TTC (+ 30 F de port et emballage) au lieu de 525 F (offre valable jusqu'au 30.06.90).

J'ai bien noté que cet ouvrage sera actualisé 4 à 6 fois par an grâce à des compléments/mises à jour que je recevrai automatiquement (150 pages environ, à 1,80 F la page. Service annulable sur simple demande).

- Ci-joint mon chèque de 405 F à l'ordre des Éditions WEKA.
- Envoi par avion : + 110 F par ouvrage.

Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : [] Ville :

Téléphone : Signature

Date :

SV 550906

Sida et circoncision

« Dans votre n° 866 de novembre, "La circoncision réduit de 5 à 7 fois les risques de Sida dans les rapports hétérosexuels, selon des études africaines..." Je comprends fort bien le souci de concision, nous écrit M. E.L., de Pessac, apparemment inconscient du jeu de mots, des informations que vous donnez à vos lecteurs dans une rubrique comme les Echos de la recherche. Cependant, il me semble qu'une information laconique telle que celle ci-dessus peut, chez de nombreux lecteurs naïfs, ajouter de l'huile sur le feu médiatique autour du sida. En d'autres termes, par sa concision même, cette information peut laisser croire que la circoncision entre dans le cadre d'une prévention du sida, ce qui est tout à fait faux. On sait que, pour ce qui touche à la sphère sexuelle, ce sont avant tout le choix et la multiplicité des partenaires qui ont une incidence sur le risque de sida. Par le passé, aux Etats-Unis surtout, de nombreuses études ont tenté de démontrer l'action bénéfique de la circoncision sur le risque de cancer de l'utérus (de la partenaire habituelle). Or, je pense qu'en toute logique ces études, ainsi que celles d'Afrique actuelles, ne sont pas sérieuses dans la mesure où elles font prendre une cause secondaire pour une cause primaire et ce pour servir une idéologie religieuse sous caution scientifique... Il est bien possible que, pour un même taux de négligence en matière d'hygiène, l'absence de prépuce diminue tout simplement le risque infectieux. Donc, il ne s'agit pas de pratiquer la circoncision, mais une meilleure hygiène corporelle. »

Nous ne sommes pas au courant d'une idéologie religieuse qui soutendrait les recherches sur l'intérêt de la circoncision. Aux Etats-Unis en particulier, cités par notre correspondant, la circoncision est pratiquée indifféremment par tous les groupes religieux, pour de simples raisons d'hygiène, justement. Il nous semble qu'il serait spécieux de s'y opposer sur ce terrain. Nous

ne sommes pas au courant d'une ou de plusieurs études qui auraient infirmé le rôle du prépuce dans la contamination virale de la partenaire, menant donc à une plus forte incidence de cancers, non de l'utérus, mais du col de l'utérus. Les sécrétions de cette région sont particulièrement propice aux proliférations bactériennes et virales. Nous sommes tout à fait d'accord avec le corps médical sur le risque majeur représenté par la promiscuité sexuelle dans le déclenchement du sida, mais il nous faut également dire que la promiscuité systématique n'est pas seule en cause, car un seul rapport avec une personne infectée peut suffire à la contamination. Nous sommes également d'accord sur l'intérêt de l'hygiène corporelle ; il se trouve que, dans certaines conditions sociales et géographiques, celle-ci n'est ni toujours possible ni toujours pratiquée. Il se trouve aussi que les lésions éventuelles du prépuce, qui seraient à la fois vecteur de contamination et porte d'entrée d'une infection, sont parfois difficilement décelables par eux-mêmes et par leurs partenaires chez des individus non circoncis. Cela n'enlève rien à l'intérêt de l'information que nous avons publiée, qui classe donc la circoncision, non comme un remède au sida, mais comme un facteur diminuant le risque.

« Plus c'est dilué, plus c'est remboursé ! »

« ...Je ne puis résister au plaisir de vous transmettre, à toutes fins utiles, un extrait tiré des colonnes de votre confrère "le Journal des pharmaciens". Cet article, dit M. P.R., pharmacien à Gueux, concerne un décret récent pris par le ministre de la Santé, décret faisant le grand ménage, ou plutôt le nettoyage par le vide dans le remboursement des préparations magistrales traditionnellement exécutées par les pharmaciens d'officine. Les raisons invoquées par le ministre sont économiques et sortent de l'objet de cette lettre. Mais quel n'a pas été mon étonnement de

constater que la seule catégorie qui sorte intacte du "déremboursement" quasi général est (je vous le donne en mille, ou plutôt en 3^e DH) l'homéopathie, pour laquelle la prise en charge des diverses préparations reste inchangée. Par exemple : les suppositoires, forme médicamenteuse si chère au... cœur des Français, rayés des cadres en tant que préparation allopathique, restent remboursés en homéopathie ! Autrement dit, "plus c'est dilué, plus c'est remboursé". Le principe de similitude n'est plus ce qu'il était. »

Rien à ajouter à l'information, en effet, déconcertante, de ce lecteur.

Science & Vie obscurantiste ?

« Habitué à votre obscurantisme face à la science médicale qu'est l'homéopathie, nous écrit d'entrée de jeu M. A.C., d'Abidjan, je ne chercherai pas à vous convaincre, mais à vous apporter quelques précisions qui semblent vous faire défaut. Le combat d'arrière-garde que vous menez n'a d'égal que cette stérile opposition médecine allopathique/médecine homéopathique. Hippocrate a écrit : "Similia similibus curantur", les semblables sont soignés par les semblables. Hahnemann a écrit : "Les maladies guérissent par des remèdes produisant des symptômes semblables aux leurs"... »

Suit une liste de références à des autorités du passé, dont le ministre Guizot, qui refusa de faire exclure Hahnemann de l'Académie de médecine, comme le demandait déjà les médecins. Nous y relèverons l'assertion suivante : « Les homéopathies, comme les allopathies, sont issues de facultés de médecine. » Or, nous avons publié dans ces pages (Forum du n° 865) le point de vue des facultés sur l'enseignement de l'homéopathie : il est clair et net, et nous ne pouvons que souhaiter qu'il soit suivi d'effets encore plus catégoriques. Le point de vue d'Hippocrate ne peut servir la médecine contemporaine, celui de Guizot encore moins. Quant à Hahnemann, son

ouvrage fondamental, *l'Organon*, est un ramassis de balivernes et d'assertions délirantes. Enfin, il est antiscientifique de prétendre que les maladies puissent être traitées par des dilutions dans lesquelles il n'y a rien.

Il n'y a pas un seul travail scientifique qui permette de croire qu'il y aurait un indice de vérité dans l'homéopathie. L'obscurantisme, qui consiste à professer certaines opinions sans preuves, n'est pas de notre côté.

La radiomanie française

De retour de vacances, nous écrit-il, le Dr J.I., attaché à un centre de radiologie et d'échographie de Melun, à l'en-tête duquel sa lettre est libellée, a été étonné par l'article de notre n° 864 au titre sus-cité.

« Aussitôt, ayant quelques connaissances dans le domaine, je me réjouis, espérant trouver comme fond de l'article une étude de société sur le comportement des Français à l'égard des actes radiographiques. Quelques minutes plus tard, page 42, fin de l'article. Bravo, félicitations (j'imagine ces mots à la réaction des médecins en général et des radiologues en particulier!). Je ne fais pas d'erreur, bravo, mais... car il y a un "mais". Bravo pour le travail statistique et l'étude sur l'irradiation; les courbes, les tracés, les schémas sont clairs, didactiques et convaincants. Le "mais" s'adresse non pas au fond de votre article, mais à la forme. Vous comme moi sommes soumis à une certaine éthique. N'en ayant pas les moyens, mes propos ne se veulent pas moralisateurs ou professoraux; je vous pose donc seulement quelques questions.

« Quelles sont donc les conséquences d'un tel article sur un public de non-initiés? Vous allez peut-être invoquer le droit de l'information. Toutefois, les commentaires relatifs à ce droit sont-ils sans conséquences? Ne pensez-vous pas donner une version unilatérale des faits en mettant en valeur les effets négatifs (in-

déniables) de tout acte radiologique, sans évoquer les éléments positifs de ces mêmes actes? Tout acte relève d'une prescription faite par un médecin à l'intention d'un radiologue; l'examen est effectué dans l'intérêt du patient après étude par les deux parties soignantes, dans le but de fournir un diagnostic aussi précis que possible permettant souvent au patient d'éviter d'autres investigations plus lourdes et plus dangereuses (je pense au tomodensitomètre).

« Selon vos dires, peut-on penser que le nombre de radiographies prescrites étant plus important en France que dans les autres pays, les médecins prescripteurs, et en particulier les généralistes, soient moins compétents et aient besoin d'examen complémentaires plus nombreux? Il n'est pas valable de faire l'amalgame entre radio simple du thorax et examen tomodensitométrique du thorax; ce dernier n'a rien de systématique et n'est fait qu'en seconde intention.

« La qualité des appareils radiologiques est tout à fait conforme à la législation, le SCPRI étant là pour la vérifier; il faut d'autre part savoir que les fabricants de ces appareils sont de stature européenne, voire mondiale, et n'ont pas les moyens de construire un équipement spécifique à la France.

« La question qui me semble essentielle est la suivante: quelle sera l'attitude des personnes ayant besoin d'un examen radiologique après la lecture de votre article? Ne pensez-vous pas que certaines seront tentées de repousser ou de refuser un examen nécessaire à un diagnostic, ou bien permettant de mettre en route un traitement? Des campagnes de dépistage bien conduites, avec des appareils de qualité, ne peuvent être que bénéfiques pour la population (cf. la nette régression des cas de tuberculose en France, non seulement grâce aux traitements plus efficaces, mais également grâce au diagnostic plus précoce). A l'heure actuelle, une campagne de dépistage du cancer du sein chez la femme est en cours d'évaluation. Ne pensez-

vous pas entraîner une certaine méfiance chez les femmes lorsque le médecin prescrira une mammographie?... Je suis persuadé que les abus sont ponctuels, » conclut notre correspondant.

Plusieurs points nous semblent à relever dans cette lettre. Le premier est l'affirmation du spécialiste qu'est notre lecteur, selon laquelle la tomodensitométrie, dite aussi scanographie ou scanner, est plus dangereuse que les rayons X. Or, nous avons entendu soutenir par d'autres spécialistes que cette technique est moins agressive, du point de vue de l'ionisation, que celles de la radiographie. Ensuite, en ce qui concerne la mammographie, nous nous en remettrons à l'opinion d'un spécialiste tel que le Pr Lucien Israël, qui, dans l'ouvrage dont nous rendons compte par ailleurs dans notre rubrique *Science & Vie* a lu pour vous, *Cancer, les stratégies du futur*, écrit que l'on a "mis au point des systèmes de mammographie qui délivrent des doses insignifiantes de rayons". On ne peut que conseiller aux femmes requises de se soumettre à une mammographie de demander le type d'équipement cités par ce spécialiste. Troisièmement, en ce qui concerne l'intérêt de la détection systématique des cancers du poumon par radiographie, le Pr Israël se range à l'avis général et international, qui est que cela ne sert à rien, parce que cela "ne permet pas d'augmenter d'un iota le nombre de cancers opérables sans métastase". D'ailleurs, les examens de la médecine du travail ne comportent plus ces radiographies du thorax, même pour les fumeurs. Quatrièmement, la régression de la tuberculose en France semble au moins autant due à la conjonction de plusieurs facteurs favorables, amélioration du niveau de vie et vaccination entre autres, qu'au dépistage radiographique. Cinquièmement, le propre d'une publication telle que la nôtre est justement d'informer les non-initiés.

Reste un aspect singulier, celui du recours systématique à la radiographie en France. Il rappelle curieusement une autre particularité des pratiques médicales et consommatrices françaises, qui est le taux de prescription et de consommation de tranquillisants...

L'extrao Gillette®



***Il détecte les moindres courbes de votre visage
et s'y adapte pour un rasage à la perfection.***



L'étonnant système de rasage Gillette Sensor boule-verse à jamais les conceptions classiques du rasage: pour lui, chaque homme est unique. Premier événement: ses deux lames trempées au platine sont montées individuellement sur des ressorts d'une sensibilité étonnante pour détecter en permanence les moindres courbes et détails de votre visage et s'y adapter automatiquement.

Mais l'innovation ne s'arrête pas là. La garde de protection ultra-étroite de Sensor est aussi montée sur ressorts, en complète harmonie de mouvement avec les

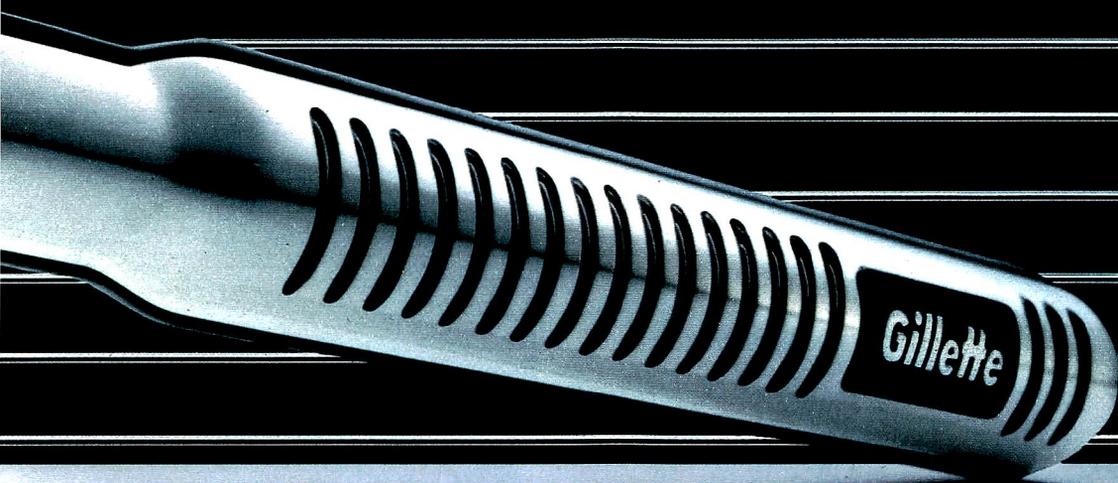
lames, elle redresse le poil et améliore encore les performances du rasage.

Mais comment garantir un contact optimal et permanent entre le système Sensor et votre peau? Il fallait pousser plus loin l'exigence: l'ensemble du mécanisme de pivotement de la tête a été repensé de façon à obtenir une amplitude de rotation plus large, plus précise, plus souple que jamais.

La technologie est partout: dans les stries et l'équilibre du manche, dans le système simplifié de rechargement des lames et dans la praticité du kit de rasage.



ordinaire Sensor®



Même le rinçage est facilité. Les nouvelles lames sont 2 fois plus étroites que celles présentes sur le marché :

l'eau circule librement entre elles. Rinçage et nettoyage se font en un tour de main.

Pourtant la véritable innovation ne tient pas à un élément en particulier, elle tient à la façon dont toutes ces évolutions technologiques se combinent. Elles s'associent pour vous donner un rasage personnalisé : le plus précis, le plus doux et le plus sûr des rasages ou plus précisément un rasage... à la perfection.



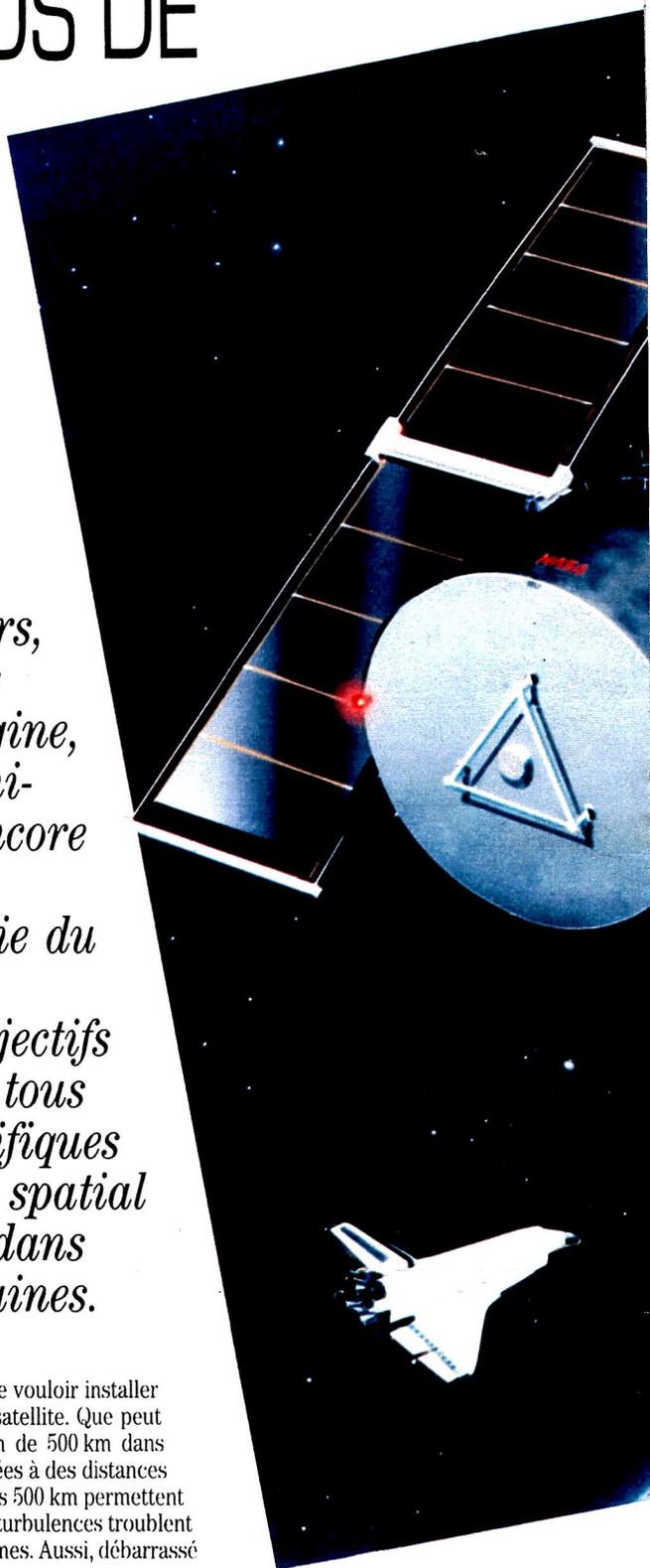
Gillette®

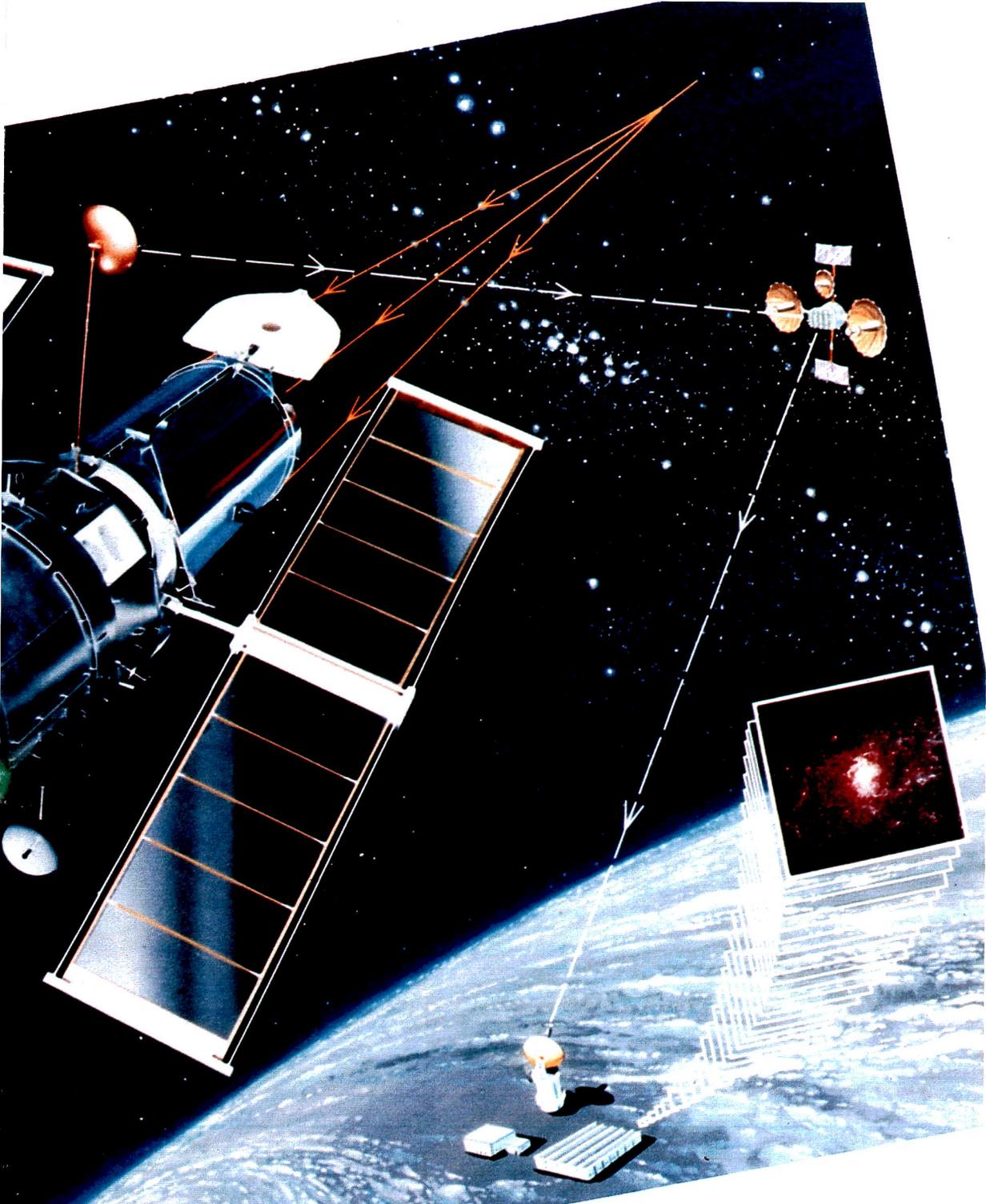
La Perfection au Masculin™

3 MILLIARDS DE DOLLARS POUR VOIR L'UNIVERS

Frôler les bornes extrêmes de l'Univers, s'approcher au plus près du point d'origine, voir des objets cosmiques aujourd'hui encore inconnus, mettre à l'épreuve la théorie du big-bang : voilà quelques-uns des objectifs du plus coûteux de tous les appareils scientifiques connus, le télescope spatial qui doit être lancé dans les prochaines semaines.

D rôle d'idée, *a priori*, que de vouloir installer un télescope à bord d'un satellite. Que peut apporter, en effet, un gain de 500 km dans l'observation d'étoiles situées à des distances se chiffrant en années-lumière ? En fait, ces 500 km permettent d'éviter la couche atmosphérique dont les turbulences troublent les images et brouillent la vue des astronomes. Aussi, débarrassé





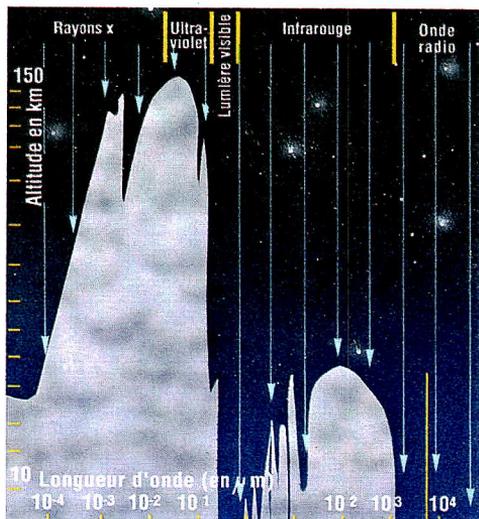
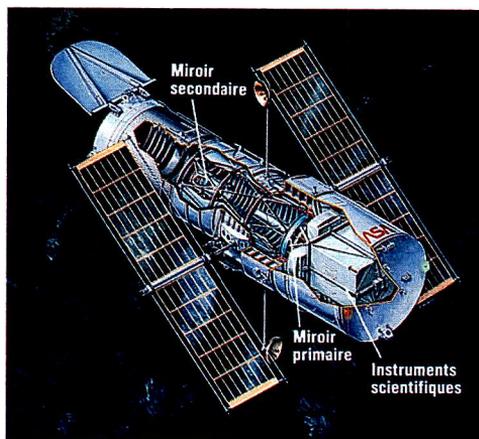
Hubble va-t-il confirmer Hubble?

Lancé par la navette, le télescope spatial va apercevoir les régions les plus reculées de l'Univers. Ses informations seront recueillies à White Sands, au Nouveau-Mexique, via le satellite TDRS, puis transmises pour traitement au Goddard Center, dans le Maryland. On a donné à cet appareil extraordinaire le nom d'Hubble, astrophysicien américain qui émit l'hypothèse que le décalage de la lumière de certaines étoiles vers le rouge était dû à un effet Doppler. Autrement dit, qu'il s'agissait là de corps célestes s'éloignant à grande vitesse du centre de l'Univers. Ce qui constitue la seule vraie pièce à conviction pour la théorie du big-bang. Le Hubble d'électronique et d'acier dira si le Hubble en chair et en os avait raison.

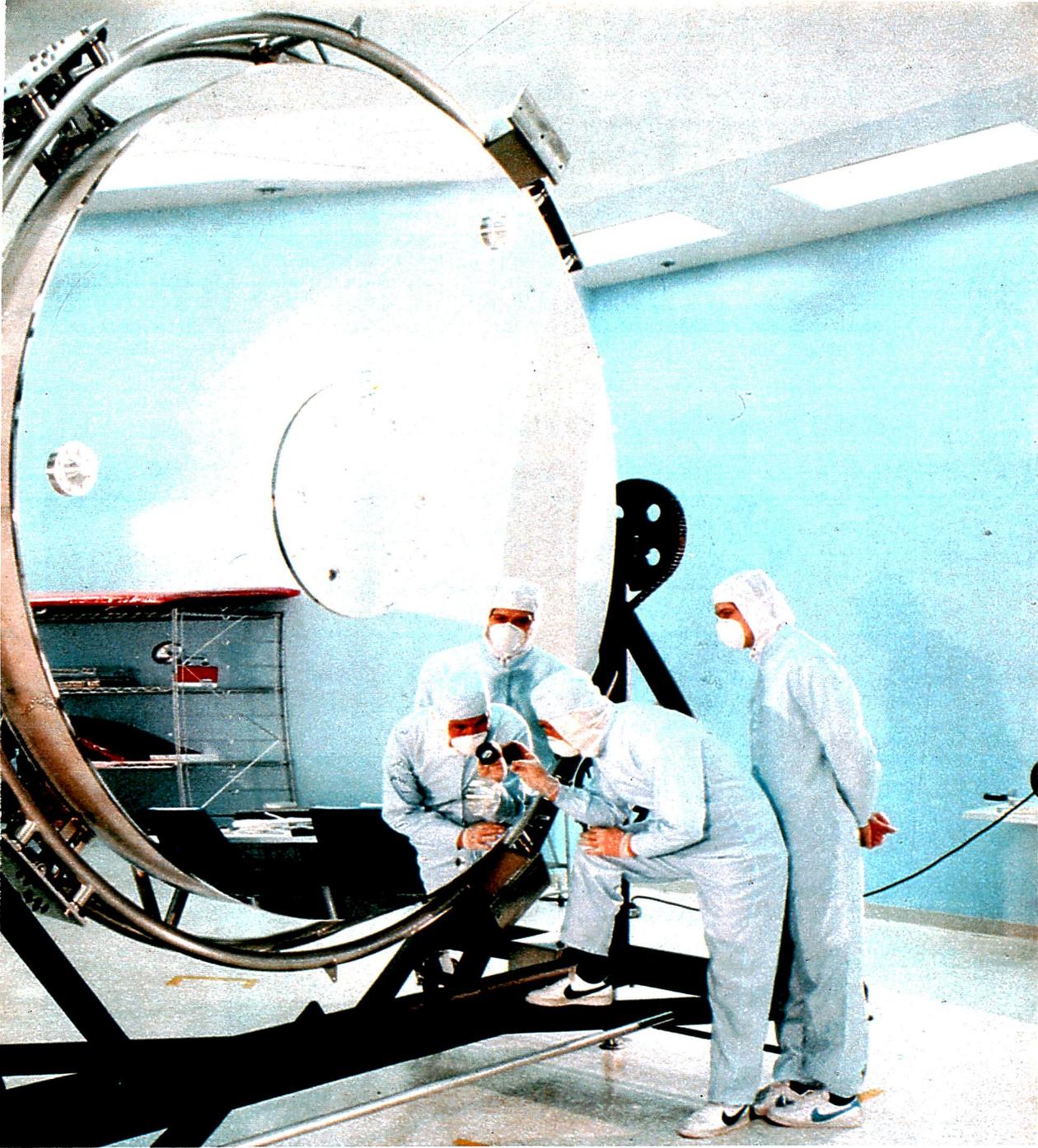
de cette couche, le télescope spatial devrait voir cinq et dix fois "plus fin" que les plus puissants télescopes terrestres. Ses performances atteignent 0,1 seconde d'arc, c'est-à-dire qu'il pourrait voir une bille à 40 km, alors qu'au-delà de 4 km les instruments classiques ne la voient plus.

Si les prévisions des spécialistes sont justes, le télescope spatial pourra voir des objets 50 fois moins lumineux que ceux qu'on observe aujourd'hui. Ce qui revient à dire que le volume de l'Univers accessible à nos yeux sera 100 fois plus vaste. Quelles surprises nous y attendent ? Probablement d'extraordinaires, car, en raison de la vitesse finie de la lumière (300 000 km/s), plus on voit loin dans l'espace plus on se rapproche de l'origine de l'Univers. Autrement dit, remonter le cours de la lumière, c'est remonter le temps (*voir encadré p. 26*).

La mise en orbite du télescope de l'espace est un



Le miroir de l'Univers. L'une des pièces maîtresses du télescope spatial est le miroir primaire d'un poids inférieur à 900 kg pour un diamètre de 2,4 m (ci-dessus en construction), dont la fonction est de capter la lumière et de la réfléchir sur le miroir secondaire, puis, de là, au foyer de l'instrument où se trouvent les capteurs d'analyse et de prise de vue. Dans l'espace, il recueillera les rayonnements de toutes longueurs d'ondes alors qu'au sol certaines composantes de la lumière sont absorbées par l'atmosphère, notamment l'ultraviolet, ce qui apparaît sur la courbe ci-contre ; en effet, celle-ci indique à quelle altitude l'intensité du rayonnement, pour une longueur d'onde donnée, a diminué de moitié.



des événements majeurs de la décennie en cours, comme l'a été, pour la décennie quatre-vingts, l'exploration du système solaire par les sondes Voyager. Pourtant l'idée d'un tel projet remonte à plusieurs dizaines d'années.

L'opération va coûter au bas mot 3 milliards de dollars. Les Américains en prennent 85 % et l'Europe 15%. L'ESA (Agence spatiale européenne) est chargée pour sa part de développer les panneaux solaires, qui doivent alimenter en énergie le télesco-

pe et un des instruments scientifiques : la caméra pour objets faibles. En contrepartie, l'Europe aura droit à un peu plus de 15 % du temps d'observation.

Le télescope spatial a aussi fait quelques heureux dans les cercles américains d'astronomes amateurs, qui lui ont confié cinq programmes d'études.

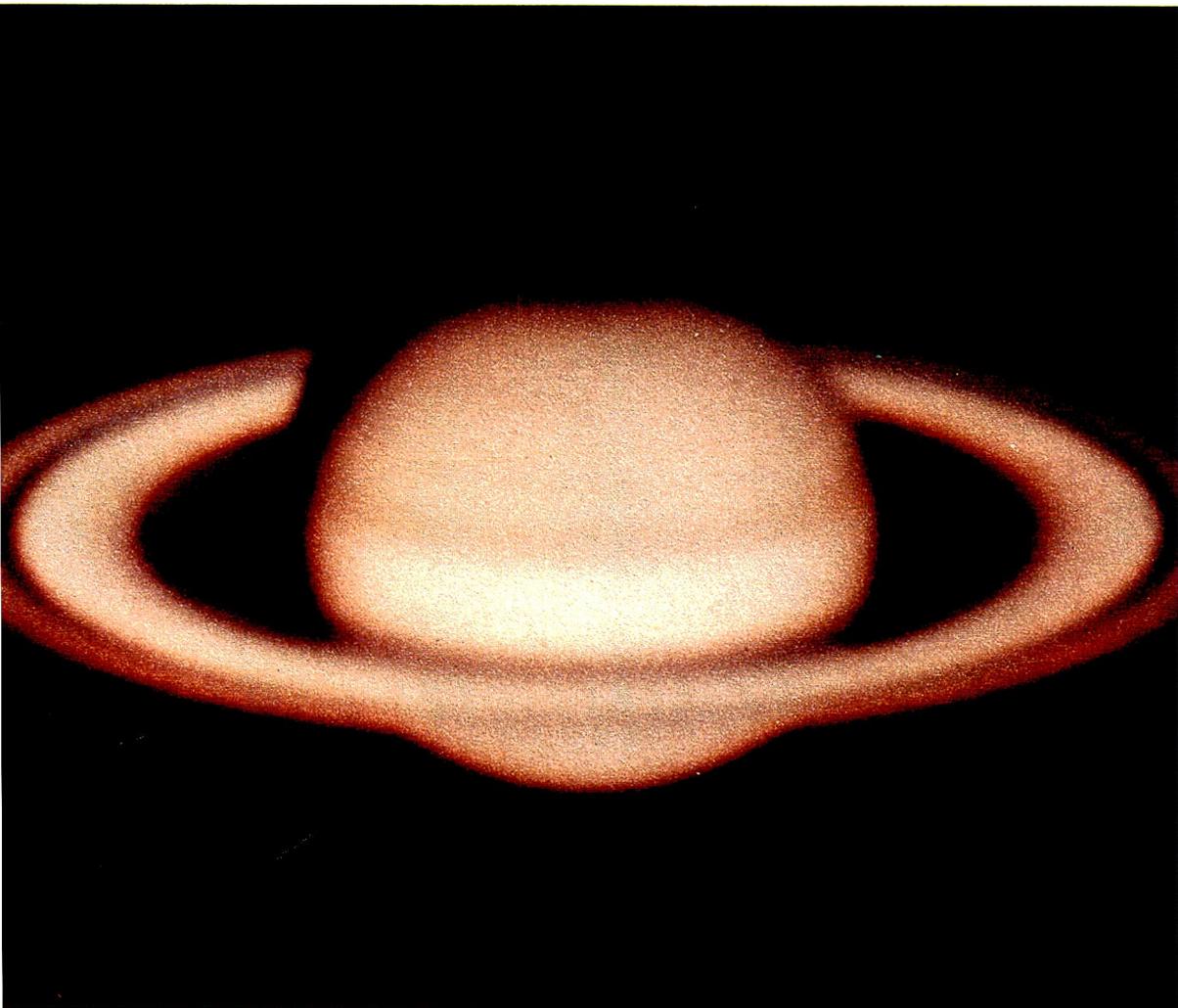
Tout est programmé sauf la date de lancement. Prévus pour 1983, elle a été reculée à plusieurs reprises. En 1986, c'était pour des retards de fabrication. Puis ce fut le report à une date indéterminée

après l'accident de la navette *Challenger*. Le départ fut enfin fixé à fin 1989, mais des vérifications de dernière minute le firent à nouveau reporter en mars puis en avril 1990. Au total, sept ans de retard ! Certes, ces délais ont été mis à profit pour améliorer des détails techniques, mais tout le monde aujourd'hui aimerait que l'on passe à l'action.

Il faut dire, à la décharge des organisateurs, que le télescope spatial est un des plus gros satellites scientifiques jamais envoyés en orbite. Un véritable observatoire complet de 15 m de long sur 5 m de

large. Son poids total avoisine les 12 tonnes. La technique du télescope proprement dit, de type Ritchey-Chrétien, se compose d'un miroir primaire concave de pas moins de 2,4 m de diamètre et d'un miroir secondaire convexe, plus petit, situé à l'avant du premier. Le foyer du système optique se trouve plusieurs mètres derrière le miroir primaire. La spécificité du miroir de 2,4 m est sa constitution en fines lames de silicate de titane soudées entre elles en forme de nids d'abeille. Son poids n'excède pas 900 kg, alors que s'il avait été réalisé en verre

HUBBLE VA PHOTOGRAPHIER LES PLANÈTES À BOUT PORTANT



▲ **Vues de la Terre**, les planètes du système solaire observées par les meilleurs télescopes terrestres montrent peu de détails. Saturne est flou. D'autres voisines, comme Uranus, Neptune ou Pluton, ne sont que des points lumineux dans le ciel.

► **Prises par Hubble**, les images seront encore meilleures que celles que nous ont envoyées les sondes Voyager. Et pourtant, nous avons déjà eu là une bonne idée de la complexité des anneaux, avec, en prime, deux de ses satellites, Dione et Tethys.

massif, il aurait dépassé les trois tonnes. Le polissage du miroir a été fait avec une telle précision que s'il avait la surface de la France ses irrégularités ne dépasseraient pas quelques micromètres ! La silice a été choisie non seulement pour sa légèreté, mais aussi pour son faible coefficient de dilatation thermique. Propriété ô combien importante dans l'espace, quand on sait que la température, selon que l'on est exposé ou non au Soleil, peut varier de $+100^{\circ}\text{C}$ à -150°C environ ! Pour limiter encore les risques de détérioration, les miroirs seront maintenus autant

que possible à température constante. Dernière sécurité : pour la qualité des images, la position relative des deux miroirs ainsi que l'emplacement du plan focal pourront être modifiés depuis la Terre.

En dehors du télescope proprement dit, il faut remarquer un autre grand instrument scientifique : le système de pointage. Véritable équilibriste de l'espace, le télescope ne déviara pas de plus 7 millièmes de seconde d'arc sur une période de 24 heures. Un tel sens de l'orientation est absolument nécessaire pour mesurer la position exacte des étoiles pointées.



Viennent ensuite les cinq instruments scientifiques proprement dits : la caméra planétaire à grand champ, la caméra pour objets faibles, le spectrographe pour objets faibles, le spectrographe à haute résolution et le photomètre à grande vitesse (nous y reviendrons plus loin). Un mécanisme très précis pourra diriger à volonté l'image d'un objet présent dans le champ du télescope vers l'un des cinq instruments en question.

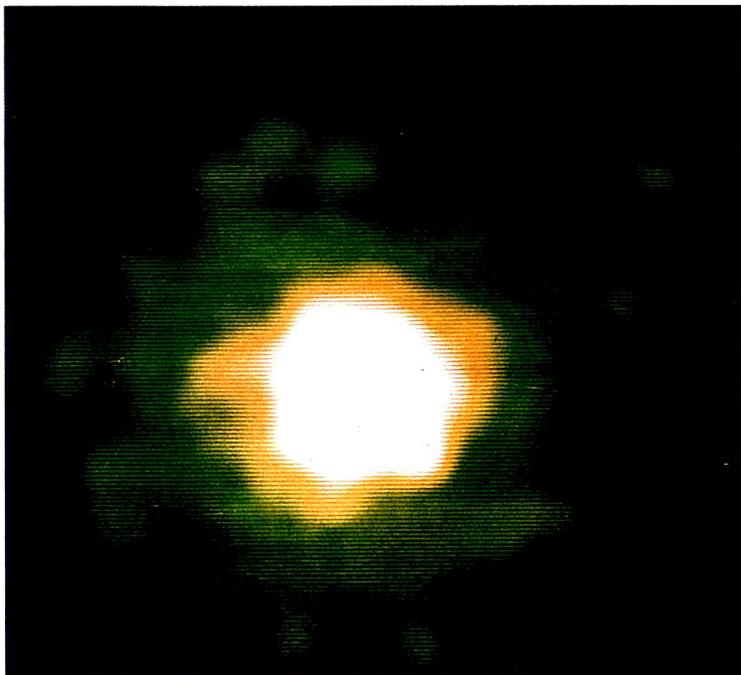
Inutile de dire que c'est un ordinateur de bord qui commandera les différentes opérations et recueillera les données pour les retransmettre vers la Terre. Comme le télescope est prévu pour une bonne quinzaine d'années de service, les spécialistes au sol pourront reprogrammer l'ordinateur afin de l'adapter au mieux à l'instrumentation, à l'expérience en cours ou tout simplement pour intégrer des progrès informatiques éventuels. De plus, l'observatoire volant recevra des visites régulières des astronautes de la navette. Il sera donc toujours possible de réparer, remplacer ou même ajouter des instruments scientifiques.

Certains de ces instruments sont si complexes qu'ils ont demandé près d'une dizaine d'années de mise au point à des équipes de chercheurs de pointe. C'est le cas de la caméra planétaire à grand champ. Elle est grand angulaire et à haute résolution. Elle servira essentiellement à l'étude des planètes de notre système solaire. Installée sur la face du télescope abritée du Soleil, elle ne recevra que la partie centrale de la lumière traversant ce télescope (lumière qui suffit pour reconstituer une image), grâce à un miroir réflecteur placé sur l'axe optique. Le reste de la lumière continuera son trajet vers les autres instruments pour des expériences

ces parallèles et complémentaires.

Son utilisation à grand champ permettra d'obtenir des images sur 2,67 minutes d'arc de part et d'autre de l'axe optique. Autrement dit, de faire de larges plans généraux. On pourra ainsi observer des objets astronomiques étendus comme les nébuleuses planétaires, les galaxies et les amas de galaxies. On attend, par exemple, le décompte des étoiles de galaxies dix fois plus éloignées que celles que l'on connaît bien aujourd'hui. On pourra, par conséquent, comparer les galaxies proches avec d'autres

HUBBLE VA ALLUMER DES MILLIERS D'ÉTOILES



Depuis la Terre, l'amas globulaire M 15, dans la constellation de Pégase...

JUSQU'OU REMONTER L'HISTOIRE DE L'UNIVERS ?

Verra-t-on un jour l'instant zéro, cette frontière mythique entre l'avant et l'après ? Depuis que l'on a établi la relation entre voir loin dans l'Univers et remonter dans le temps (une conséquence de la vitesse finie de la lumière : la lumière des galaxies lointaines met plusieurs milliards d'années à nous parvenir et nous permet donc de découvrir comment était alors l'Univers), ces questions se posent régulièrement. Une partie de la réponse se trouve dans la terminologie des astronomes. En effet, ceux-ci sont de plus en plus réti-

cents à employer les expressions de point d'origine, début de l'Univers, instant zéro, et préfèrent parler de singularité.

Du point de vue de la science astronomique, il existe plusieurs murs qui limitent cette remontée vers les origines. Le premier c'est le mur de la lumière.

Selon la théorie du big-bang, il faut attendre 700 000 ans après l'explosion initiale pour que la matière et la lumière se dissocient : c'est l'aube de l'Univers tel que nous le connaissons aujourd'hui. A cette époque, le cosmos dans son entier rougeoit ; il est à une température uniforme de 3 000 K. Dès lors, les conditions sont réunies

plus éloignées (dans l'espace et par conséquent dans le temps), et améliorer la connaissance de l'évolution cosmique. Ce sont ainsi des milliards d'étoiles qui vont sembler s'allumer dans notre ciel. On tirera de ces images des informations très diverses puisque certains de ces astres seront en formation, d'autres auront explosé en supernovae, ou bien se trouveront dans des stades intermédiaires de l'évolution stellaire. Elles permettront aussi d'améliorer la mesure des distances et des structures à grande échelle de l'Univers. Répartition des galaxies,

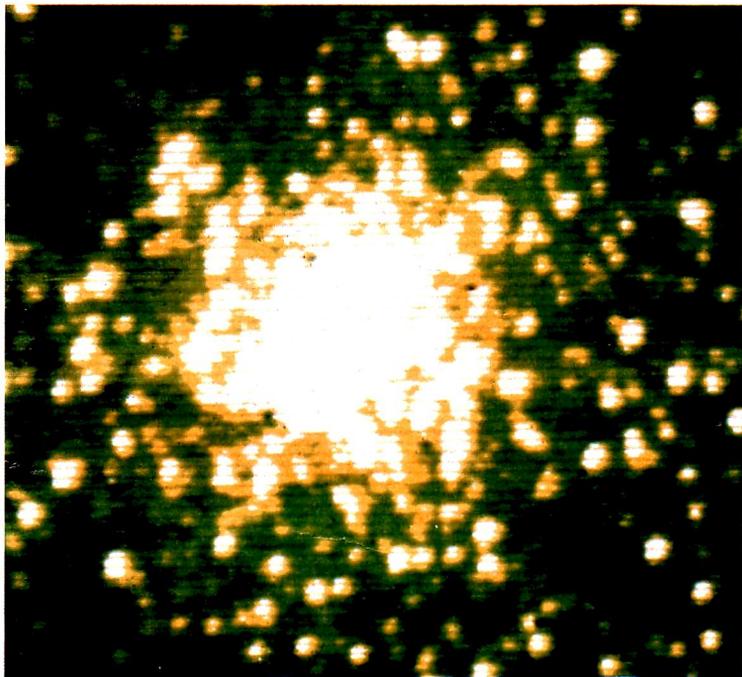
des amas, des superamas : c'est toute l'histoire du cosmos qui sera déroulée au fur et à mesure des observations. Les plus grandes énigmes de la cosmologie, comme la naissance des galaxies, seront peut-être enfin levées.

On attend aussi des images des planètes d'une grande qualité. Certains astronomes espèrent qu'elles seront aussi belles que celles que nous a envoyées la sonde Voyager dans son survol rapproché de Jupiter. La transmission de ces images représente, à elle seule, une véritable gageure technologique. Plus de 30 millions de bits sont nécessaires pour pouvoir reconstituer une seule image ! C'est dire que la caméra planétaire à grand champ engendrera à elle seule plus de bits d'information que les autres instruments.

Second fleuron du télescope spatial : la caméra à objets faibles. Mise au point par l'Agence spatiale européenne, elle a pour mission principale de détecter les objets les plus faibles de l'Univers. Autrement dit, de nous dévoiler une partie du ciel jusqu'ici invisible.

Que va-t-elle nous révéler ? Les spéculations ne manquent pas et on espère par-dessus tout découvrir des "systèmes solaires" comme le nôtre, c'est-à-dire une étoile entourée de ses planètes où la vie aurait pu naître et se développer comme sur la Terre. Pour apercevoir ces nouveaux mondes éventuels, on a placé deux petits masques opaques qui permettent de cacher la lumière émise par une source brillante et donc de dévoiler son entourage immédiat.

Cette technique, qui convient parfaitement à l'étude des planètes peu brillantes et occultées par la lumière de leur soleil, pourra aussi être utilisée pour l'étude des centres



... Une simulation numérique tente de nous montrer ce que nous fera voir Hubble.

pour que la lumière se libère de la matière en un gigantesque flash qui illumine simultanément, et pour la première fois, tout l'Univers. Aujourd'hui, cette lumière est devenue une lueur évanescence que les astronomes appellent la lumière fossile (faisant référence à son grand âge). Conséquence évidente : nos télescopes optiques, aussi puissants soient-ils, ne pourront jamais dépasser cette limite.

Mais les astronomes et physiciens théoriciens savent remonter beaucoup plus avant dans le passé. Ainsi, selon eux, une seconde après le big-bang, un nouveau découplage se serait opéré, cette fois entre la matière-lumière et les neutrinos. On attend donc un

rayonnement fossile de neutrinos comparable à celui de la lumière. Mais cette particule très étrange, dont on ne connaît pas la masse, est extrêmement difficile à détecter.

Le dernier mur semble être infranchissable. En effet, selon la théorie du big-bang, au moment de la singularité originelle, la température a atteint une valeur infinie. Or, aucune théorie physique n'est capable de concevoir le comportement de la matière pour des énergies supérieures à 10^{-19} GeV (10^{28} eV), valeur atteinte seulement 10^{-43} seconde après le big-bang. On a presque vu la naissance de l'Univers (voir *Science & Vie* n° 857), mais le peu de chemin qu'il reste à faire sera difficile à parcourir.

galactiques. En effet, certains objets comme les quasars (sortes de galaxies très lointaines) ont un cœur tellement actif et lumineux qu'il a été très difficile jusqu'à maintenant d'en observer les contours. Quand on sait que ces objets sont les plus lointains et les plus jeunes de l'Univers, on comprend l'intérêt et l'impatience des chercheurs. Que se passait-il en ces temps reculés de l'Univers ? Les quasars sont-ils les ancêtres tumultueux des galaxies ? Autant de questions aujourd'hui sans réponse.

Autre énigme à résoudre : les trous noirs. Ces dévoreurs d'étoiles nichés, selon la théorie, au centre des galaxies, pourront être détectés indirectement par les effets qu'ils provoquent sur leur environnement proche. La découverte de ces objets, qui n'existent aujourd'hui que sur le papier, pourrait bien remettre en question des pans entiers de la théorie physique ou la faire progresser de façon considérable (notamment pour la recherche de l'unification de l'infiniment grand et de l'infiniment petit).

D'une manière générale, c'est toute la physique stellaire qui profitera de ces observations : brillance des étoiles, identification et comptage des naines blanches ou des étoiles doubles, si importantes en astrophysique. La caméra à objets faibles pourra aussi, de par sa capacité à utiliser au maximum le pouvoir de résolution du télescope et son champ étroit, s'intéresser aux planètes lointaines de notre propre système solaire. Si les conditions le permettent, on aura pour la première fois des images de la surface de Pluton et de Charon, dernières planètes du système solaire non encore visitées. Certaines caractéristiques des deux caméras semblent se superposer, il s'agit en fait d'une sécurité supplémentaire, puisque chacune pourra pallier une éventuelle défaillance de l'autre.

Mais le télescope spatial n'a pas uniquement pour



UNE QUESTION DE TEMPS

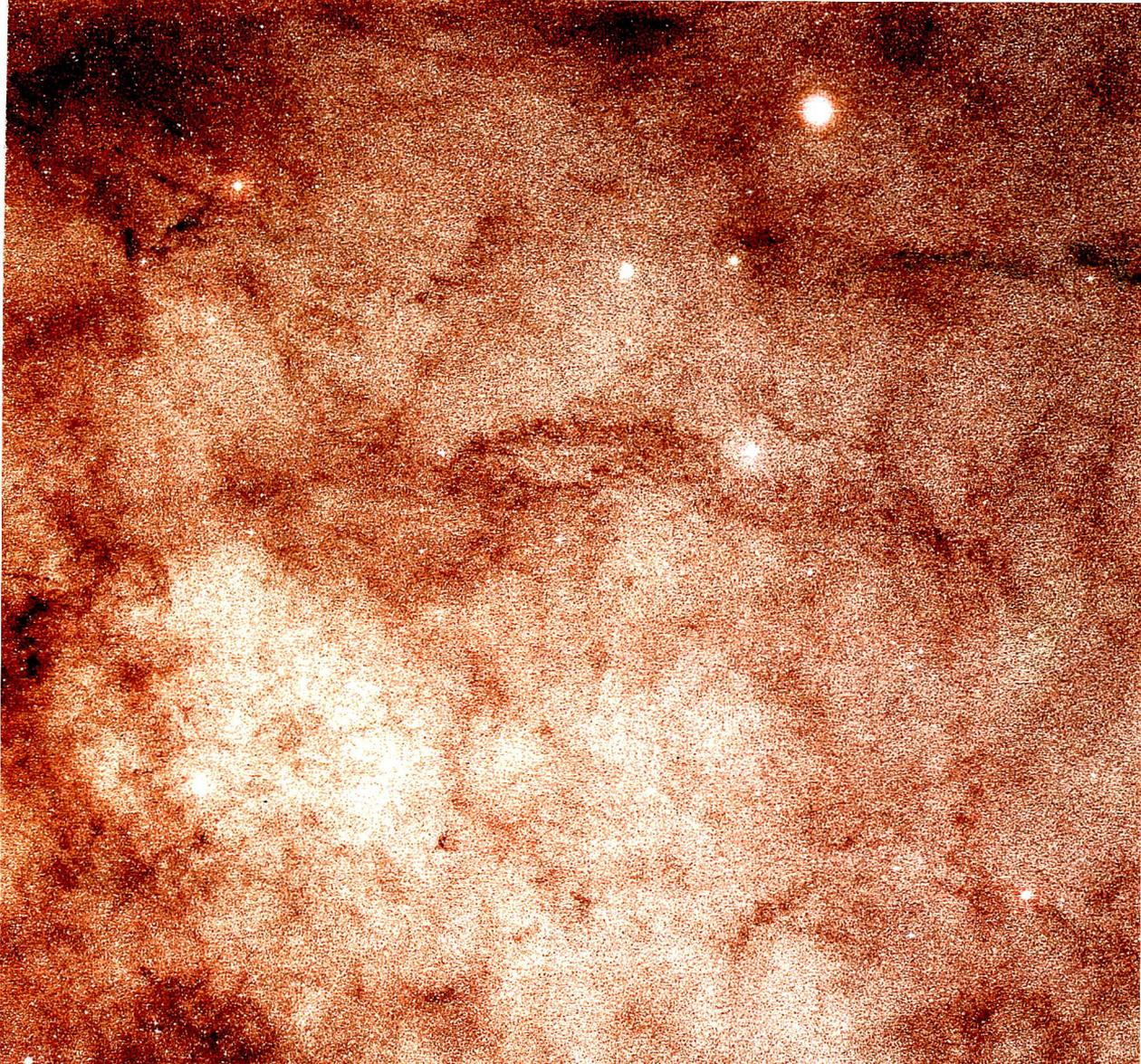
Le télescope spatial aura-t-il vieilli prématurément, avant même sa mise en service ? C'est la question que l'on peut se poser quand on sait qu'il sera lancé avec sept ans de retard et que les progrès des observatoires terrestres ont été fulgurants ces dernières années.

Le phénomène le plus marquant est sans aucun doute l'amélioration de la sensibilité des télescopes. Celle-ci se mesure par la magnitude, ou éclat relatif apparent des astres, qu'ils sont capables d'atteindre (plus le chiffre est élevé, plus l'éclat est faible). Si, au moment de sa conception, il avait plusieurs longueurs d'avance, aujourd'hui certains observatoires (CFH à Hawaï et La Silla au Chili) se rappro-

chent de la magnitude 28, chiffre officiel du télescope spatial. Il est vrai que certains astronomes espèrent frôler la barre des 29 et qu'il n'est possible d'approcher les 28 sur Terre qu'à de rares moments aux conditions atmosphériques très privilégiées. Il ne faut d'ailleurs pas se laisser tromper par les chiffres : la courbe de magnitude suit une progression géométrique et, en approchant la magnitude 29, l'Univers observable doit être multiplié par 100 par rapport à aujourd'hui.

Les turbulences de l'atmosphère sont, elles aussi, de plus en plus compensées par des moyens techniques nouveaux. Le télescope du mont Palomar obtient déjà une résolution de 0,5 seconde d'arc et le futur grand télé-

scope de La Silla devrait égaler les performances, 0,1 seconde d'arc, du télescope spatial. L'avantage reste donc pour le moment à l'observatoire de l'espace. Surtout si l'on considère qu'il peut recevoir et analyser toutes les longueurs d'onde du spectre électromagnétique : une des plus grandes limites sur Terre. Dernier argument majeur : son temps d'observation est deux fois plus important que celui des télescopes les mieux placés sur notre globe. La guerre des télescopes n'aura donc pas lieu et c'est une chance pour tous les astronomes de pouvoir disposer d'instruments différents qui, chacun à leur façon, sont indispensables et nous réservent des découvertes fabuleuses.



but de nous envoyer de très belles images. On peut même dire que la partie la plus importante du programme concerne l'analyse spectrographique de la lumière. Pour ce faire, deux spectrographes ont été embarqués à bord : le spectrographe d'étude des objets faibles et celui à haute résolution. La spectroscopie consiste à analyser la lumière en décomposant le faisceau lumineux en fonction de sa longueur d'onde. La lumière livre ainsi une multitude d'informations sur la source qui l'a émise. L'intérêt de son utilisation hors de l'atmosphère consiste notamment à pouvoir analyser la lumière dans la longueur d'onde ultraviolette puisque le rayonnement dans cette longueur d'onde est presque totalement arrêté par l'atmosphère terrestre. En d'autres termes, l'analyse des sources lumineuses les plus lointaines, comme les quasars, permet de mesurer les quantités d'éléments chimiques qu'ils contien-

UN UNIVERS 1 000 FOIS PLUS GRAND. Des quasars aux confins du cosmos, des milliers de galaxies lointaines, des milliards de nouvelles étoiles, comme dans cette zone de la Voie lactée, feront partie de notre nouvel univers.

nent. C'est toute la théorie de l'origine et de l'évolution de l'Univers qui pourra de cette façon être améliorée. Ainsi, si l'on trouvait beaucoup d'éléments lourds (comme le carbone et l'oxygène) près de l'origine de l'Univers, cela contredirait radicalement la théorie du big-bang (selon laquelle l'Univers à son origine était constitué d'éléments légers).

Le spectrographe d'étude des objets faibles sera peut-être l'instrument scientifique le plus utilisé. Il sera relayé par le spectrographe à haute résolution qui doit détecter les détails spectraux qui n'auraient pas pu être analysés avec le premier. C'est donc un véritable sondage chimique de l'Univers que vont effectuer les spectrographes du télescope spatial.

(suite du texte page 164)

FUSION FROIDE : LA THEORIE CHAUFFE

Des savants respectés, dont un prix Nobel, s'engagent en faveur du phénomène mystérieux, dit "fusion froide", observé il y a quelques mois, et que nous avons alors rapporté. Des capitaux considérables sont mobilisés. Des théories explicatives sont lancées. L'affaire de la fusion froide est loin de s'être refroidie.

Apès notre premier article sur la fusion froide (1), nous avons reçu un certain nombre d'admonestations de physiciens. Ceux-ci s'étonnaient de ce que, peu enclins à l'indulgence envers les blurgs, nous eussions souscrit à la réalité d'un phénomène "aussi improbable" que la fusion de deux noyaux de deutérium à température ambiante, sans le considérable investissement d'énergie prévu en théorie pour ce phénomène et, à plus forte raison, avec un baquet d'électrolyse pour tout équipement, alors que les recherches actuelles exigent des installations très lourdes. A les en croire, on ne parlerait plus de cette "pseudo-fusion", d'ailleurs tout à fait étrangère aux notions classiques de la physique, dans les semaines qui suivraient.

Or, actuellement, on en parle de plus en plus et, même, il semble que les remous suscités par le phénomène que décrivent, les premiers, Pons et Fleischmann, prennent de plus en plus d'ampleur. On observe ainsi, d'une part, des réactions d'humour et, d'autre part, des enthousiasmes chez des gens qui ne sont pas pourtant pas des amateurs et dont un au moins est prix Nobel.

Pour mémoire, Pons et Fleischmann assuraient qu'ils avaient réalisé une fusion de la manière suivante : ils avaient fait passer du courant électrique dans un récipient rempli d'eau lourde (donc, à base de deutérium) à laquelle ils avaient ajouté un sel, en l'occurrence du deutéroxyde de lithium. Dans ce récipient plongeait deux électrodes, l'une en platine et l'autre en palladium. Quand le courant passait, une réaction de fusion s'enclenchait. (Précisions qui restent utiles, car des publications pourtant aussi compétentes que Science ont récemment avancé que le sel aurait été du deutéru de lithium, et que les électrodes étaient entourées de grilles de

nickel, ce qui n'est pas le cas. Or, dans une pareille affaire, il convient d'être exact.)

Selon Pons et Fleischmann, la fusion se serait produite par compression des noyaux de deutérium à l'intérieur du réseau cristallin du palladium. A l'époque, cette hypothèse fit donc hausser les épaules à certains tenants de la fusion chaude.

Pour prouver que des réactions de fusion ont eu lieu, il faut détecter le produit de ces réactions : des neutrons, de l'hélium et du tritium. En effet, quand deux noyaux de deutérium fusionnent, deux réactions sont possibles classiquement : soit la fusion produit un noyau de tritium (un proton, deux neutrons) et un proton, soit elle donne un noyau d'hélium 3 (deux protons, un neutron) plus un neutron. Détecter ces éléments constituerait la preuve d'une fusion. Or, ils ne sont toujours pas réunis de manière formelle (2).

Pons et Fleischmann assuraient avoir enregistré l'apparition de ces trois produits, en plus d'un grand dégagement de chaleur. Quelques 400 expériences, ces derniers mois, ont tenté d'explorer le phénomène ; elles ont été refaites dans des conditions aussi proches que possible de celles de Pons et Fleischmann. Certaines ont permis d'enregistrer "quelque chose" (par exemple, un dégagement de chaleur ou du tritium), les autres rien du tout.

Il n'existe encore aucune explication claire et satisfaisante de l'ensemble de ces résultats. Mais plusieurs physiciens, et non des moindres, prennent la chose très au sérieux et commencent à ébaucher plusieurs hypothèses théoriques. Parmi eux, Julian Schwinger, physicien qui collectionne les prix, y compris le Nobel 1965, partagé avec l'illustre Richard Feynman, pour ses travaux sur la physique particulière, avance sa théorie. Pour lui, deux réactions de fusion, différentes de celles



Julian Schwinger, prix Nobel de physique — ici en 1965, le jour de la nouvelle, avec Mme Schwinger — un des physiciens, et non des moindres, qui ébauchent des théories en faveur de la fusion froide.

mentionnées plus haut, peuvent se produire. En premier lieu, deux noyaux de deutérium pourraient directement fusionner dans le réseau métallique du palladium, en produisant un noyau d'hélium-4 excité. Ce noyau est doté d'une énergie telle — 24 MeV — que ses nucléons, protons et neutrons, occupent des niveaux énergétiques anormalement élevés. Instable, il a donc une vie très courte, se désagrège et redevient de l'hélium ordinaire. Et il émet alors des rayons gamma.

Mais alors, pourquoi donc n'a-t-on pas enregistré de rayons gamma ? Schwinger offre une explication : le rayon gamma a pu se matérialiser en deux particules, un électron et un positon ; une telle réaction est classique en physique des particules. Ainsi s'expliquerait alors l'absence de rayonnement gamma.

Toujours selon Schwinger, une autre réaction aurait lieu : elle mettrait en jeu un noyau de deutérium et un noyau d'hydrogène "normal" (appartenant à une molécule d'eau légère, laquelle est toujours présente dans l'eau lourde). Cette réaction produit de l'hélium 3 sans émission de neutrons — ce qui a l'avantage d'expliquer pourquoi aucun neutron n'a été détecté dans la plupart des expériences. De plus cette fusion libérerait, à l'intérieur du réseau cristallin du palladium, une grande quantité d'ondes d'énergie, celles que la physique quantique nomme

"phonons". Le réseau du palladium oscillerait alors comme un résonateur et dégagerait une grande quantité de chaleur. Et justement, Pons et Fleischmann rapportaient avoir enregistré un grand dégagement de chaleur.

Schwinger n'est pas le seul à apporter un début de cohérence théorique à une fusion froide sans neutrons ni rayons gamma. Une équipe italienne, dirigée par E. Tabet et A. Tenenbaum, qui ne sont pas non plus tombés du dernier proton, estime que la fusion résulte des propriétés du réseau métallique de palladium qui constitue l'électrode, et dans lequel sont insérés les noyaux de deutérium. Ce réseau cristallin, par ses oscillations, créerait des zones où les noyaux de deutérium seraient si fortement comprimés et choqués que la distance de répulsion électrostatique, dite coulombienne, celle qui tient les noyaux à distance, serait vaincue. C'est ce qu'avaient d'ailleurs postulé Pons et Fleischmann. Les noyaux tomberaient alors dans le champ des forces nucléaires, condition indispensable aux réactions de fusion.

Tout cela indique que la fusion froide, loin d'être impensable, est tout à fait plausible en théorie. Mais elle comporte des points à clarifier et il s'en faudrait qu'elle rallie l'unanimité. Par exemple, pour Marius Scemla, électrochimiste expert, ancien assistant de Frédéric Joliot-Curie, et qui a longuement, et en vain, refait l'expérience, la possibilité d'une matérialisation systématique, à 100 %, d'un photon gamma en un électron et un positon est pratiquement nulle. Il devrait rester un rayonnement gamma important, et on ne l'a pas trouvé. Donc, le problème aurait été déplacé. C'est possible, mais alors d'où vient l'hélium-4 ?

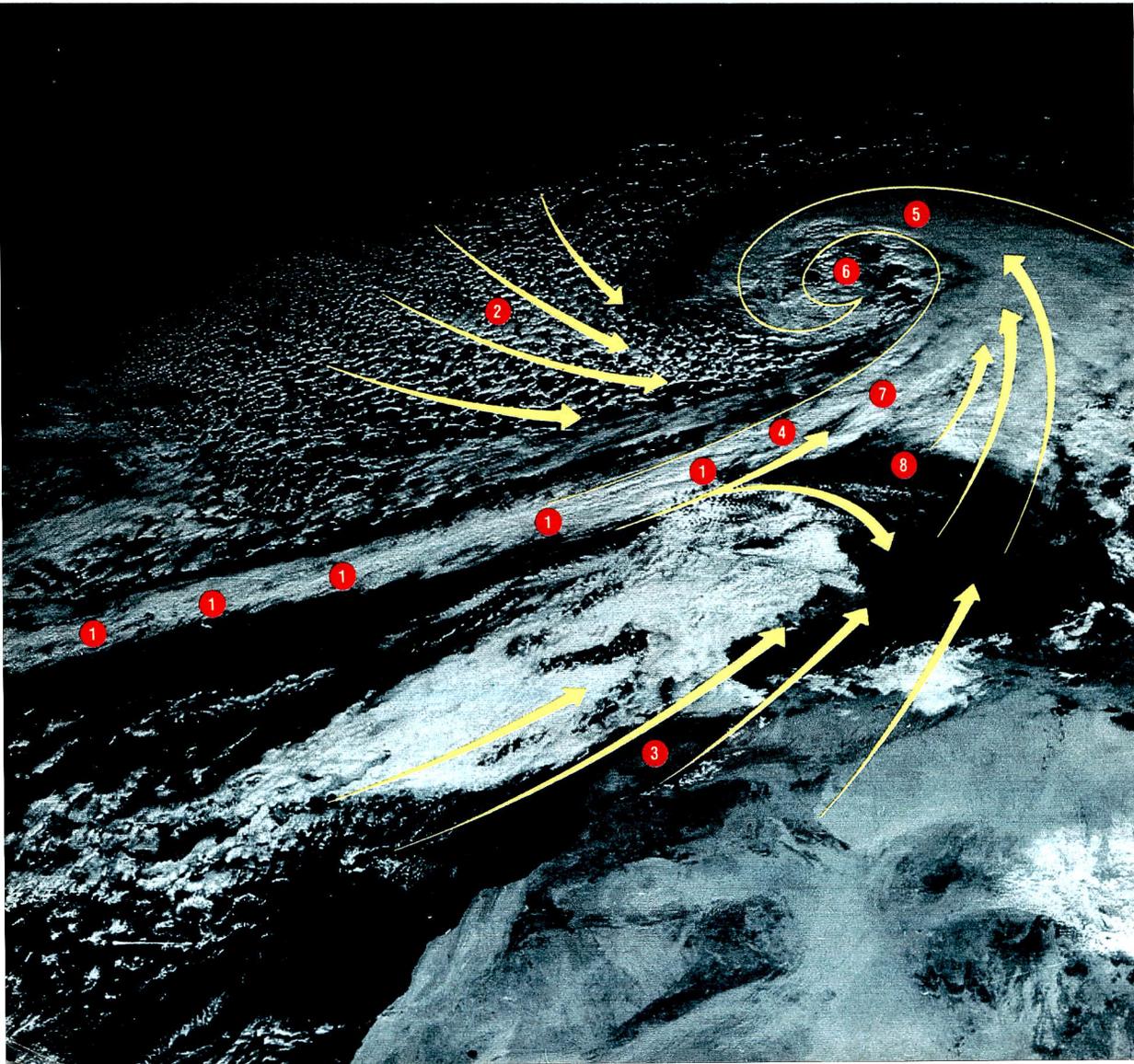
En conclusion, deux éléments d'étonnement s'imposent. Le premier est que l'expérience de fusion froide tantôt réussit et tantôt échoue, sans que personne n'ait l'ombre d'une idée sur les causes de tels caprices ; ce n'est pas normal. Le second est que des savants de haut vol n'ont pas du tout renoncé à la fusion froide et que des fonds considérables sont actuellement mobilisés pour les "gens qui y croient", fonds émanant d'organismes qui ne sont pas, par nature, aventureux. On a l'impression qu'il y a quelques personnes qui sont sur une piste chaude et secrète.

Bernard Thesnon

(1) Voir *Science & Vie* n° 860, mai 1989.

OURAGAN SUR LA FRANCE

La tempête destinée par tradition météorologique aux Ecossais s'est abattue sur la France, depuis Brest, où elle n'a pas surpris, jusqu'à Metz, où on n'avait jamais vu ça. Raison probable de ce déplacement : le réchauffement de l'Atlantique par le soleil exceptionnel de l'été dernier.



Un été caniculaire auquel succède un automne estival, puis un hiver qui ressemble à un automne et qui bat les records de douceur et de violence. Cette alternance entre l'immobilité, matérialisée par des nappes de gaz toxique chapeautant les grandes villes, et des vents déchainés (25 janvier, 3 et 11 février) est caractéristique du climat de cet hiver. S'agit-il d'un hasard qui a peu de chances de se reproduire, ou de la conséquence logique d'un phénomène nouveau, tel que la pollution et l'effet de serre, par exemple ?

C'est la question que se posent les climatologues. Tandis que la France panse ses plaies, les scientifiques fouillent déjà dans leurs statistiques pour analyser le phénomène.

Ils sont tous d'accord sur un point : voilà trente

ans au moins que trois tempêtes consécutives ne s'étaient pas produites. En revanche, les spécialistes se contredisent sur la tendance générale climatique du globe. Va-t-on vers un refroidissement ou un réchauffement des climats ? Cette question-là reste sans réponse depuis 50 ans. Actuellement, c'est la deuxième solution qui semble l'emporter en venant, fort à propos, étayer la théorie de l'effet de serre.

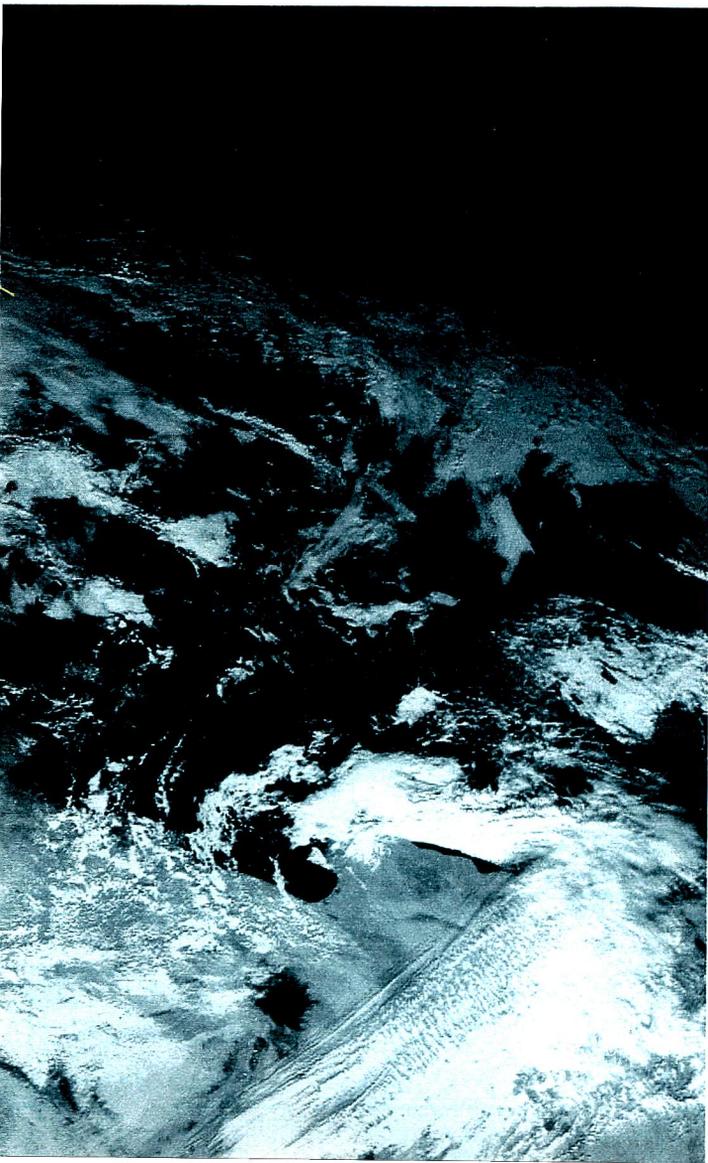
Rappelons de quoi il s'agit : certains gaz polluants qui s'accumulent dans l'atmosphère comme le dioxyde de carbone (CO_2) ou le méthane (CH_4) agissent comme les vitres d'une serre ; ils laissent entrer les rayons lumineux mais empêchent les rayons infrarouges de ressortir. Or, on constate bel et bien que depuis le début du siècle la Terre s'est réchauffée de $0,5^\circ\text{C}$, tandis que la quantité de CO_2 augmentait de 25 % dans l'atmosphère.

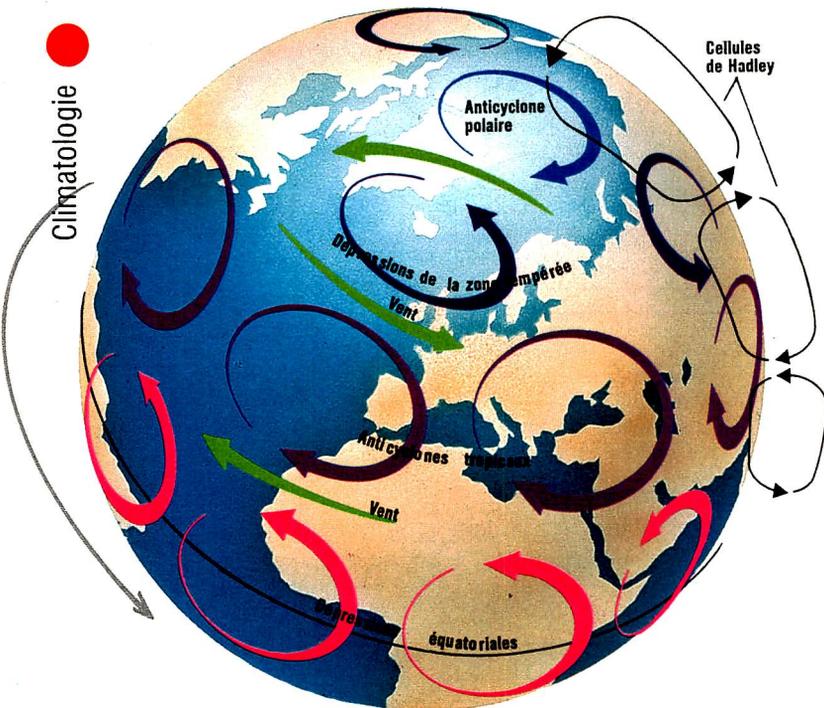
COMMENT EST NÉ LE VENT DU 25 JANVIER

Les vents violents qu'a subis le nord-ouest de la France le 25 janvier dernier (et qui ont récidivé en février) sont nés dans le sillage du front froid (1), frontière mouvante de plusieurs milliers de kilomètres de long entre l'air froid (2) venu du pôle et l'air chaud venu des tropiques (3). C'est à la hauteur de la France (4) qu'ils ont acquis leur vitesse la plus élevée (180 km/h), accélérés en tourbillon à ascension rapide (5) qui a créé une forte dépression centrée sur l'Angleterre (6). Le détail des masses d'air impliquées, de leurs mouvements et des perturbations induites est expliqué en p. 34.

Les températures sont restées douces parce que la France a été traversée par l'air chaud tropical qui a alimenté cette dépression. Au-dessus de l'Atlantique et de la Méditerranée, cet air s'est chargé en vapeur d'eau, qui s'est condensée en nuages en remontant vers le nord, d'où le temps couvert sur la partie nord-ouest du pays (7).

Le Sud-Ouest, en revanche, a été épargné (8), aussi bien par les vents violents que par les nuages, principalement grâce aux Pyrénées. En effet, cette chaîne de montagnes a créé une divergence en Y dans les couches basses du flux. Les couches hautes, plus froides, se sont alors affaissées entre les deux branches du Y, et du coup se sont réchauffées. Résultat : les nuages qu'elles portaient se sont dissipés (tout comme la condensation s'évanouit lorsque vous chauffez avec un sèche-cheveux le miroir embué de votre salle de bain).





est impossible et la confrontation tourne vite à la querelle.

Dans un premier temps, l'air froid pousse l'air chaud qui, plus léger, finit par céder sa place dans un mouvement ascendant. En montant, l'air tropical crée un vide où se précipite l'air froid, qui prend immédiatement sa place. C'est de ce mouvement d'air que naissent les vents.

Au fur et à mesure que l'air chaud monte, sa pression baisse (la même quantité d'air prend plus de volume) : c'est ce que les météorologistes appellent une "dépression".

Pour connaître la grandeur de la dépression et, du même coup, la force de la tempête qu'elle va engendrer, il faut calculer l'écart de pression qui sépare le début et la

LES VENTS PRODUITS PAR UN JEU D'ENGRENAGES

L'atmosphère terrestre est animée près du sol (jusqu'à une altitude de quelque 5 000 mètres) de mouvements d'air qui s'organisent en énormes masses tournantes qui s'entraînent les unes les autres comme des engrenages. Voici leur distribution dans l'hémisphère nord (dessin ci-dessus — l'hémisphère sud est animé du même système, mais en image miroir du premier) :

L'anticyclone polaire est une masse d'air très froid tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.

Les dépressions de la zone tempérée, au nombre d'une demi-douzaine environ, occupent une bande qui s'étend en moyenne entre les 70° et 50° parallèles. Elles tournent toutes dans le sens inverse aux aiguilles d'une montre. Avec l'anticyclone polaire, ces dépressions engendrent des vents d'est, qui sont des vents froids.

Les anticyclones tropicaux, aux cellules les plus grandes dans la mesure où la circonférence terrestre s'élargit, bras-

sent des masses d'air chaud. Leur rotation contre celle des dépressions de la zone tempérée crée des vents rapides en altitude, les fameux jet streams bien connus des pilotes.

Les dépressions équatoriales, centrées sur l'équateur, plus petites et plus nombreuses que les anticyclones tropicaux, sont également chaudes et engendrent avec ces derniers des vents d'est, les alizés, souvent alliés des concurrents de la Transat.

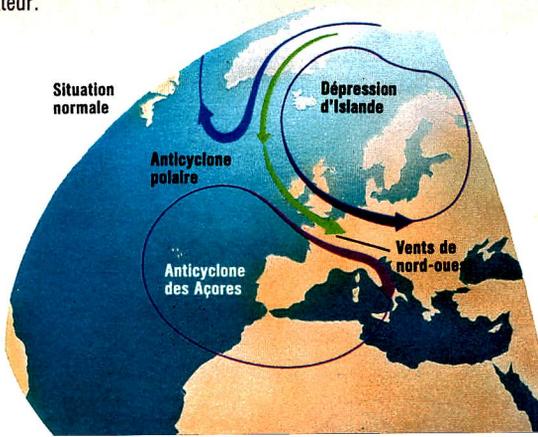
Ce système d'anticyclones et de dépressions existe en permanence ; leurs centres se déplacent sur des distances relativement courtes autour d'une position moyenne.

Outre ce tournoiement parallèle au sol, l'air atmosphérique est animé d'un mouvement en boucles dans le plan vertical, les cellules de Hadley, où l'air s'élève lorsqu'il rencontre une dépression et descend lorsqu'il rencontre un anticyclone. Ce mouvement appelé circulation atmosphérique entraîne un brassage de l'air entre les pôles et l'équateur.

Normalement, en février-mars (comme en novembre-décembre) de chaque année, la dépression d'Islande se centre sur la mer de Norvège. L'air froid de l'anticyclone polaire s'engouffre alors dans le passage libéré sur le flanc est de cette dépression. L'interaction entre anticyclone polaire et la dépression d'Islande, puis entre celle-ci et l'anticyclone des Açores engendre un vent d'orientation NW-SE. L'air est froid, car il vient pour partie en direct du pôle et pour partie de l'anticyclone des Açores, qui, s'étant décalé vers le nord (par rapport à l'archipel du même nom, son centre naturel), s'est lui aussi refroidi. L'air est humide car il a longuement traversé l'océan.

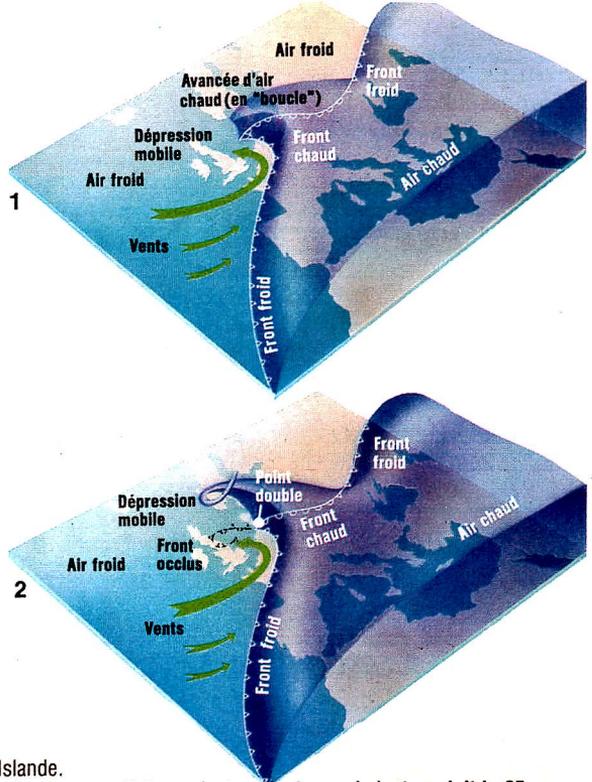
Le 25 janvier 1990. A cause de la persistance de l'anticyclone des Açores tout au long de l'été et de l'automne, la dépression d'Islande n'a pu descendre en latitude comme elle le fait normalement au début de l'hiver. Elle

Mais en quoi les tempêtes de cet hiver sont-elles liées à cet effet de serre ? La réponse se trouve dans les nuages situés au-dessus de l'Atlantique, vers les latitudes moyennes au large de l'Islande. A cet endroit se rencontrent les masses d'air froid descendant du pôle Nord et celles d'air chaud venant des tropiques (voir dessins pp. 34-35). Ces deux masses d'air tentent de se mélanger. Mais comme l'air froid est plus dense que l'air chaud, le mariage



fin de l'ascension d'air chaud. On mesure donc, à différentes hauteurs, la pression des tranches d'air et on reporte ces chiffres sur une carte. On relie alors entre eux tous les points d'égale pression : c'est ce qu'on appelle les "isobares" (du grec *iso*, qui signifie égal, et *baros*, qui veut dire pesanteur). Ces derniers indiquent en quelque sorte le "relief" de l'atmosphère, un peu comme les lignes de niveau d'une carte d'état-major indiquent le relief terrestre. Le tracé des isobares fait alors apparaître sur la carte un certain nombre de figures isobariques qui correspondent au mouvement caractéristique du relief aérien. C'est ainsi qu'au large de l'Islande apparaît toujours la même dépression : la dépression "fixe islandaise".

Ce mécanisme n'est pas tout à fait suffisant pour expliquer les déplacements d'air qui sont responsables de la genèse des dépressions et par conséquent des vents. Il faut y ajouter la force de rotation de la Terre. Pour comprendre comment cette dernière



s'est alors renforcée (on dit elle s'est "creusée") jusqu'à atteindre des niveaux records de basse pression. Elle a fini par vaincre l'anticyclone et par s'étendre en latitude. Résultat : la France a été soumise à un courant de vents d'ouest, qui a apporté des températures moyennes dans la mesure où, d'une part, l'air froid polaire a eu le temps de se réchauffer un peu au dessus de l'Atlantique, et, d'autre part, l'anticyclone des Açores a apporté de l'air plus chaud parce que plus tropical (voir photo satellite p. 32).

Le 3 février 1990. La dépression d'Islande s'est déplacée vers le sud-ouest, repoussant l'anticyclone sur l'Atlantique. La disposition des deux masses d'air en rotation a donné sur la France des vents orientés SO-NE, apportant des températures franchement douces pour la saison.

Quant aux vents et au mauvais temps qui ont sévi sur le nord-ouest du pays à ces dates, ils sont liés aux dépressions mobiles locales (dessins ci-dessus) circulant à la périphérie

de la dépression d'Islande.

• **Les vents.** Lorsqu'une masse d'air froid rencontre une masse d'air chaud, leur frontière commune prend la forme d'un biseau, l'air froid s'enfonçant sous l'air chaud tout en le poussant devant lui. Comme ce sont des masses en rotation, cette frontière est ondulante. Considérons une de ces ondulations : tout en avançant le long du front froid, elle va évoluer comme suit.

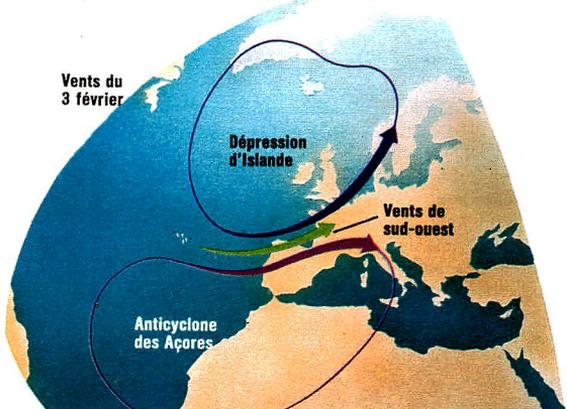
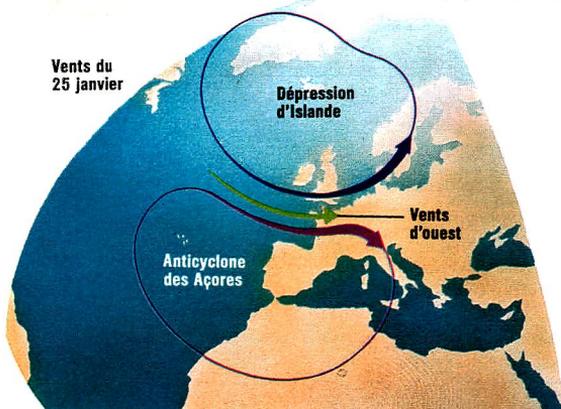
1. En s'y engouffrant, le vent froid la creuse tout en l'épousant, ce qui lui donne un mouvement tournant. Il se crée ainsi une avancée d'air chaud en forme de boucle qui se creuse de plus en plus tout en adoptant le mouvement de rotation (dessin 1 ci-dessus).

2. Fortement accélérés par cette rotation ascendante, les vents creusent et amincissent de plus en plus la boucle d'air chaud et finissent par en décoller du sol la pointe (dessin 2). Le vent froid passe alors en dessous, et les deux fronts froids se rejoignent en un front unique appelé front occlus. C'est au "point double", juste avant le front occlus, que les vents sont les plus vio-

lents ; c'est ce qui s'est produit le 25 janvier et le 3 février sur le nord-ouest de la France.

Le mouvement ascendant en tire-bouchon que nous venons de décrire prend naissance au début de la rencontre entre une dépression et un anticyclone (voir plus haut) et s'évanouit au bout de quelques milliers de kilomètres. Plusieurs phénomènes de ce type peuvent ainsi se succéder, créant autant de dépressions mobiles qui viennent renforcer la dépression fixe (ici celle d'Islande).

● **Le mauvais temps.** A mesure que la boucle d'air chaud d'écrite ci-dessus est poussée par les vents, elle recule dans l'air froid qui se trouve derrière elle, tout en le chevauchant selon une pente très douce (de l'ordre de 1 %). La vapeur d'eau qu'elle contient se condense, selon l'altitude, en différents types de nuages. Tout en haut de la pente (au-dessus de l'Alsace, par exemple), le ciel est bleu, avec des traînées de légers cirrus ; tout en bas (au-dessus de Paris) règnent les sombres nimbostratus porteurs de pluie.



composante agit, reprenons l'analogie entre les courbes de niveau du relief terrestre et les isobares de l'atmosphère : puisqu'un ballon lâché au sommet d'une colline roule dans le sens de la plus grande pente (perpendiculaire aux courbes de niveau), l'air devrait se diriger des hautes pressions vers les basses pressions, donc perpendiculairement aux isobares. Or, ce n'est pas tout à fait cela qui se passe. En effet, la rotation de la Terre engendre une "force déviante", appelée force de Coriolis, qui dévie tous les déplacements d'air vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche pour l'hémisphère sud.

Ainsi, à la rencontre des deux masses d'air (polaire et tropical), l'air chaud aura tendance, tout en montant, à s'enrouler autour de l'air froid sous l'effet de la force de Coriolis. Quant aux vents, ils

prendront la direction du sens d'enroulement, et donc presque parallèles aux isobares.

Au large de l'Islande, un autre phénomène vient encore s'ajouter aux deux autres. Il est produit, celui-là, par la chaleur venant de l'océan. Et plus particulièrement par la "dérive-nord-atlantique", un courant marin relativement chaud issu du Gulf Stream (1). Au contact de l'air polaire qui vient lécher les vagues, l'océan se refroidit en libérant la chaleur qu'il a stockée dans les premiers mètres de sa surface. Cet échange est d'autant plus important que la différence de température à l'interface air-océan est élevée. Or, cet hiver, justement, la température de l'eau de surface est plus chaude que les autres années (1°C de plus). Cette anomalie thermique dope ainsi le système d'échange air-océan,

amplifiant le mécanisme classique de formation des dépressions.

Certains climatologues, tels que l'anglais Mick Kelly (University of East Anglia), attribuent ce réchauffement à l'effet de serre. Le réchauffement global de la terre amplifie les contrastes entre l'air devenu plus chaud et les masses polaires toujours aussi froides. Il augmente ainsi la force et la fréquence des tempêtes.

La particularité de la tempête du 3 février, c'est qu'elle a balayé la France de Nantes à Metz en passant par Paris, alors qu'elle aurait dû réserver ses rafales, comme d'habitude, aux Irlandais et aux Écossais. Cela vient de ce que la dépression islandaise est beaucoup plus énergique cette année, qu'elle s'étale donc plus bas sur l'Atlantique Nord-Ouest, au lieu d'être localisée entre le Groënland et l'Islande. Cela explique que la tempête qu'elle engendre vienne maintenant secouer le centre de la France, alors qu'elle s'arrêtait jusqu'à présent sur les côtes bretonnes. Bref, l'exceptionnelle violence des vents de février est le résultat d'un long jeu d'engrenage : la dépression est plus vaste parce que l'Atlantique est plus chaud en raison d'un été 89 exceptionnel.

Et pourquoi l'été 89 a-t-il été aussi chaud ? Peut-être parce que le soleil était en crise (voir l'hypothèse de l'astrophysicienne E. Ribes, ci-contre). A moins qu'il s'agisse des premiers signes de l'effet de serre, comme le soup-

LE SOLEIL RESPONSABLE DES TEMPÊTES SUR TERRE ?

Elisabeth Ribes est astrophysicienne à l'observatoire de Meudon. Elle observe l'activité du Soleil, mais cherche aussi à comprendre le rôle qu'il peut jouer sur les climats. Au fil des siècles, nous dit-elle « on a appris que le Soleil est une étoile variable, ce qui veut dire qu'il a des taches qui apparaissent tous les 11, 3 années, témoignant de sa grande activité. Ce cycle est une moyenne calculée sur 300 ans, mais on peut avoir un cycle de taches qui va durer 9 ans et d'autres 13 ans. Ces périodes sont donc totalement irrégulières : en amplitude, en fréquence de taches et en durée ».

Ainsi, lorsqu'on parle de cycle solaire, il s'agit du cycle des taches. Ces dernières peuvent être observées avec une simple petite lunette d'amateur ou même à l'œil nu, lorsque le Soleil est bas sur l'horizon (comme ce fut le cas en mars ou en mai 1989)

Deuxième constatation : lorsque le Soleil est plus actif, son atmosphère extérieur se contracte légèrement, il envoie plus d'énergie et tourne plus vite. Cette contraction du disque solaire correspond, elle aussi à une oscillation de 11 ans. Or, on a constaté que lorsque le Soleil est apparemment un peu plus petit, il rayonne plus d'énergie, alors qu'au contraire son énergie décroît quand il se calme. Actuellement, elle est en pleine croissance.

Ces cycles ont-ils des effets sur les climats ? Cela fait plus de 100 ans que les scientifiques cherchent une signature du Soleil dans le climat terrestre. Il existe, pourrait-on dire, des indicateurs qui mettent en évidence un effet de 11 ans sur le taux de croissance des arbres (amplification de la photosynthèse). Cette signature végétale

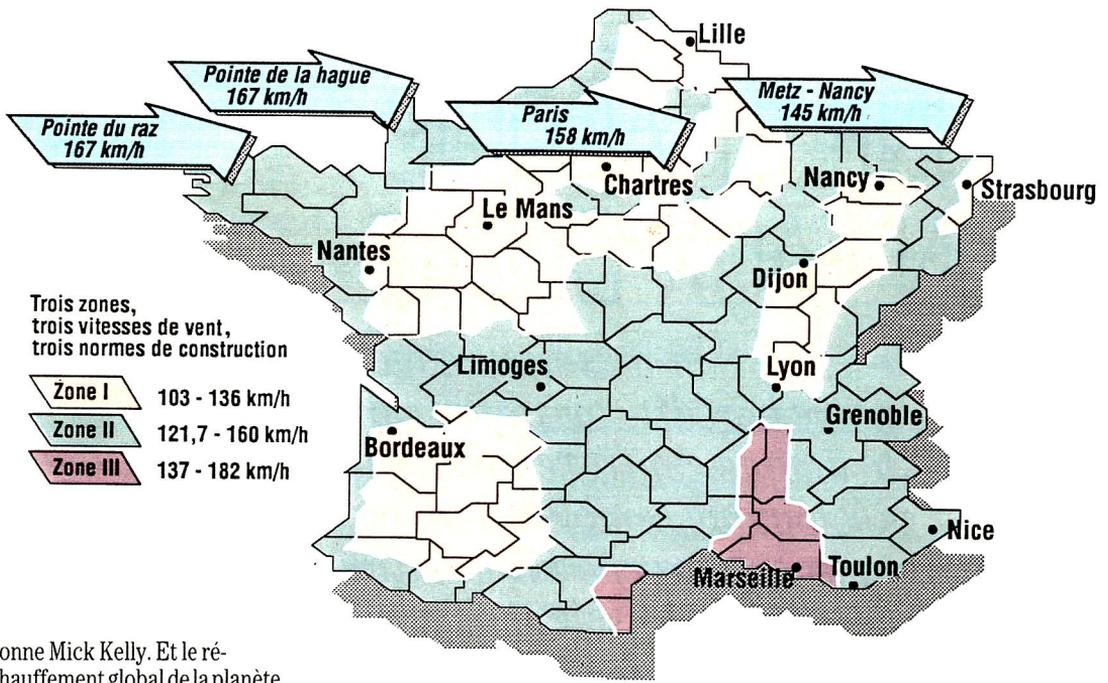
apparaît en observant cette périodicité dans l'épaisseur des anneaux de croissance des troncs de grands arbres, tels les séquoias (1000 ans).

Ce que l'on sait également, poursuit E. Ribes, « c'est qu'entre 1645 et 1705, il n'y a pratiquement pas eu d'activité sur le Soleil ; autrement dit, le phénomène des taches était devenu tellement rare que les astrophysiciens de l'époque l'ont signalé à l'Académie des sciences. Cette accalmie coïncida avec une période de froid sur toute l'Europe, une mini-ère glaciaire : n'y aurait-il pas là une corrélation ? »

À l'époque, les scientifiques se rendaient compte qu'il faisait particulièrement froid et que l'activité du Soleil était anormale, mais ils n'avaient pas assez de recul pour faire une relation de cause à effet. De nos jours, les astrophysiciens ont compris que cette mini-ère glaciaire coïncide avec la raréfaction des taches. *A contrario*, qu'est-ce qui empêche de penser que le réchauffement de la planète serait plutôt dû partiellement aux caprices du Soleil et non essentiellement à l'augmentation des gaz polluants... et à l'effet de serre.

Dernièrement, les chercheurs ont découvert que ce cycle de 11 ans agit sur le sens des vents de la stratosphère et, par voie de conséquence, influence le climat. En effet, en Europe, on a des hivers doux quand la circulation stratosphérique des vents au-dessus des tropiques est d'ouest en est : ce qui correspond à une très forte activité du soleil (plusieurs taches). Par contre, l'hiver est froid lorsque la circulation est d'est en ouest, ce qui coïncide avec une diminution des taches.

Thierry Felter



comme Mick Kelly. Et le réchauffement global de la planète accentue, aux latitudes tempérées, le contraste de température entre l'air chaud et l'air froid, ce qui favorise la formation des dépressions (donc de tempêtes) et augmente la violence des vents.

Les météorologistes, quant à eux, sont plus prudents. Ils pensent qu'on subit tout simplement une série accidentelle de tempêtes qui ne bouleversera pas les statistiques du siècle. Qui vivra verra.

Les dégâts qu'ont provoqués les récentes tempêtes ont été très spectaculaires et ont peut-être fait surestimer au public la vitesse des vents. Il suffit parfois d'un tout petit surcroît de vitesse pour que le vent de simplement fort qu'il était, devienne destructeur. En fait, il suffit que la vitesse augmente de 5 % pour que la poussée sur un bâtiment, augmente de 44 % ! Une vieille loi de la physique veut en effet que la force du vent augmente avec le carré de la vitesse (c'est la pression dynamique $q = V^2/16,3$).

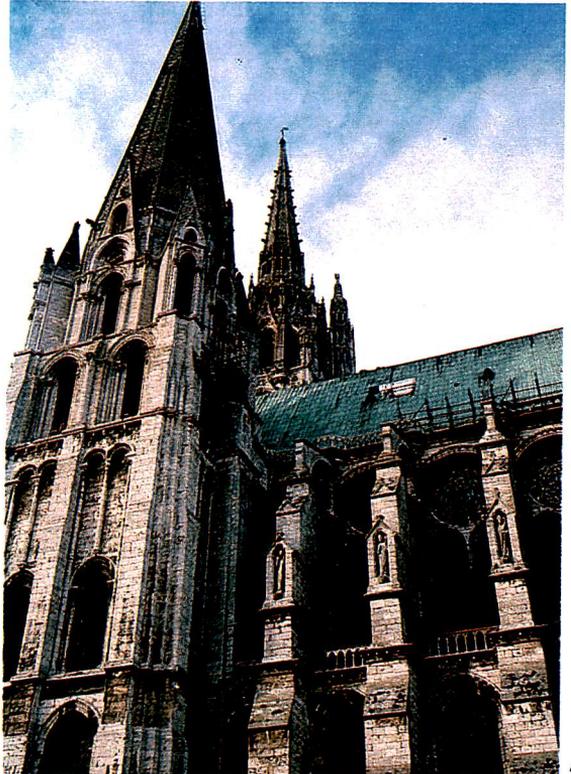
A cause de cette progression exceptionnelle de la force du vent les entreprises de construction doivent avant tout tenir compte des données météorologiques de la région. Celles-ci sont définies par la règle "Neige et Vent 65". Ces règles partagent la France en trois grandes régions en fonction de la vitesse des vents (*voir carte ci-dessus*).

Mais il ne suffit pas de tenir compte de ces vitesses pour se mettre à l'abri d'un coup de tabac. Le vent est malicieux. Il glisse plus facilement sur l'eau des fleuves, prend de la vitesse avec l'altitude, car il n'est plus freiné par le relief, et peu diminuer dans le fond d'une vallée. En revanche, en s'engouffrant dans une autre vallée de forme différente, il peut être accéléré par un effet Venturi. Ces caprices modifient donc sa force et de surcroît la formule de base ($q = V^2/16,3$) selon le site de construction : site protégé (fond de cuvette), site normal (grande plai-

(suite du texte à la page 168)

Le vent transgresse les règles de construction françaises.

Dans la région parisienne, les calculs de construction sont basés sur une vitesse maximale des vents de 136 km/h. Le 3 février 1990, la tempête a soufflé jusqu'à 156 km/h, propulsant la région parisienne (Région I) dans les normes de vitesse établies pour la Région II (Seine-Maritime). A Chartres, le toit de la cathédrale du XIII^e siècle n'a pas résisté à des rafales de 144 km/h.



INNÉ ET ACQUIS : UN FAUX DEBAT

Sommes-nous conditionnés plutôt par notre hérédité ou plutôt par notre éducation ? Cette longue controverse scientifique, politique et idéologique semble s'apaiser. Elle cède la place à une approche pragmatique qui permettrait d'utiliser à bon escient les innombrables données que fournit la génétique du comportement.



Il y a quelques années encore, la querelle de l'inné et de l'acquis provoquait de belles empoignades. Il s'agissait de savoir si l'individu est strictement conditionné par l'héritage parental ou si, au contraire, son intelligence, sa personnalité, son caractère sont essentiellement le produit de l'éducation et de l'environnement.

Une boutade de Simone de Beauvoir illustre à l'extrême la thèse de l'environnement : « On ne naît pas femme, on le devient. » L'amie de Jean-Paul Sartre affirmait par là que l'éducation est tout à fait déterminante, la petite fille étant "fabriquée" dès le berceau par ses parents qui lui achètent des poupées et des dinettes pour la mouler de force dans un personnage de femme, tandis que le garçonnet reçoit des armes et des trains électriques.

Les tenants de l'environnement et de l'éducation se situaient plutôt à gauche, politiquement. Ils reprochaient aux tenants de l'hérédité de défendre un point de vue pouvant justifier aussi bien l'inégalité sociale qu'une perversion encore plus grave, le racisme, fondé sur l'inégalité entre les êtres humains. Une inégalité génétique, héréditaire et difficile à corriger.

Se situant plutôt à droite, les tenants de l'hérédité voyaient dans leurs adversaires des interventionnistes dangereux, capables de resserrer l'étau collectiviste pour "éduquer" les individus et les niveler par le bas, au nom de l'égalitarisme. Les adversaires

d'hier constatent aujourd'hui que la génétique du comportement a mieux à faire qu'à alimenter des idéologies de gauche ou de droite. Elle permet de

On masculinise les petits garçons en leur coupant les cheveux, en leur offrant des voitures, etc.

dégager certaines lois qui peuvent être mises à profit.

Ainsi, des agences d'adoption commencent à tenir compte du capital héréditaire d'un enfant pour conseiller ses parents adoptifs. Des psychologues étudient les traits innés des enfants pour faciliter leur insertion dans un milieu scolaire ou social. Des médecins introduisent dans leur diagnostic le patrimoine génétique d'un individu pour établir un plan de prévention des maladies, y compris les atteintes mentales, auxquelles l'hérédité le prédispose.

La génétique du comportement a tellement progressé que personne ne met plus en doute le rôle joué par l'hérédité dans la détermination du quotient intellectuel, de la personnalité, des traits de caractère, des dons particuliers d'un individu.

Pourtant, cette discipline reste empirique. La biologie moderne a permis d'identifier des gènes précis qui sont à l'origine aussi bien des maladies que de certains caractères physiques tels que la couleur des yeux ou des cheveux. Mais il est très difficile d'étendre la même démarche à l'étude des traits psychologiques et des capacités intellectuelles, car un phénomène aussi complexe que le comportement est soumis à l'interaction de gènes très nombreux qui s'expriment de façon différente dans des environnements différents.

Ce que l'on peut constater en observant un individu, c'est son phénotype, c'est-à-dire l'ensemble des caractéristiques apparentes, quantitatives et qualitatives, qui lui appartiennent à un moment donné. Le phénotype est la résultante de deux facteurs :

- le génotype, c'est-à-dire le patrimoine génétique que l'individu a reçu de ses parents,
- et le milieu dans lequel il s'est développé.

La part de responsabilité de chacun de ces facteurs, l'inné et l'acquis, est extrêmement difficile à établir. L'influence relative de l'un et de l'autre peut changer selon les circonstances. Par exemple, une sévère malnutrition pendant l'enfance peut rabougrir le potentiel intellectuel d'un individu, alors qu'un environnement favorable au-

rait permis un épanouissement normal.

Faute de pouvoir étudier des gènes précis et limités en nombre, la génétique du comportement en est réduite à se fonder sur la statistique, qui tente d'évaluer l'influence respective de l'environnement et du patrimoine génétique. Les recherches les plus fructueuses en ce domaine ont été menées sur les vrais jumeaux. A la conception, les vrais jumeaux sont dotés du même patrimoine génétique, car issus du même ovule et du même spermatozoïde. Il est donc intéressant de comparer ce qu'ils deviennent dans deux cas opposés : même environnement (les jumeaux vivent ensemble) ou environnement distinct (les jumeaux vivent séparés). Que produit la différence d'environnement sur un patrimoine génétique identique ? Comment les choses se passent-elles si l'environnement est unique, toujours dans le cas d'un patrimoine génétique identique ? On peut également comparer les phénotypes de jumeaux identiques vivant ensemble à ceux de "faux" jumeaux, de frères et de sœurs, de parents plus ou moins éloignés, vivant également ensemble.



On féminise, selon les mêmes principes, les petites filles : par exemple, on leur met des nœuds dans les cheveux et on leur donne des poupées et des dinettes pour s'amuser...

De telles enquêtes ne se limitent pas à faire quelques comparaisons qui permettent de relever des coïncidences remarquables telles que le cas de ces frères jumeaux séparés à la naissance et qui deviennent tous les deux pompiers et fumeurs de pipe ou de ces sœurs jumelles, l'une en Australie, l'autre en Espagne, qui jouent toutes deux de la harpe. Les enquêtes statistiques vont bien plus loin.

Le meilleur exemple est sans doute celui du Pr Thomas J. Bouchard, de l'université du Minnesota, qui poursuit une recherche depuis plus de dix ans. Il a identifié une centaine de paires de jumeaux, dont 60 paires de vrais jumeaux vivant séparément depuis la plus tendre enfance. Bouchard procède, bien sûr, à des mensurations et à des examens physiques — taille, poids, enregistrement du rythme cardiaque et des ondes cérébrales, etc. —, mais il pose aussi des milliers d'autres questions. Elles portent sur des attitudes, des préférences, des comportements, des ambitions, des marottes, des goûts, des réactions à des situations quotidiennes ou à des conflits. Elles tentent de révéler des traits tels que la préférence pour le travail solitaire ou en groupe, la faculté de diriger des hommes, la propension à obéir ou à mettre en cause l'autorité, à être strict ou indulgent, à se soucier ou non de l'opinion des autres, à être plutôt traditionaliste ou excentrique, à préférer telle ou telle sorte de musique, de littérature.

Ces questions sont posées systématiquement à des jumeaux identiques, c'est-à-dire partageant les mêmes gènes, à de faux jumeaux (issus d'ovules différents et ne partageant entre eux que la moitié de leurs gènes, comme des frères tout-venant), à des jumeaux élevés dans la même famille et à d'autres adoptés chacun par une famille différente.

Au total, plusieurs milliers de jumeaux ont été étudiés de par le monde. Même s'ils ne savent rien sur les gènes spécifiques qui commandent le comportement, les "psychogénéticiens" peuvent réellement commencer à parler de statistiques fiables.

En gros, ces statistiques établissent que les gènes sont responsables pour moitié environ du quotient intellectuel et de nombreux autres traits de caractère. Il faut dire "en gros", car il ne sera sans doute jamais possible d'attribuer des pourcentages précis à l'inné et à l'acquis dans l'origine d'un trait de caractère. Une simple mutation modifiant la nature chimique d'une ou de plusieurs substances intervenant dans le métabolisme cérébral peut changer la personnalité de l'individu ou le prédisposer à changer son comportement dans un environnement donné. Or, il existe des centaines de substances intervenant dans le fonctionnement cérébral.

La mesure précise de l'héritabilité au sens génétique ne pourrait être réalisée que par des expériences conduites au moyen de croisements dirigés, qui sont bien évidemment exclus pour notre espèce.

Bouchard et d'autres généticiens du comportement ont constaté que des jumeaux identiques élevés séparément, dans des environnements parfois très différents, présentent entre eux des similitudes troublantes sur une quantité de traits de caractère : extraversion, ambition, traditionalisme, obéissance à l'autorité, compulsivité dans le travail, etc.

Mais tous les traits de caractère ne semblent pas influencés par les gènes au même degré. Le Pr Robert Plomin, psychologue de l'université de Pennsylvanie, qui a participé à l'étude de 700 paires de jumeaux suédois, a tenté, toujours par des méthodes statistiques, de déterminer quels sont les traits qui ne sont pas, ou qui ne sont que peu, influencés par les gènes. L'un de ces traits, selon lui, serait la "gentillesse". Le développement de la gentillesse semble être plutôt favorisé par l'environnement. On peut légitimement penser que ce trait de caractère reflète l'attitude que les gens ont manifesté envers l'enfant depuis sa naissance et donc qu'il est acquis, plutôt qu'inné.

Un comportement que l'on imaginerait plutôt acquis se révèle, en fait, plutôt inné : c'est l'alcoolisme. On pense volontiers qu'un enfant devient alcoolique parce qu'il vit dans un environnement où l'on boit et où on le fait boire. Mais l'influence génétique est plus importante qu'on ne pourrait le croire : une étude suédoise a montré que les enfants de père alcoolique, même s'ils sont élevés dans une famille où l'on ne boit pas, encourent un risque quatre fois plus élevé que la normale de devenir alcooliques. L'utilité des enquêtes génétiques devient ici évidente : les parents adoptifs d'un enfant qui a des antécédents alcooliques, informés, peuvent prendre des précautions salutaires.

Plusieurs agences d'adoption aux États-Unis ont commencé à tenir des dossiers sur les parents d'enfants qui leurs sont confiés, et parfois même tentent de retrouver les géniteurs d'un enfant adopté pour obtenir des renseignements sur son hérité. Parfois, on demande aux géniteurs de remplir un questionnaire détaillé concernant non seulement leur état de santé, mais aussi leurs intérêts, leurs talents, leurs phobies, leurs traits particuliers.

De tels renseignements peuvent être particulièrement utiles pour le diagnostic de troubles du caractère, de maladies mentales ou de prédispositions à de telles maladies. Plusieurs enquêtes ont indiqué que des maladies mentales comme la schizophrénie et la dépression ont une forte composante génétique. Dans un couple de vrais jumeaux, si l'un d'eux est atteint de schizophrénie, le risque statistique pour l'autre de contracter la maladie est de 50 %, contre 1 % pour la moyenne des individus. Certains types de dépression ont également une forte composante génétique.

La somme des données recueillies sur la nature héréditaire des traits de caractère est telle que per-



sonne ne nie plus l'influence des gènes sur la personnalité. Pour certains, l'inné est tellement important qu'il change l'environnement : le paysage change selon qu'il est vu au travers de lunettes roses ou de lunettes vertes. Du coup, la notion d'environnement devient relative, car chacun l'adapte à son "point de vue génétique".

Pour Plomin, la remise en cause du concept traditionnel de "bon environnement" pour un enfant est l'un des résultats les plus importants obtenus par les généticiens du comportement depuis dix ans. Il pense que l'identité de l'environnement, pour une même famille, joue un rôle minime, peut-être même inexistant, dans l'identité des traits de personnalité de ses membres. S'il y a similitude de traits, elle proviendrait plutôt d'une similitude de gènes héréditaires. Les enquêtes du Pr Bouchard font également ressortir l'importance des gènes. Les traits de personnalité des vrais jumeaux ne varient pas beaucoup selon qu'ils sont élevés ensemble ou non. La corrélation est en moyenne de 0,52 dans les premiers cas et de 0,49 dans le second. La corrélation entre de faux jumeaux, qu'ils soient élevés ensemble ou non, n'est que de 0,23, soit deux fois moins que pour les vrais. Cette différence entre vrais et faux jumeaux correspond à celle que l'on obtiendrait par un calcul mathématique fondé exclusivement sur les gènes en ignorant l'environnement. Bouchard retrouve des corrélations comparables pour des "traits" aussi complexes que les opinions sur la peine de mort, le désarmement, les goûts musicaux.

L'influence des gènes sur le comportement est d'ailleurs bien connue des éleveurs, qui procèdent par sélection pour obtenir des animaux dotés d'un certain comportement. Beaucoup de généticiens se

refusent à comparer le comportement humain à celui des animaux, alors que d'autres, comme Edward O. Wilson, entomologiste et socio-biologiste, qui tente d'étudier les bases biologiques du comportement, pensent que « *Homo sapiens* est une espèce animale classique en ce qui concerne la qualité et l'amplitude de la diversité génétique qui affecte son comportement ». Wilson pense que les gènes qui, plus ou moins directement, ont des effets sur le comportement pourront un jour être identifiés.

La génétique du comportement est critiquée par certains parce qu'elle prônerait un déterminisme psychologique, limitant la liberté individuelle. A quoi d'autres répliquent qu'un certain déterminisme biologique existe de toute évidence et qu'il vaut mieux en connaître les contraintes et les limites pour tenter de combler des lacunes ou, au contraire, pour favoriser un trait ou un don particulier.

Le Pr Bouchard donne l'exemple de deux jumelles identiques, séparées peu après leur naissance. L'une fut adoptée par un professeur d'université, grand érudit, l'autre par une famille d'ouvriers qui ne possédait pas de livres. Toutes deux aimaient la lecture. La première avait chez elle l'environnement pour satisfaire ce penchant. L'autre découvrit une bibliothèque publique et s'y abonna. Mais si cette dernière avait vécu loin de tout livre et si personne n'avait reconnu chez elle ce goût inné pour la lecture, elle serait sans doute restée inculte.

Tout comme la génétique médicale, elle aussi en plein développement, la génétique du comportement devra être pratiquée avec précaution, dans un cadre éthique rigoureux.

Alexandre Dorozynski

Sous le signe des Gémeaux.

Similitudes troublantes des jumeaux, qui révèlent que les gènes ont une influence indéniable sur le comportement.

LA "MESALLIANCE" ENTRE ESPECES DEVIENT POSSIBLE

Qu'est-ce qui fait que les individus qui composent une espèce ne peuvent pas se croiser avec ceux d'une autre espèce ? Réponse : dans l'œuf, les mauvais appariements sont rejetés par des enzymes de contrôle. Des chercheurs français ont réussi à endormir ces gardiennes vigilantes de l'identité spécifique. Les croisements les plus étranges deviendront un jour possibles.



Lors de leur apparition, dans la nuit des temps, chaque espèce fut entourée d'une "barrière génétique" lui interdisant les croisements avec une espèce différente. Assez fragile pour des espèces voisines dans la classification zoologique, cette barrière est plus résistante pour les espèces de parenté éloignée. Il semble qu'elle vienne de voler en éclats, avec des conséquences qui pourraient être considérables.

À l'origine de cette *perestroïka* zoologique, les expériences faites à l'institut Jacques-Monod à Paris par une équipe de chercheurs (Christiane Rayssiguier et David Thaler), dirigée par Miroslav Radman (1). Ces travaux, publiés en novembre dernier dans la prestigieuse revue scientifique britannique *Nature*, ne concernent pour l'instant que deux bactéries, *Escherichia coli* et *Salmonella typhimurium*, appartenant à des espèces et même à des genres différents, mais entrant tout de même dans la même famille, celle des entérobactéries.

Cette découverte pourrait ouvrir la porte, mais il

ne s'agit là que de prospective, à des croisements entre espèces cousines, l'homme et le chimpanzé, par exemple, qui possèdent respectivement 46 et 48 chromosomes, puis, à supposer qu'on y parvienne, on pourrait tenter des croisements d'espèces plus éloignées génétiquement. Par la suite, ce *melting-pot* pourrait concerner toutes les espèces à reproduction sexuée ou asexuée, et, enfin, mais ce n'est pas pour demain, il pourrait être généralisé à l'ensemble du monde vivant.

Le brassage génétique serait alors étendu à l'ensemble de l'arche de Noé. Plus rien ne s'opposerait à ce que l'homme se croise avec des animaux de tous poils et de toutes plumes, avec des bactéries ou, pourquoi pas, avec des arbres. Tout le travail de Linné et de Cuvier, ces deux naturalistes qui ont passé leur vie à classer l'ensemble du règne animal et du règne végétal, serait bon à mettre au panier.

Les recherches de ces deux savants furent à l'origine de la discipline des sciences naturelles que l'on appelle taxonomie, taxinomie ou encore systématique. Cette discipline a pour but de classer l'ensemble des êtres vivants de la planète, en prenant l'espèce

(1) Christiane Rayssiguier est maître de conférences à Paris-XI, David Thaler est chercheur à l'université de l'Utah (USA) et Miroslav Radman est directeur de recherches au CNRS - Paris-VII.



comme unité de base. Qu'elle soit animale ou végétale, l'espèce englobe une collection d'individus semblables entre eux ou qui, du moins, se ressemblent beaucoup plus entre eux qu'ils ne ressemblent aux individus d'autres espèces. Ce critère de similitude des caractères est cependant insuffisant pour définir l'espèce. Prenons l'exemple de *Canis familiaris*. Dans cette espèce, on rencontre un grand nombre de races (basset, bouledogue, lévrier...), qui diffèrent souvent plus entre elles que certaines ne diffèrent d'espèces voisines, comme le loup. On les range cependant dans la même espèce, parce que, et c'est là le critère fondamental de l'espèce, ces "races" différentes peuvent se croiser et donner des produits indéfiniment féconds, alors que le croisement est presque toujours impossible entre espèces différentes.

A partir de l'espèce, Linné a fixé et défini des unités de classification de rang supérieur : le genre (qui regroupe plusieurs espèces), l'ordre (plusieurs genres) et la classe (plusieurs ordres). A la suite de Linné, les taxonomistes ont enrichi la classification : au-dessus de la classe, ils ont placé l'embranchement et, au-dessus encore, le règne (animal ou végétal). Entre le genre et l'ordre, ils ont inséré la famille.

Linné a instauré une nomenclature adoptée par tous les zoologistes et botanistes. Le nom scientifique de chaque animal ou végétal se compose de deux mots latins : le premier, qui est un substantif, désigne le genre et porte une majuscule, le second, qui est un adjectif, indique l'espèce, avec une minuscule (*Lacerta muralis* = lézard des murailles, *Brassica oleracea* = chou-fleur, *Homo sapiens* = homme).

Dans l'ensemble du règne animal et du règne végétal, les règles de reproduction sont strictes.

- **Règle 1** : les croisements entre espèces différentes sont impossibles. A l'exception de certaines espèces différentes mais étroitement apparentées, appartenant à un même genre, qui peuvent s'accoupler et donner naissance à des êtres vivants et viables, appelés hybrides.
- **Règle 2** : les hybrides sont toujours stériles (?). L'espèce est donc solidement verrouillée, puisque les mésalliances exceptionnelles entre espèces différentes sont sans espoir de reproduction.

On connaît de nombreux exemples d'hybrides : le mulet résulte du croisement de l'âne et de la jument, le bardeau est le produit du cheval et de l'ânesse. Le tigre peut s'accoupler avec la lionne. Mais ni le mulet, ni le bardeau, ni le petit de la lionne et du tigre ne peuvent avoir de descendance. La règle 1, qui interdit la plupart des croisements interspécifiques, s'explique par le processus de la mitose. On désigne ainsi la division cellulaire qui est à l'origine de la croissance de l'individu, de la conception jusqu'à la mort : une cellule se divise pour donner deux nouvelles cellules qui se diviseront à leur tour et ainsi de suite. Outre la croissance, ce processus assure, dans l'organisme, le renouvellement des cellules vieilles.

Pour que la vie soit possible, il faut que la totalité du message génétique porteur du patrimoine de l'individu soit transmis sans erreur, au cours des divisions cellulaires. Chez tous les êtres vivants, ce message se trouve inscrit, sous forme codée, dans la molécule d'ADN constitutive des chromosomes. Cette molécule a une structure à double brin, chaque brin étant complémentaire de l'autre et portant la

(2) Exception à cette règle, les 4 espèces du genre *Canis* : chien, loup, coyote et chacal, qui ont chacune 78 chromosomes, sont indéfiniment interfécondes entre elles, en captivité. Certains zoologistes voudraient en faire une seule espèce. La majorité s'y oppose, puisque la reproduction n'a lieu qu'en captivité.

1. La fécondation. Un spermatozoïde, venant du père pénètre l'ovule venant de la mère. Père et mère portent dans toutes leurs cellules 46 chromosomes, en 23 paires ; sauf dans les spermatozoïdes et les ovules, qui ont un exemplaire de chaque paire, c'est-à-dire 23 chromosomes. Pour simplifier le dessin, nous n'avons figuré que trois chromosomes sur les 23.

2. L'œuf issu de la fécondation se retrouve ainsi posséder 23 paires de chromosomes, avec, dans chaque paire, un chromosome venant du père et l'autre de la mère. Sur notre dessin, toujours par souci de lisibilité, l'œuf ne porte que trois paires de chromosomes.

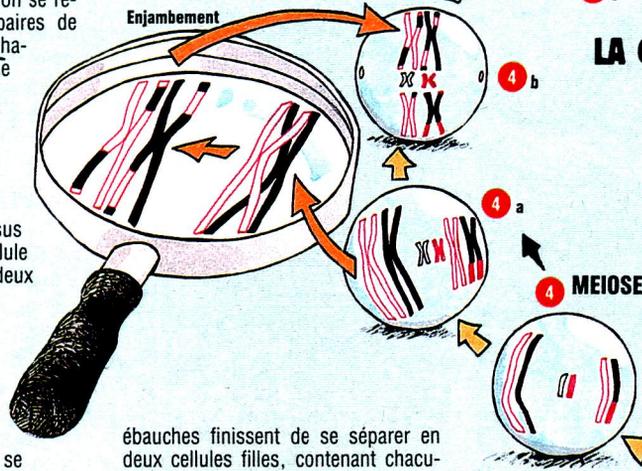
3. La mitose est un processus grâce auquel la nouvelle cellule va se diviser pour donner deux cellules filles, lesquelles, à leur tour vont se diviser pour en donner deux chacune. Et ainsi de suite. Schématiquement, la mitose se déroule de la manière suivante :

3 a. Chaque chromosome se dédouble et on en obtient deux identiques reliés en X par leur centre.

3 b. Les paires de chromosomes dédoublés se regroupent vers le plan équatorial de la cellule, laquelle se dote de deux pôles. Il arrive, lors de cette étape, que les deux chromosomes d'une même paire s'enjambent et échangent des fragments.

3 c. Puis il se crée un étranglement au niveau du plan équatorial, divisant la cellule en deux. Quant aux chromosomes dédoublés, chacune des deux copies migre dans une des deux ébauches de cellule.

3 d. Enfin, les deux



ébauches finissent de se séparer en deux cellules filles, contenant chacune 23 paires de chromosomes.

La mitose est un processus qui se répète sans cesse, depuis la fécondation. Elle sert à multiplier les cellules : pour donner, à partir de l'œuf, un embryon ; pour assurer le développement de celui-ci en fœtus, puis en individu complètement formé ; pour la croissance, le développement,

l'entretien et le renouvellement de ses tissus pendant toute sa vie.

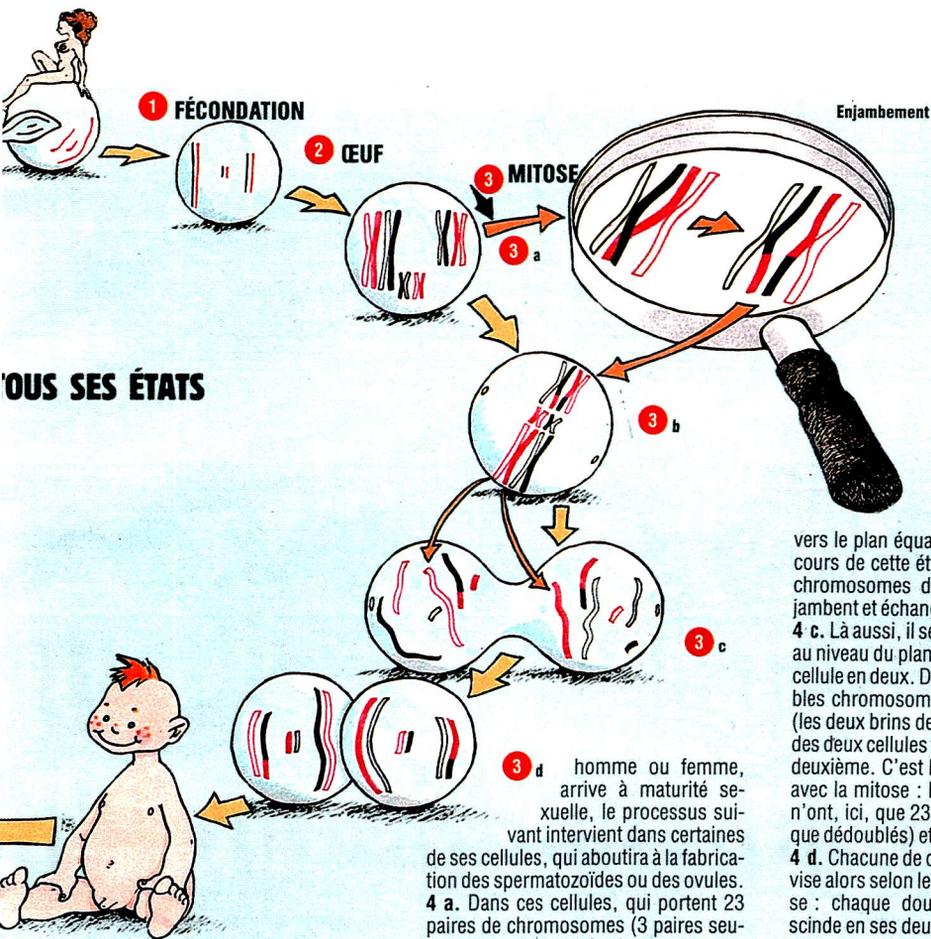
LA GÉNÉTIQUE DANS

même information génétique, tout comme le négatif et le positif d'une photo représentent la même chose (*). L'information génétique est déterminée, comme un cadenas à chiffres, par l'ordre dans lequel sont disposés, sur chaque brin d'ADN, quatre types de nucléotides, caractérisés chacun par la base qu'il contient : l'adénine (A), la cytosine (C), la guanine (G), la thymine (T). Les deux brins sont parallèles et les nucléotides se mettent en vis-à-vis, à la manière des deux extrémités des barreaux d'une échelle, ou des deux côtés d'une fermeture éclair, selon un règle très stricte : l'adénine ne s'apparie qu'à la thymine (A-T) et la guanine qu'à la cytosine (G-C). C'est cette complémentarité des bases qui explique que le message d'un brin soit le calque de l'autre.

Lors de la division cellulaire (mitose), quand les deux brins d'ADN se dupliquent et se séparent pour donner deux molécules filles, il est fréquent que des bases non complémentaires se mettent en vis-à-vis.

On aboutit alors à un mésappariement, c'est-à-dire un appariement autre que A-T ou G-C. Il arrive aussi, mais c'est assez rare, que les échelles échangent des fragments de leurs montants, ce que l'on appelle la recombinaison ou encore "crossing over" mitotique et qui peut être aussi la cause de mésappariements. Dans les deux cas, le message génétique, lié à la disposition des nucléotides, se trouve entaché d'erreurs. Interviennent alors quatre enzymes, quatre "gendarmes", capables de repérer ces mauvais appariements et éventuellement de les corriger. S'il s'agit d'un mésappariement survenu lors de la duplication, elles éliminent le fragment de brin contenant la base erronée et le resynthétisent de façon correcte. En revanche, si le mésappariement survient lors de la recombinaison entre brins d'ADN présentant de grosses divergences de séquences (comme dans le cas d'ADN d'espèces différentes), la remise en ordre est impossible. Les enzymes éliminent le brin "envahisseur" et empêchent toute recombinaison. La multiplication cellulaire est dès lors interdite. Ainsi s'expli-

(3) Voir "Arabidopsis" p. 54.



TOUS SES ÉTATS

Enjambement

4 b. Comme dans la mitose, les paires de chromosomes dédoublés se regroupent vers le plan équatorial de la cellule. Au cours de cette étape, les deux doubles chromosomes de chaque paire s'enjambent et échangent des fragments.

4 c. Là aussi, il se crée un étranglement au niveau du plan équatorial, divisant la cellule en deux. De chaque paire de doubles chromosomes, un doublon entier (les deux brins de l'X) a migré dans une des deux cellules filles, et l'autre dans la deuxième. C'est là la grande différence avec la mitose : les deux cellules filles n'ont, ici, que 23 chromosomes (quoique dédoublés) et non 23 paires.

4 d. Chacune de ces cellules filles se divise alors selon le processus de la mitose : chaque double chromosome se scinde en ses deux chromosomes et on obtient quatre spermatozoïdes à 23 chromosomes. Le même processus gouverne la fabrication des ovules.

jusqu'à sa mort.

4. La méiose. Lorsque l'individu,

3 d. homme ou femme, arrive à maturité sexuelle, le processus suivant intervient dans certaines de ses cellules, qui aboutira à la fabrication des spermatozoïdes ou des ovules. 4 a. Dans ces cellules, qui portent 23 paires de chromosomes (3 paires seulement sur le dessin), chaque chromosome se déboucle, comme précédemment, et prend son aspect en X.

que l'impossibilité de la croissance d'une cellule qui serait formée par l'accouplement de deux individus d'espèce différente.

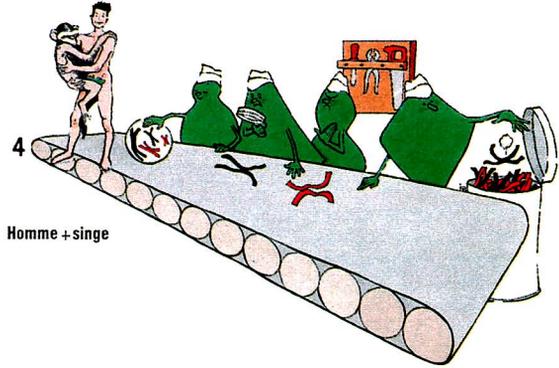
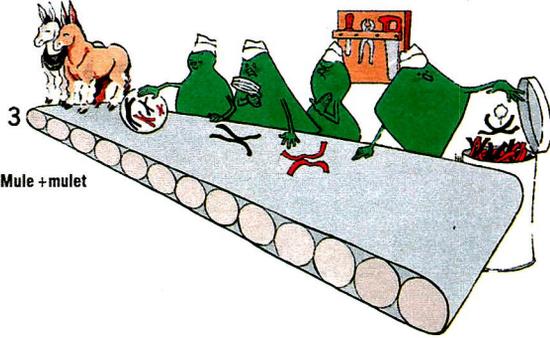
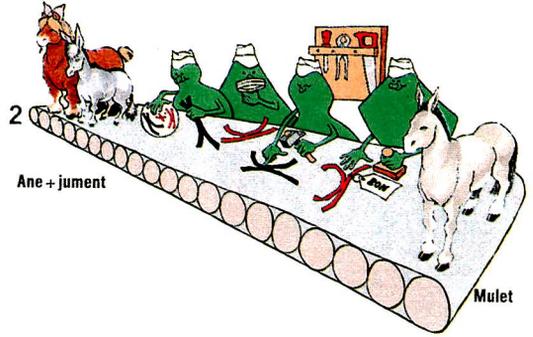
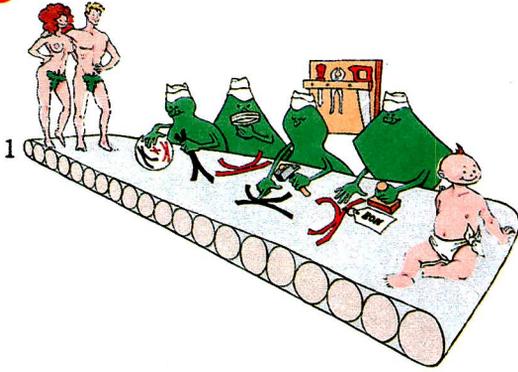
Dans le cas de l'accouplement âne-jeune, les mitoses, à partir de la cellule œuf, parviennent à s'effectuer : les deux espèces étant très voisines, les gendarmes peuvent corriger les mésappariements, rendant viable le fœtus puis le jeune mulet.

Si le mulet demeure stérile, comme tous les hybrides (règle 2 de protection de l'espèce), c'est parce qu'il est incapable de produire normalement les cellules nécessaires à la reproduction. Ces cellules résultent du processus de double division connu sous le nom de méiose. C'est un processus qui se met en place à la puberté pour fabriquer des gamètes, spermatozoïdes chez le mâle et ovules chez la femelle. Les gamètes ne contiennent plus que la moitié du stock normal de chromosomes contenus dans les autres cellules, soit n au lieu de $2n$ ($n = 23$ chez l'homme). Lors de la fécondation, la cellule œuf sera pourvue d'un stock normal de chromosomes ($2n$),

par réunion d'un spermatozoïde et d'un ovule.

La méiose étant beaucoup plus sophistiquée que la mitose, la lignée cellulaire qui se met en place à la puberté pour fabriquer les gamètes est tout à fait incapable d'en franchir les obstacles s'il y a eu croisement d'espèces. En effet, au cours de ce processus, les deux lots de chromosomes issus des deux parents sont le siège de nombreuses recombinaisons ("crossing over" méiotiques) et, par conséquent, font l'objet de mésappariements que les gendarmes débordés ne parviennent pas à corriger. Donc les gamètes obtenus sont anormaux, et l'hybride reste stérile. De ce fait, l'intégrité de l'espèce est protégée.

Quand on tente d'accoupler des espèces plus éloignées, appartenant à des genres, voire à des classes ou à des embranchements différents, l'obtention d'hybrides est impossible. La fécondation complète de l'ovule par un spermatozoïde peut éventuellement se produire, mais les mitoses finissent par se détraquer, à un stade plus ou moins précoce du développement de l'hybride.



LES "GENDARMES" INTERDITS D'INTERDIRE

Après la fécondation de la femelle par l'homme, et la formation d'une cellule œuf née de la rencontre d'un spermatozoïde avec l'ovule, s'enclenche le processus de la mitose (voir dessin p. 44), qui permet la formation d'un embryon, puis d'un fœtus et qui se répète en permanence pour assurer le développement et l'entretien des cellules de l'individu, jusqu'à la mort. Un autre processus, la méiose (voir même dessin), permet la production de spermatozoïdes et d'ovules, destinés à perpétuer l'espèce. Au cours de ces deux processus, une équipe de quatre enzymes vérifie les échanges de fragments qui se produisent entre

chromosomes et corrigent les éventuelles petites erreurs.

1. **Au sein d'une même espèce** (homme-femme, cheval-jeune, âne-ânesse), ces erreurs sont réparées et ces deux processus peuvent se dérouler normalement.

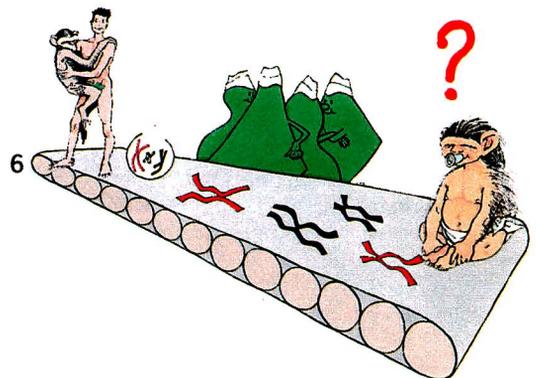
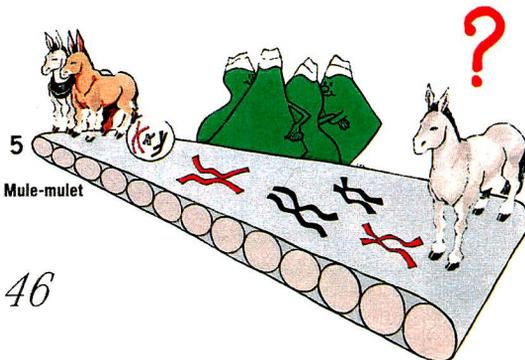
2. **Dans le cas d'un croisement entre deux espèces voisines** (âne-jeune, par exemple), les quatre enzymes arrivent à rattraper les écarts entre les chromosomes lors des mitoses, et on obtient mules et mulet.

3. **Mais lorsque l'on croise mule et mulet**, on n'obtient pas de descendance. Lors de la méiose, qui doit normalement donner des ovules à la première

et des spermatozoïdes au second, les écarts sont au-dessus de leurs moyens de réparation, et les quatre enzymes arrêtent le processus : mules et mulets sont stériles.

4. **Si l'on croise deux espèces plus lointaines** (homme-chimpanzé, par exemple), les écarts sont trop grands ; ni mitose ni méiose ne passent le contrôle des quatre enzymes.

5-6. **En donnant congé aux quatre contrôleurs** (ce qu'on sait faire aujourd'hui), rien ne s'oppose plus au mariage entre mules et mulets, voire entre espèces plus lointaines. Mais on ne sait pas encore ce que seraient les rejetons de cette génétique "libérée".



Avec les travaux de l'équipe française, le croisement d'espèces apparentées pourrait déjà devenir possible. Pour cela, on va forcer les spermatozoïdes et les ovules de ces espèces à fusionner et à concevoir des embryons d'hybrides viables, qui, à l'âge adulte, pourraient être féconds.

Pour éliminer la "barrière génétique" entre les espèces, il suffit d'inhiber les gendarmes-enzymes qui en ont la garde et qui se chargent de repérer et de corriger les mésappariements survenus au cours des divisions cellulaires. Pour cela il faut inactiver par mutation une seule des quatre enzymes. En procédant ainsi, les chercheurs français de l'institut Jacques-Monod ont obtenu un nombre important d'hybrides de "*Salmonelerichia*", par le croisement, normalement impossible, de souches mutantes d'*E. coli* et de *Salmonella typhimurium*.

Ils ont également établi que le système de correction par enzymes existait aussi chez des organismes plus évolués que la bactérie, en l'occurrence le xénope, un batracien aquatique d'Afrique du Sud. Cela laisse supposer que le mécanisme moléculaire est universel et devrait se retrouver aussi bien chez l'éléphant que chez le pissenlit.

Alors, le croisement entre l'homme et le chimpanzé pourrait-il devenir possible ? Entre ces deux espèces, très cousines et qui se sont séparées il y a 19 millions d'années, à partir d'un ancêtre commun, le dryopithèque, il n'y a que de 2 à 3% de différence dans les gènes qui gouvernent la synthèse des protéines, dont tous les êtres vivants sont constitués. En revanche, entre *Escherichia coli* et *Salmonella typhimurium*, espèces qui ont divergé à partir d'un ancêtre commun, il y a 150 millions d'années, il y en a 20%, autant qu'entre l'homme et la souris. Nous sommes donc génétiquement plus proches du chimpanzé que *E. coli* ne l'est de *S. typhimurium*.

Mais cela n'est vrai que pour moins de 10% de l'ADN (les 10% correspondant aux gènes gouvernant la synthèse des protéines), le reste de l'ADN, soit 90%, pouvant, lui, éventuellement différer beaucoup plus. Ces 90% d'ADN pourraient constituer un obstacle majeur, voire insurmontable, au croisement de l'homme et du chimpanzé. Mais qui sait ? Pour fixer les idées, il faut savoir que ces 90% d'ADN sont en grande partie éliminés lors des synthèses protéiques d'où le nom d'ADN "poubelle" que les biologistes lui ont donné. Et, pour prendre un exemple de la nature, il faut rappeler que le mouflon de Corse, qui a 54 chromosomes, et le mouflon des monts Altaï (Asie centrale), qui en a 58, sont deux individus indéfiniment féconds, malgré cette grande différence génétique, et constituent une seule et même espèce. Il faut préciser enfin qu'au sein même de l'espèce humaine on peut trouver jusqu'à 1% de différence entre les gènes qui gouvernent la synthèse des protéines, et beaucoup plus dans l'ADN restant.

Pour rendre possible le croisement entre l'homme et le chimpanzé, on pourrait imaginer d'introduire une mutation dans l'une des quatre enzymes du système de contrôle. Mais à supposer qu'il soit viable, à quoi ressemblerait l'hybride issu d'un tel croisement ? Sans être tout à fait le duplicata de l'australopithèque (notre ancêtre en ligne droite, apparu il y a 5,5 millions d'années), il aurait beaucoup de similitudes avec lui, c'est-à-dire qu'on aurait affaire à un primate au prognathisme prononcé, doté d'une grande habileté à grimper aux arbres. A supposer que la morale approuve cette hybridation, l'australopithèque reconstitué pourrait intéresser le paléontologue, qui trouverait en lui un exemplaire vivant, à même de le renseigner sur ce que nous fumes à l'aube de l'humanité.

Les hybrides homme-singe seront-ils stériles ?

Tout ce que l'on sait pour l'instant, c'est que la mutation introduite dans le système enzymatique est héréditaire et qu'elle sera donc transmise aux hybrides. Les cellules germinales de ces individus pourraient dès lors effectuer la méiose avec succès, mais on ignore totalement si les gamètes seront viables, ou si la fécondation sera possible.

Scientifiquement, la découverte du mécanisme enzymatique de contrôle permet d'avoir une idée sur la manière dont se sont créées les diverses espèces au cours de l'évolution. Au départ, une espèce donnée se serait, pour une raison ou pour une autre, scindée en deux ou plusieurs populations. Vivant éloignées, dans des biotopes différents, ces populations auraient accumulé, chacune de leur côté, des mutations qui insensiblement les auraient fait diverger. Tant que le mécanisme de contrôle enzymatique restait capable de repérer les erreurs et de les réparer, les individus des deux populations pouvaient se reproduire. En revanche, lorsque les mutations sont devenues trop nombreuses, le système enzymatique a rejeté les séquences mutées et s'est opposé au croisement, lorsque ces deux populations sont entrées à nouveau en contact. C'est vraisemblablement ce qui a dû se produire pour les goélands de la mer Caspienne. Après l'époque glaciaire, ces oiseaux se sont scindés en quatre populations, qui ont migré chacune vers des aires géographiques différentes : la Scandinavie, la Grande-Bretagne, l'Amérique du Nord et la Sibérie, où elles se sont individualisées en espèces.

Les applications de la découverte du système de contrôle enzymatique sont nombreuses. Déjà, on envisage d'utiliser l'espèce nouvelle *Salmonelerichia* comme vaccin contre les salmonelles. Dans un futur lointain, on peut imaginer la possibilité de pratiquer une thérapie génique directe, en obligeant les gendarmes à accueillir, dans les cellules, des gènes sains, en lieu et place des gènes malades. Nous ne sommes peut-être qu'au début d'une grande aventure scientifique.

Pierre Rossion

D'OÙ VIENT-ON ? OÙ VA-T-ON ?

N°170 MARS 1990
**SCIENCE
& VIE**
HORS SÉRIE

L'UNIVERS AUJOURD'HUI

La Terre peut-elle
quitter le Soleil ?

L'exploration habitée
des planètes proches

Les nouvelles
visions de l'Univers

La vie des étoiles

Avant de s'achever,
le XX^e siècle réussira-t-il à percer
les secrets de l'Univers ?
Ce numéro hors série de Science & Vie
fait le point des connaissances
en cosmologie.
Or, dans ce domaine, plus on en sait,
plus on doute que l'Univers
soit réglé comme une horloge.
Le chaos serait-il la règle ?

EN VENTE A PARTIR DU 10 MARS.

M 2570 - 170 - 25.00 F-RD

DES "INDICS" MINUSCULES POUR DENONCER LE CANCER AVANT L'HEURE

*Des Anglais ont réussi à
faire fusionner
des cellules
cancéreuses avec
des anticorps. Ces hybrides microscopiques
joignent l'immortalité de la cellule
cancéreuse au flair de l'anticorps pour découvrir,
en temps utile, dans les bas-fonds
de notre organisme, les virus endormis
ou les cancers en gestation.*

Les anticorps sont en quelque sorte les sentinelles de notre organisme. Ils sont capables, dans un premier temps, de reconnaître tout individu qui ne fait pas partie de la "communauté", et de le "ceinturer"; puis, dans un second temps, de donner l'alerte et d'appeler à la rescousse les gros bataillons du système immunitaire, pour qu'ils neutralisent l'intrus.

Rien d'étonnant donc à ce que les scientifiques aient voulu exploiter les talents de ces bons et loyaux serviteurs. Les anticorps ayant la faculté de se combiner avec les toxines bactériennes et d'empêcher les virus de pénétrer à l'intérieur des cellules, c'est d'abord pour leurs vertus thérapeutiques qu'on les a utilisés. Par exemple, pour renforcer les défenses d'un organisme agressé.

Mais les immunologistes ont bien vite compris tout le parti qu'ils pouvaient également tirer de l'extraordinaire "flair" des anticorps, c'est-à-dire de leur capacité à détecter tel "envahisseur" (on dit "antigène") très précis et à se fixer à lui. Pourquoi, se sont-ils dit, ne pas les employer comme instruments de diagnostic, en particulier dans les cas difficiles ? Ils peuvent faire en effet d'excellents "indics", à condition que, chaque fois, on choisisse celui qui s'attache spécifiquement à la molécule signal de l'affection recherchée, et qu'on lui adjoigne un élément révélateur (un marqueur radioactif,

par exemple). Il est possible de cette façon de déceler la présence d'un virus encore "endormi" ou de localiser une métastase cancéreuse profondément enfouie.

Cette propriété qu'ont les anticorps de se combiner chimiquement avec un antigène spécifique, a également révolutionné la recherche. Souvent, en effet, les chercheurs se sentent un peu comme des aveugles devant leurs éprouvettes. Pour en identifier le contenu, ils ont besoin d'outils particulièrement sélectifs. Or, en matière de sélectivité, les anticorps sont imbattables : ils reconnaissent et fixent uniquement les molécules qu'on leur a appris à distinguer. Car, et c'est bien là leur intérêt majeur, il est possible de les "dresser", de les former à reconnaître de façon spécifique n'importe quelle substance antigénique.

Mais, que ce soit pour la thérapie, le diagnostic ou la recherche, la grande question est : comment se procurer des anticorps ? Et surtout, comment répondre à des besoins qui augmentent sans cesse ?

Actuellement, pour obtenir des anticorps, on dispose de plusieurs méthodes, mais qui ont toutes des inconvénients. On peut, par exemple, les extraire du sang, car le sang est un véritable réceptacle d'immunoglobulines (nom de famille des anticorps). Seulement voilà, chacun d'entre nous a dans son sang une infinité d'anticorps différents.

tous ceux qu'il a fabriqués au cours de son existence, à l'occasion de chaque grippe, de chaque rhume, de chaque piqûre d'insecte, de chaque agression bactérienne, microbienne ou virale, etc. Bref, un inextricable cocktail d'immunoglobulines, dont il est quasi impossible d'isoler une variété et une seule.

Aussi la mise au point par C. Milstein, en 1976, d'une nouvelle technique de fabrication d'anticorps dits "monoclonaux", c'est-à-dire issus d'une même population de cellules, fut-elle accueillie comme un extraordinaire progrès.

À l'époque, on savait certes isoler dans la rate d'un animal préalablement exposé à une substance étrangère déterminée, les cellules (ou plasmocytes) produisant l'anticorps dirigé contre la substance en question (et elle seule) ; mais, une fois mis en culture, ces plasmocytes avaient une durée de vie limitée, ce qui restreignait considérablement la quantité d'anticorps fabriquée.

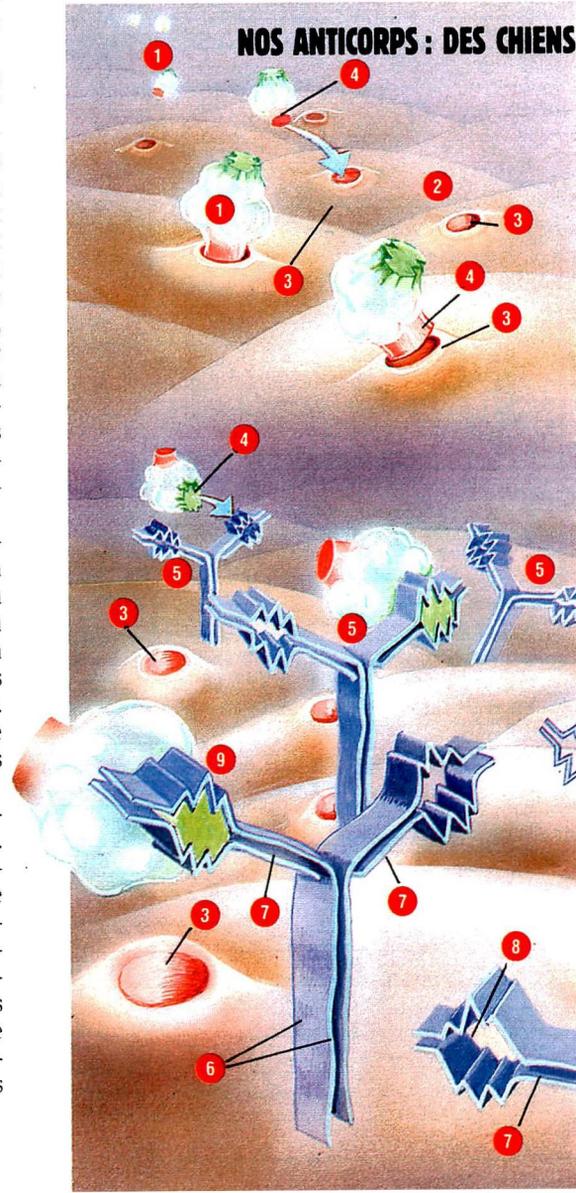
Le coup de génie de Milstein a été de rendre les plasmocytes pour ainsi dire immortels. Comment ? Par le plus étrange et le plus paradoxal des procédés : en faisant fusionner ces cellules protectrices de l'organisme avec les pires ennemies de celui-ci, à savoir les cellules cancéreuses. Car, aussi curieux que cela puisse paraître, les cellules tumorales sont très prisées par les biologistes. Leur multiplication incontrôlée et incontrôlable, qui est à la base même de leur malignité, devient un atout en laboratoire, dans la mesure où elle leur assure une sorte de pérennité — alors qu'une cellule normale, mise en culture, s'éteint au bout d'une cinquantaine de divisions. Ainsi, en croisant le bon grain et l'ivraie (des plasmocytes et des cellules cancéreuses), on obtient des hybrides capables de produire indéfiniment le même anticorps.

Dans la pratique, on procède de la manière suivante. On commence par exposer une souris à un antigène donné, par exemple à un virus dont on désire détecter la présence chez d'autres sujets. On prélève ensuite dans la rate du rongeur un certain nombre de plasmocytes, que l'on fusionne avec des cellules tumorales prises sur une autre souris. Après sélection de la bonne souche, on obtient de véritables petites machines à fabriquer l'anticorps recherché.

Cette technique, bien qu'elle représente un immense pas en avant, a malheureusement ses limites. En effet les anticorps qu'elle fournit ne sont utilisables que pour la recherche ou certaines formes de diagnostic, mais pas pour des applications thérapeutiques. La raison en est simple : la fusion plasmocytes-cellules malignes est pratiquement irréalisable avec des cellules humaines. Les anticorps produits de cette façon sont donc tous d'origine animale. Injectés à l'homme, ils seraient immanquablement considérés par son organisme comme des

substances étrangères, au même titre que des bactéries ou des virus. En conséquence, le système immunitaire humain se mobiliserait tout entier pour les neutraliser. Résultat : au lieu d'assister l'organisme malade dans sa lutte contre l'infection, ces anticorps ne feraient que lui imposer une agression supplémentaire.

Depuis plusieurs années, les biologistes cherchent à contourner cet obstacle en essayant de mettre au point des anticorps "humanisés", c'est-à-dire qui puissent être tolérés par l'homme. Pour cela, il leur faut éliminer le "code d'espèce", autrement dit la marque de fabrique inscrite dans la structure de l'anticorps et qui indique sa provenance animale. Mais, pour l'éliminer, il faut d'abord le situer.



Ici, quelques explications sont nécessaires. Les anticorps sont tous composés de chaînes de polypeptides et sont pratiquement identiques au sein d'une même espèce, sauf à une extrémité de la chaîne, où les acides aminés qui occupent cette position varient d'un anticorps à l'autre. La meilleure image qu'on puisse en donner est celle d'une clef. Toutes les clefs ont un anneau et une tige qui grosso modo se ressemblent; seuls diffèrent les pannetons, dont les forures, les fentes et les dents sont particulières à chaque modèle.

C'est grâce à leur extrémité variable que les anticorps ont chacun leur spécificité. De même que le panneton d'une clef ne peut ouvrir qu'une serrure donnée, la structure tridimensionnelle de l'extrémité d'un anticorps ne peut reconnaître et fixer qu'un

seul antigène, celui dont la structure est complémentaire de la sienne.

Cette division en deux parties de la molécule d'anticorps a une grande importance, car c'est sur elle que se sont appuyées toutes les recherches destinées à "humaniser" les immunoglobulines. Les biologistes pensent en effet que c'est dans la partie de la chaîne qui est commune à tous les anticorps d'une même espèce, que se trouve la fameuse "marque de fabrique" (le code d'espèce) responsable du rejet décrit plus haut. D'où l'idée d'associer une partie commune d'origine humaine à une partie variable d'origine animale.

Pourquoi ce mélange? Parce que, s'il est relativement facile de fabriquer par génie génétique un tronc commun humain, qui ne met en jeu que quel-

ques gènes, il est extrêmement difficile d'assembler une portion variable, qui résulte d'un remaniement génétique fort complexe (*voir encadré p. 52*). Il vaut donc mieux continuer de produire cette portion en laboratoire, à partir de rongeurs.

Jusqu'à présent, ces tentatives de couplage n'ont pas donné les résultats espérés. Ce n'est pas le principe qui est en cause, mais sa réalisation qui donne du fil à retordre. En effet la frontière entre les deux parties n'est pas clairement délimitée, et, malgré d'innombrables essais, on n'est pas encore parvenu à éliminer totalement la réaction immunitaire de rejet.

Tout le problème, en fait, consiste à trouver la partie variable la plus petite possible, afin qu'elle ne contienne aucune information sur l'espèce souris qui l'a produite, mais qui soit néanmoins suffisamment grande pour qu'elle conserve tout son pouvoir de reconnaissance et de fixation. C'est précisément la performance que vient de réussir une équipe du Conseil de la recherche

DE GARDE DIFFÉRENTS POUR CHAQUE TYPE D'AGRESSEUR

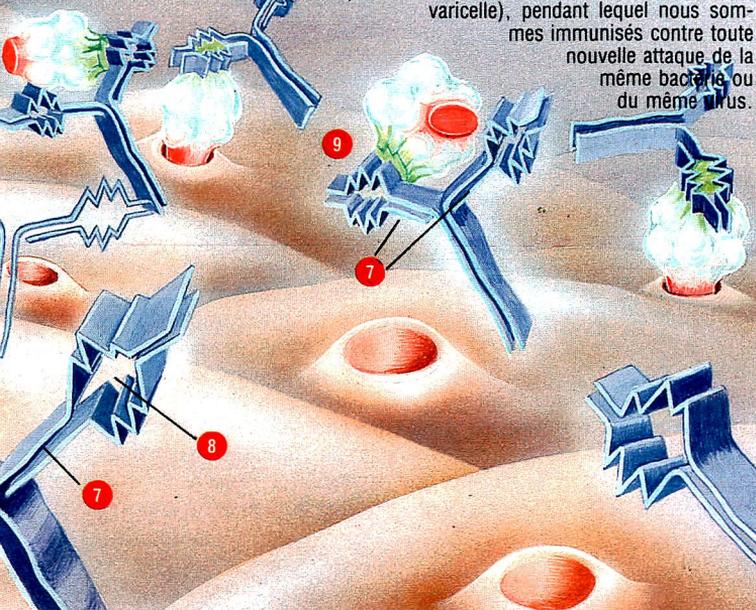
Lorsqu'un virus (1) infecte notre organisme, il trouve sur la paroi de nos cellules (2) le ou les sites récepteurs (3) qui correspondent à ses propres sites de fixation (4). L'interaction entre les deux sites ouvre la cellule à l'intrus, qui s'y multiplie, puis les nouveaux virus la détruisent et s'en vont en infecter d'autres. Et ainsi de suite.

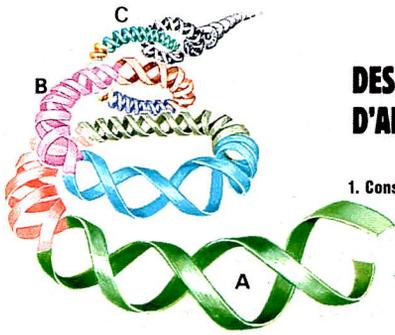
Mais dès l'entrée dans notre organisme du virus ou de tout autre antigène (c'est-à-dire de toute cellule étrangère à nous-mêmes, aussi bien un virus ou une bactérie que les cellules d'un greffon), notre système immunitaire envoie contre l'agresseur des meutes d'anticorps (5). Ce sont des protéines formées de deux brins longs, ou chaînes lourdes (6), flanqués chacun d'un brin court ou chaîne courte (7). Chaque

paire brin long-brin court forme à son extrémité une structure spéciale (8), grâce à laquelle les anticorps se fixent sur divers sites de la surface de l'antigène (9), y compris quelquefois sur les sites de fixation de celui-ci.

Cette contre-attaque des anticorps suffit rarement à enrayer l'agression. Mais, les anticorps déclenchent par ailleurs un véritable branle-bas de combat dans le système immunitaire, qui envoie alors dans la bataille toute une gamme de cellules très spécialisées — des lymphocytes, notamment — dont l'action conjuguée aboutit à l'écrasement de l'envahisseur.

Les anticorps produits par notre organisme — et qui sont spécifiques à chaque antigène — peuvent persister dans le sang un certain temps (voire à vie, comme pour la rougeole ou la varicelle), pendant lequel nous sommes immunisés contre toute nouvelle attaque de la même bactérie ou du même virus.

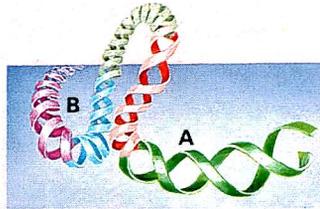




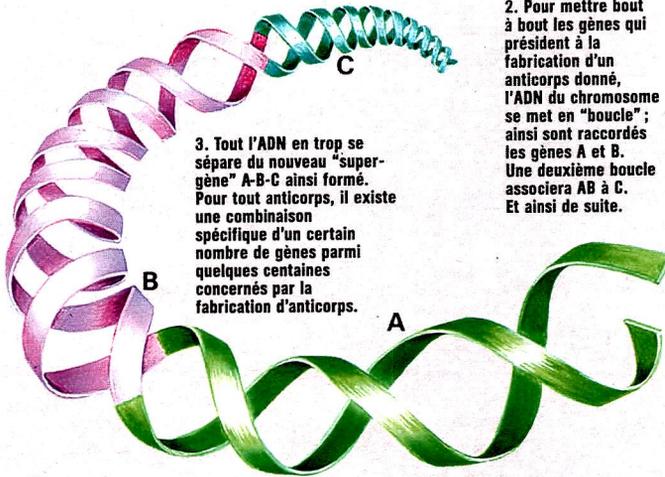
DES DIZAINES DE MILLIERS D'ANTICORPS DIFFÉRENTS

1. Considérons le chromosome ci-contre, qui porte de nombreux gènes intervenant dans la fabrication d'anticorps.

Chaque fois qu'il est agressé, l'organisme répond par la synthèse d'un anticorps adapté. Comme les agresseurs sont extrêmement divers, les anticorps sont, eux aussi, extrêmement variés. Cette situation est unique et propre aux immunoglobulines (autre dénomina-



2. Pour mettre bout à bout les gènes qui président à la fabrication d'un anticorps donné, l'ADN du chromosome se met en "boucle"; ainsi sont raccordés les gènes A et B. Une deuxième boucle associera AB à C. Et ainsi de suite.



3. Tout l'ADN en trop se sépare du nouveau "supergène" A-B-C ainsi formé. Pour tout anticorps, il existe une combinaison spécifique d'un certain nombre de gènes parmi quelques centaines concernés par la fabrication d'anticorps.

tion des anticorps). Chez un individu donné, toutes les protéines d'un même type sont généralement semblables : toutes les albumines se ressemblent, de même que toutes les hémoglobulines, etc. Toutes les protéines, sauf les anticorps, qui sont tous différents.

Comment l'organisme parvient-il à assurer une production aussi diversifiée ? A priori, il y a là une énigme, d'autant plus déconcertante que, si chaque variété d'anticorps était gouvernée par un gène, notre patrimoine génétique tout entier n'y suffirait pas !

Les immunologistes, très intrigués, se sont penchés sur la question. On sait aujourd'hui que seules quelques centaines de gènes interviennent dans la production des anticorps. Ils sont répartis

sur trois chromosomes. C'est l'association physique, dans un ordre déterminé, quelques-uns de ces gènes (les parties non concernées du ruban d'ADN s'enroulent en boucles afin de permettre le rapprochement desdits gènes) qui forme chaque fois un "supergène" différent, lequel gouverne alors la synthèse d'un anticorps particulier (ou du moins de la partie variable caractéristique de cet anticorps). Les possibilités de combinaisons — donc de supergènes différents — étant innombrables, les variétés d'anticorps le sont aussi. Telle est l'explication de l'énigme. Ajoutons que d'autres mécanismes peuvent encore accroître cette diversification, notamment des mutations affectant les portions chromosomiques en jeu.

découverte, c'est la simplification. Plus besoin désormais de s'escrimer à ajuster deux parties hétérogènes, puisque les fonctions de détection et de fixation propres aux anticorps sont entièrement assumées par ce fragment de la molécule. Simplicité également de la fabrication de ces mini-anticorps. Après avoir inoculé à des souris l'antigène qui va induire la formation de l'anticorps recherché, on prélève directement dans les plasmocytes des rongeurs les gènes qui gouvernent la synthèse de la fraction minimale (comme cette fraction est courte, les gènes sont peu nombreux et plus facilement isolables). Ils sont alors introduits dans la célèbre bactérie "bonne à tout faire" *Escherichia coli*, et, trois jours plus tard, on dispose à volonté de "modèles réduits" de l'anticorps désiré.

Toute l'astuce des chercheurs anglais a été de mettre à profit une observation faite au cours de leurs expériences. Travaillant depuis longtemps sur les interactions antigènes-anticorps, ils avaient remarqué qu'une toute petite portion de la partie variable intervenait de façon prépondérante dans la liaison à l'antigène.

Cette constatation n'étant pas conforme aux idées reçues, ils en firent la vérification en fabriquant par génie génétique la portion en question. Ils purent ainsi démontrer, sans contestation possible, qu'elle fixait l'antigène avec une affinité très satisfaisante (avec suffisamment de points d'ancrage).

A quoi vont servir ces sDAB (*single domain Antibody*), comme les appellent les chercheurs de Cambridge ? A la thérapie et au diagnostic. Leur taille restreinte, par exemple, les rendra sensiblement plus efficaces dans la lutte contre les agents pathogènes. En effet, si les microbes réussissent à envahir notre organisme,

médicale de Cambridge (MRC). Les chercheurs britanniques sont arrivés à définir la fraction minimale capable, à elle seule, de reconnaître la cible d'une façon correcte.

Le bénéfice le plus immédiat de cette importante

c'est avant tout parce qu'ils savent exploiter les points faibles de nos défenses naturelles. Or la structure encombrante des immunoglobulines, lorsqu'elles sont entières, est justement un de ces points faibles, car elle les empêche d'attaquer les

(suite du texte page 165)

L'EUROPE A L'HORIZON

École Internationale Aéronautique



LES COMPAGNIES AÉRIENNES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES RECRUTENT DES PILOTES

Préparez une Carrière Aéronautique avec l'E.I.A. et devenez

PILOTE PROFESSIONNEL AVION OU HÉLICOPTÈRE

L'E.I.A. met à votre disposition son expérience internationale pour vous permettre d'être

LES PILOTES DE DEMAIN

Conditions d'admission :

Age : 18 ans minimum

Etudes : Titulaire du Bac ou équivalent

Visite médicale aéronautique

STAGE PILOTE PROFESSIONNEL IFR MULTIMOTEUR AVION AUX ETATS-UNIS POUR DÉBUTANTS : 89 650 FF*

(Théorie - Pratique (200 heures de vol) - Tests en vol - Documentation - Logement 6 mois)

STAGE PILOTE PROFESSIONNEL HÉLICOPTÈRE EN FRANCE COMPLET POUR DÉBUTANT : 206 000 FF

(Théorie - Pratique (100 heures de vol))

L'E.I.A. vous propose également une stratégie de formation, préparant aux examens Français et adaptée aux critères de sélection des compagnies européennes.

Documentation détaillée contre 3 timbres à 2,30 francs

Toutes les formations sont finançables par prêts étudiants

(Ex: BNP pour 100 000 FF - Franchise 1 an - Remboursement sur 4 ans : 2660.07 FF par mois)

*Prix calculé sur la base de 5,70 FF pour un dollar US

E.I.A., 13 RUE DE MONTYON 75009 PARIS TÉL. : (1) 48.24.08.46

LE COBAYE VERT

Qu'est-ce qui fait qu'une plante pousse ? Qu'il lui vient des fruits, des fleurs, des feuilles et des branches ? On ne sait pas répondre à ces questions, alors que toute vie sur terre est nécessairement tributaire des plantes vertes (pas de nourriture, pas d'oxygène sans elles). Eh bien ! on va remédier d'urgence à cette grave ignorance ! En "démontant" pièce par pièce le génome extraordinairement simple d'une petite moutarde sauvage.



Cinq millions d'ECU (35 millions de francs), c'est la subvention que la Communauté européenne vient d'allouer à un programme de recherche sur une petite "mauvaise herbe" très commune, que les botanistes nomment *Arabidopsis thaliana*. Et cette somme, fort respectable et qui sera sans doute suivie d'autres versements, n'est pas destinée à met-

tre au point un herbicide, mais tout simplement à comprendre comment "fonctionne" une plante.

Pourquoi avoir choisi *Arabidopsis* ? Parce que cette petite sœur du radis, de la moutarde et du colza a un génome (patrimoine génétique) si simple que les biologistes pensent pouvoir le "démonter" et le "remonter" aussi facilement qu'une construction en Meccano. L'espèce, en effet, ne possède que 5 chro-

POUR ENFIN COMPRENDRE
LA GÉNÉTIQUE
(ET VIVRE AVEC SON TEMPS!)

mosomes, lesquels ne rassemblent au total que 70 millions de paires de nucléotides (à titre de comparaison, le blé possède 21 chromosomes, soit près de 6 milliards de paires de nucléotides).

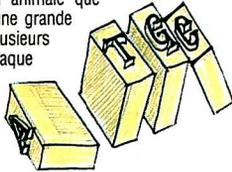
EXPLICATION. Pour les non-initiés, rappelons que les nucléotides sont les constituants de la molécule d'ADN (acide désoxyribonucléique), qui est elle-même le principal composant des chromosomes. Chaque nucléotide associe trois éléments : un phosphate et un sucre identiques pour tous les nucléotides et une base : soit l'adénine (A), soit la thymine (T), soit la guanine (G), soit la cytosine (C). C'est la base qui est l'élément le plus important, car c'est elle qui donne au nucléotide son individualité. C'est pourquoi, d'ailleurs, on parle aussi bien de paires de nucléotides que de paires de bases.

Cette relative simplicité du génome d'*Arabidopsis* a fait naître un grand espoir : celui de découvrir — enfin ! — les mécanismes fondamentaux qui régissent les plantes en général, mécanismes dont on ignore encore à peu près tout.

Pourquoi ce retard, demanderez-vous ? Parce que, depuis les petits pois historiques qui ont permis à Mendel, il y a 125 ans, de définir les premières lois de l'hérédité, les chercheurs se sont plus ou moins désintéressés des plantes, reportant l'essentiel de leurs efforts sur les animaux (et d'abord sur le premier d'entre eux, l'homme) et sur les bactéries.

Résultat : on en connaît plus aujourd'hui sur le génome de l'homme, pourtant composé de 23 chromosomes et d'environ 3,5 milliards de paires de nucléotides, que sur une plante aussi simplette qu'*Arabidopsis*. Ainsi, à ce jour, on a déjà identifié près de 4 000 gènes humains (sur les quelques dizaines de milliers qui constituent notre patrimoine génétique).

EXPLICATION. La molécule d'ADN qui occupe le noyau de toute cellule vivante, aussi bien animale que végétale, peut être comparée à une grande encyclopédie composée de plusieurs tomes (les chromosomes). Chaque tome rassemble des milliers d'articles : certains contiennent des instructions très précises concernant la fabrication d'une protéine (ce sont



les gènes) ; d'autres n'ont aucun sens et constituent, pour ainsi dire, du remplissage. Mais tout le texte (l'ADN) est composé à partir de 4 caractères d'imprimerie seulement : les 4 nucléotides définis par les bases A, T, G et C. En résumé, un gène est donc une séquence de nucléotides, dont l'agencement particulier commande la synthèse d'une protéine donnée.

Le travail des généticiens consiste, grosso modo, à établir un lien entre trois éléments : une caractéristique morphologique ou fonctionnelle (comme la couleur des yeux ou la résistance au froid), la protéine responsable de ce caractère, et enfin le gène qui programme cette protéine (ou les gènes, si le caractère est régi par une association de protéines).

Connaitre la protéine qui détermine tel ou tel caractère, c'est avoir fait la plus grosse partie du chemin qui conduit au gène de ce caractère. Voilà pourquoi la plupart des gènes démasqués à ce jour sont ceux dont on possédait la clé, autrement dit la protéine. En revanche, remonter jusqu'au gène quand on ne connaît pas la protéine, c'est quasiment mission impossible. Or, bien des protéines, et parmi les plus importantes, demeurent inconnues : c'est le cas, par exemple, de celles qui contrôlent la division cellulaire, ou le vieillissement, ou la chute des feuilles, etc. Seule solution : taper au hasard dans le génome entier et compter sur la chance, ou bien démonter tout l'ADN, pièce par pièce, ce qui est une entreprise colossale.

On comprend de ce fait pourquoi les généticiens recherchent, pour leurs expérimentations, des organismes à génome réduit, c'est-à-dire dont l'ADN comporte le moins de nucléotides possible. C'est ainsi qu'ils se sont tournés vers la bactérie, la levure (un champignon unicellulaire), la drosophile (la "mouche du vinaigre"), un nématode (*Caenorhabditis elegans*), etc. Mais, curieusement, ils ont négligé les plantes, qui, pourtant, en tant que pourvoyeuses de nourriture et d'oxygène, nous sont plus proches et plus utiles que bien des modèles retenus.

Les effets pernicieux de ce désintérêt sont d'ores et déjà sensibles : ainsi, selon Genbank, une banque internationale de données sur la génétique, le nombre de gènes identifiés chez les plantes était, en mars 1989, vingt fois inférieur à celui des gènes répertoriés chez les animaux (588 contre 11 332). Pas étonnant, dans ces conditions, que l'on ne sache toujours pas pourquoi certains arbres ont un feuillage caduc et d'autres une frondaison persistante, ni comment apparaissent les racines, les tiges, les feuilles et les fleurs. Désormais, on compte sur *Arabidopsis thaliana* pour nous fournir certaines réponses.

Il faut dire que la petite crucifère, qui a envahi aujourd'hui les laboratoires de biologie végétale, a toutes les qualités requises pour être un bon cobaye. En premier lieu, elle a une taille tout à fait "fonctionnelle". Si, dans la nature, les plus hauts spécimens peuvent atteindre de 30 à 40 centimètres, la plante est capable de développer un cycle complet de végétation, avec fleurs et graines, à moins de 5 centimètres.

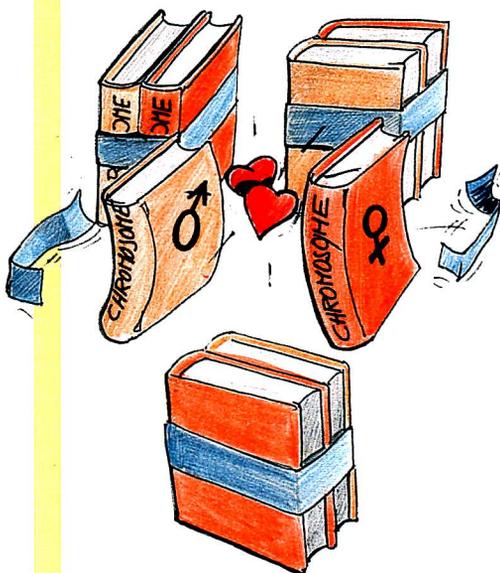
On peut donc aisément en cultiver des dizaines dans un pot de 5,5 cm de diamètre, et faire germer des milliers de graines dans une seule boîte de Petri (petit récipient rond à fond plat, de 9 centimètres de diamètre, contenant un milieu nutritif solidifié par de la gélose) (voir photo p. 57).

Deuxième atout : *Arabidopsis* est très prolifique. Chaque fruit, une petite gousse allongée que les botanistes appellent "silique", mesure 3 millimètres de long et contient une cinquantaine de graines minuscules pesant moins de 0,02 milligramme chacune. Comme la plante fleurit presque toute l'année, on peut, sur un seul pied, récolter au total quelque 10 000 graines.

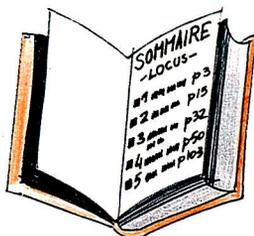
Troisième avantage : une pousse rapide. En boîte de Petri, *Arabidopsis* peut effectuer tout son cycle, du semis à la récolte, en moins de six semaines. Il est même possible de raccourcir cette durée en jouant sur l'éclairage, la richesse du milieu nourricier, la température, etc.

Quatrième qualité : *Arabidopsis* est une plante autotofertile, c'est-à-dire qu'elle se féconde elle-même. Ses fleurs contiennent à la fois des étamines (organes sexuels mâles) et un pistil (organe sexuel femelle). Ce mode de reproduction aboutit rapidement à des lignées aux caractères constants.

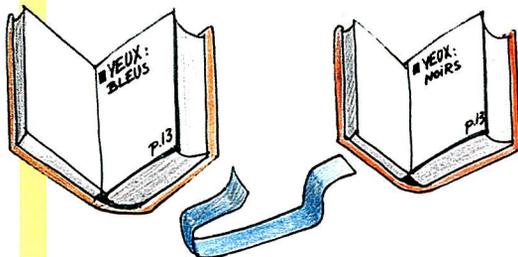
EXPLICATION. Dans toutes les cellules, les chromosomes sont en double exemplaire, sauf dans les cellules sexuelles (les gamètes), qui ne contiennent plus qu'un seul exemplaire de chaque paire. Lors de la fécondation, la réunion du gamète



mâle (le grain de pollen) et du gamète femelle (l'ovule) reconstitue les paires. Par ailleurs, les gènes en sont pas répartis au hasard sur les chromosomes, mais chacun occupe une place bien déterminée



sur un chromosome donné. Cet emplacement s'appelle un locus. Normalement donc, sur deux loci homologues d'une paire de chromosomes, se trouvent les deux gènes qui commandent un caractère particulier (par exemple, la couleur des yeux chez l'homme, ou la largeur de la feuille chez la plante). Mais ces deux gènes ne sont pas forcément identiques. Pour nous en tenir à l'exemple simple de la couleur des yeux chez l'homme, l'un des gènes peut commander la couleur noire et l'autre la couleur bleue. Si, au moment de la fusion des deux gamètes, l'œuf ainsi créé hérite de deux gènes "yeux noirs" ou de deux gènes "yeux bleus", on dira qu'il est homozygote pour le caractère "couleur des yeux". Si, au contraire, il hérite d'un gène "yeux noirs" et d'un gène "yeux bleus", on dira qu'il est hétérozygote pour ce même caractère



Revenons maintenant à notre sujet. Tout l'intérêt de l'autofécondation est, dans un premier temps, d'augmenter la probabilité d'avoir deux gènes identiques en un même locus sur les chromosomes appariés (c'est-à-dire provenant les uns du grain de pollen et les autres de l'ovule). Ensuite, à partir du moment où un caractère est gouverné par deux gènes identiques, il se perpétue sans changement *ad vitam æternam*, puisque, dès lors, l'autofécondation réunit des cellules sexuelles ayant forcément un gène semblable. Ainsi, les descendants d'une plante autotofertile acquièrent rapidement un profil constant. On se trouve alors en présence d'une lignée pure, qui, sauf mutations accidentelles, demeurera stable.

Dans la nature, cette stabilité se traduit par un même "air de famille" au sein d'une population locale — qu'on appelle dans ce cas un "écotype". En laboratoire, où les chercheurs travaillent principalement sur deux écotypes d'*Arabidopsis* ("Landsberg" et "Columbia"), cette stabilité permet de repérer plus facilement les mutants, de les isoler et de les convertir à leur tour en lignées pures. Un mutant est une plante qui a tout de l'écotype sauvage, sauf un caractère donné. Quand la mutation porte sur un caractère morphologique — feuilles plus étroites, absence de poils, changement de couleur, port plus relevé, substitution d'une étamine par un pétale, etc. —, elle est immédiatement visible. Quand elle porte sur un caractère physiologique — insensibilité à l'action d'une hormone végétale, par exemple — ou biochimique — incapacité à synthétiser un acide aminé essentiel, ou à assimiler les nitrates —, elle n'apparaît pas directement, mais se manifeste par un dépérissement dont il restera à déterminer la cause.

Quoi qu'il en soit, toute mutation est une aubaine pour le généticien. D'abord, parce qu'elle exprime le dérèglement du gène normal et révèle de ce fait l'activité du gène en question. Si, par exemple, un mutant se signale par une absence de pilosité, cela signifie qu'il y a un gène qui commande la pilosité. Donc, plus on observera de mutations différentes,

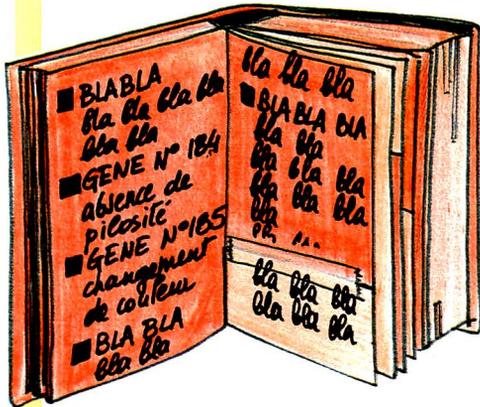


Dans la nature, *Arabidopsis thaliana* atteint de 30 à 40 cm de hauteur. Mais elle peut effectuer tout son cycle de vie en boîte de Petri. Là on peut la manipuler, la transformer par introduction de gènes nouveaux, comme ici la résistance à un antibiotique ; seules les plantes qui ont intégré ce gène survivent dans un milieu de culture possédant l'antibiotique.



plus on distinguera de gènes, et mieux on définira la fonction de chacun d'eux. Ensuite, les mutations permettent d'établir la carte génétique de l'espèce, c'est-à-dire de déterminer la place (le locus) qu'occupent les gènes, l'un par rapport à l'autre, sur les chromosomes.

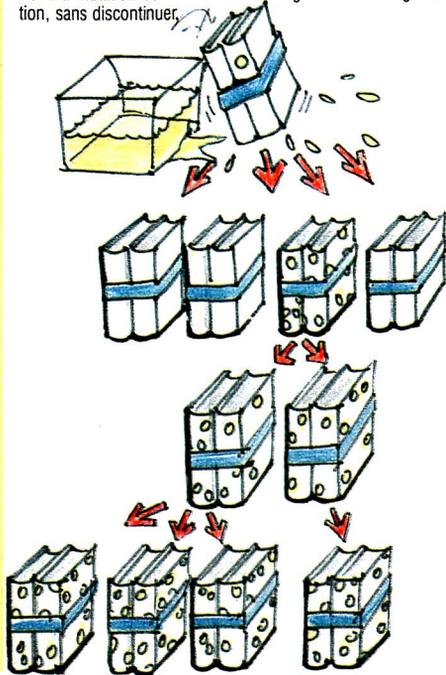
EXPLICATION. Sans entrer dans le détail d'une opération fort complexe, on peut dire ceci : lorsque deux gènes sont voisins sur un chromosome, ils ont tendance à demeurer associés dans la transmission héréditaire. Si, par exemple, deux caractères mutés (disons l'absence de pilosité et un changement de couleur de la plante) se transmettent régulièrement de parents à enfants, cela signifie que le gène de la pilosité est proche du gène du pigment coloré. Tout l'art



consiste donc à provoquer des mutations et à étudier ensuite comment elles se transmettent. Pour cela, une seule méthode : pratiquer des milliers de croisements. D'où la nécessité d'avoir à sa disposition une plante qui pousse vite et qui donne de nombreux descendants — ce qui, nous l'avons vu, est le cas d'*Arabidopsis*.

Provoquer une mutation chez *Arabidopsis* n'est pas difficile : il suffit, par exemple, de tremper les graines dans un bain d'EMS (méthane sulfonate d'éthyle) ou de les exposer à des rayons X. La mutation ne touche en général qu'un seul des chromosomes d'une paire. Si elle est "dominante", pas de problème : elle apparaîtra dans la plante issue de la graine traitée. En revanche, si elle est "récessive", c'est-à-dire si elle ne se manifeste qu'à condition d'être présente sur les deux

chromosomes de la paire, elle ne se manifestera pas à la première génération ; mais, à la génération suivante, et conformément aux lois de Mendel (voir encadré p. 63), le quart des descendants hériteront du gène muté en double exemplaire (sur les deux chromosomes). Dès lors, ces sujets transmettront la mutation de génération en génération, sans discontinuer.



Un autre avantage d'*Arabidopsis* concerne précisément la création des mutants. Contrairement à la plupart des espèces, notre petit cobaye vert possède un génome qui ne comporte pas une kyrielle de duplicata. Autrement dit, chaque gène responsable d'une fonction donnée n'existe qu'en un nombre limité d'exemplaires. Ainsi, le gène qui gouverne la fabrication de l'une des protéines de structure des chromosomes (l'histone H₃) est répété au maximum sept fois. Alors que, dans le génome du maïs, par exemple,

on en compte une cinquantaine de copies. Or, moins il y a de "doublons", plus il est commode d'obtenir des mutants, car, lorsqu'un gène a été transformé, on n'a pas trop à craindre qu'une des multiples copies prenne la relève et masque la transformation.

En résumé, à l'heure actuelle, au plan de la recherche, la situation est la suivante. Les généticiens sont en possession de multiples lignées mutantes d'*Arabidopsis* qu'ils ont accumulées au cours de ces

dernières années. Des "banques" ont même été constituées pour conserver des graines de lignées sauvages et de lignées mutantes, notamment chez le Pr Kranz, à Francfort (RFA), et chez le Pr Koornneef, à Wageningen (Pays-Bas). Des milliers de croisements entre individus sauvages et individus mutés ont permis de dresser une carte génétique déjà bien remplie. Une centaine de loci correspondant à des caractères mutés connus (donc à des gènes dont la fonction a été identifiée) ont été localisés.

Maintenant les chercheurs veulent aller plus loin : ils souhaitent déchiffrer les gènes dont ils ont repéré l'emplacement, c'est-à-dire décrypter les séquences de nucléotides qui les composent. Toutefois une telle entreprise s'annonce difficile, car, pour un grand nombre des gènes en question, on ne connaît pas la protéine qu'ils programment. Or, comme nous l'avons dit plus haut, la connaissance de la protéine facilite grandement l'accès au gène. Chez *Arabidopsis*, il est possible de tourner la difficulté en utilisant une technique d'approche que les biologistes appellent la "marche sur le chromosome".

En fait, la véritable ambition des chercheurs est de décoder, sur le génome relativement simple — et par conséquent abordable — d'*Arabidopsis*, les gènes qui gouvernent quelques-unes des fonctions essentielles du règne végétal telles que la germination de la graine, la photosynthèse, l'assimilation de l'azote, la résistance aux stress, etc. Une fois ces gènes révélés, ils pourront servir de "sondes" pour détecter leurs équivalents dans des génomes beaucoup plus compliqués, comme ceux du blé ou du maïs.

Il faut savoir en effet que les gènes qui commandent les grandes fonctions communes aux êtres vivants ont survécu à tous les bouleversements de l'évolution. Ils diffèrent peu d'une espèce à l'autre, et quand on a réussi à en isoler un dans une espèce, on peut s'en servir pour chercher son semblable dans une autre espèce. C'est ainsi, par exemple, que les gènes de trois pigments de la vision colorée chez l'homme (gènes dont les altérations sont responsables du daltonisme) ont été détectés en 1986 grâce à

LA DROSOPHILE, PREMIER "CHOUCHOU" DES GÉNÉTICIENS

La drosophile, ou mouche du vinaigre, est depuis longtemps un modèle de choix pour les généticiens. A cause, essentiellement, de son génome restreint (seulement 4 paires de chromosomes) et de son cycle de reproduction rapide (trois semaines). C'est sur elle qu'a été étudié le développement d'un être organisé, multicellulaire et... animal. Elle avait l'avantage sur *Arabidopsis thaliana* non seulement d'appartenir au même règne que l'homme, mais aussi d'avoir été la star d'un événement historique : c'est grâce à elle que le biologiste américain Thomas Morgan formula, en 1910, la théorie chromosomique de l'hérédité.

En étudiant la transmission d'une mutation qui avait transformé en blanc la couleur normalement rouge de l'œil de la drosophile, Morgan montra que, d'une part, cette mutation était portée par le chromosome sexuel X, et que, d'autre part, il s'agissait bien d'un de ces "facteurs héréditaires" découverts par Gregor Mendel en 1865.

C'était là une grande première, car l'on n'avait encore jamais associé les deux choses. Mendel avait conclu par la logique à l'existence de "facteurs héréditaires" (les gènes), mais il n'avait pas identifié leur origine, autrement dit leur support. Morgan, lui, établit non seulement que les gènes sont portés par les chromosomes, mais aussi qu'ils y occupent des emplacements précis, les loci. Et il imagina le moyen de situer ces loci l'un par rapport à l'autre.

Son raisonnement fut le suivant : plus deux gènes sont distants l'un de l'autre sur un chromosome, moins ils ont de chances de rester liés au cours de la transmission héréditaire. En effet, lors de la formation des cellules sexuelles se produit un événement capital : la méiose. C'est le moment où les paires de chromosomes se disjoignent pour constituer deux cellules

reproductrices dans lesquelles il n'y aura plus qu'un chromosome de chaque paire. Cependant, avant de se séparer, les deux chromosomes d'une même paire se sont accolés intimement. Or, au cours de ces "étreintes", il arrive fréquemment que les deux protagonistes s'entrecroisent et échangent des fragments correspondants ("homologues"). Ces enjambements, ou crossing-over, ont été observés dès 1909 par le biologiste belge Janssens (voir p. 44).

Ainsi, plus deux gènes sont proches l'un de l'autre sur un même chromosome, moins ils risquent d'être séparés par un crossing-over et plus ils ont de chances d'être transmis ensemble comme un seul et même gène — ce qui, soit dit en passant, est contraire à la troisième loi de Mendel. Le coup de génie de Morgan a été d'entrevoir que les proportions dans lesquelles deux caractères se transmettent de parents à enfants pouvaient nous renseigner sur leurs positions relatives sur le chromosome.

Par des milliers de croisements judicieusement choisis, Morgan et son équipe étudièrent la transmission des mutations chez les drosophiles et purent ainsi positionner, l'un par rapport à l'autre, les gènes correspondants. La carte génétique était née.

Depuis, de telles cartes ont été dressées pour un grand nombre d'espèces, de la pomme de terre à l'homme, en passant par *Arabidopsis*. Chaque carte répertorie toutes les mutations connues dans l'espèce et fixe leur emplacement — leur locus — sur les chromosomes. La distance entre deux loci indique la probabilité qu'ont deux gènes d'être ou non dissociés lors de leur transmission. A tout seigneur, tout honneur : l'unité de distance a reçu le nom de "centiMorgan" (cM). Un centiMorgan représente une chance sur cent de recombinaison (de dissociation chez les descendants).

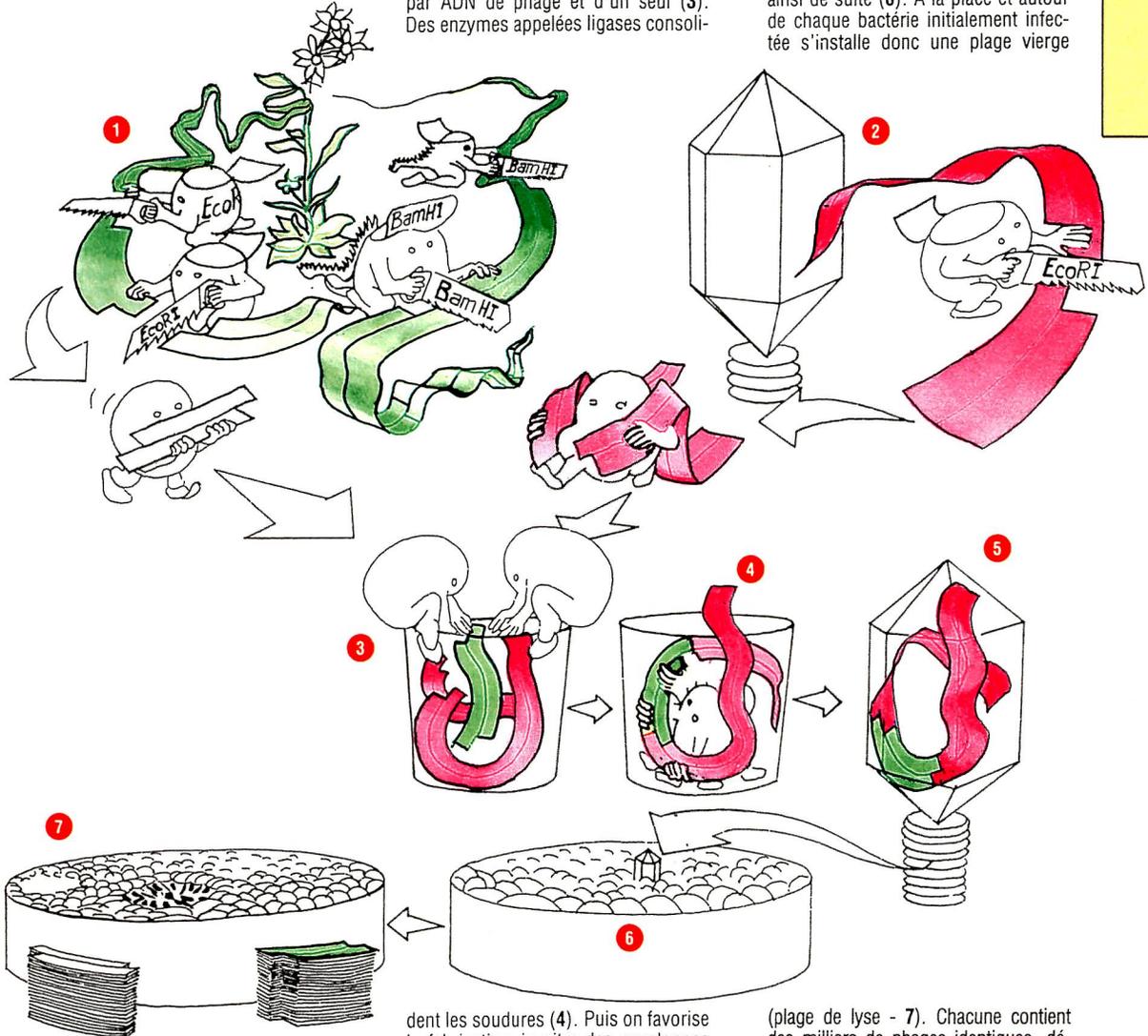
Arabidopsis livre les clés de la génétique

Le clonage

Pour analyser un fragment d'ADN, il faut d'abord l'obtenir pur et en quantité illimitée. Cette opération s'appelle le clonage. L'ADN extrait des milliers de cellules de la plante est découpé en fragments par des ciseaux naturels que sont les enzymes de restriction. Chaque enzyme (EcoR1, BamH1 etc.) coupe l'ADN en un site spécifique (1).

trouvent ainsi pourvus des mêmes extrémités que les morceaux d'ADN de la plante : complémentaires par construction, ces extrémités ne demandent qu'à se recoller l'une à l'autre (extrémités adhésives). En mélangeant dans un tube à essai à peu près autant de molécules d'ADN de phages lambda que de fragments d'ADN de la plante, on favorise l'insertion d'un fragment par ADN de phage et d'un seul (3). Des enzymes appelées ligases consoli-

deux phages simultanément. On ajoute alors de la gélose dans le milieu liquide et on coule ce milieu solidifié sur des boîtes de Pétri de manière à y étaler le plus possible les bactéries. Dans chaque bactérie infectée, le phage produit des milliers de copies qui la détruisent (lyse). Chaque copie infecte une bactérie voisine, s'y multiplie, ce qui entraîne sa destruction et ainsi de suite (6). A la place et autour de chaque bactérie initialement infectée s'installe donc une plaque vierge



Pour avoir accès à ces fragments d'ADN minuscules : il n'existe qu'un seul recours : des transporteurs spécialisés (ici des bactériophages lambda ou phages λ) qui vont capter séparément chacun des fragments et les photocopier. Pour assurer ce transport, l'ADN des phages doit être coupé par les mêmes enzymes de restriction (2). Les morceaux d'ADN du phage se re-

dent les soudures (4). Puis on favorise la fabrication *in vitro* des enveloppes protéiques ou "capsides" des phages. A ce stade, ils sont dits "recombinants" parce que leur ADN s'est recombiné avec de l'ADN étranger (5). Les phages recombinants sont mélangés en milieu liquide avec des milliers de bactéries *Escherichia Coli*. Certaines vont être infectées par un phage et il y a statistiquement peu de chances qu'une bactérie soit co-infectée par

(plaque de lyse - 7). Chacune contient des milliers de phages identiques, dépositaires du même fragment de génome, soit un "clone" de ce fragment. La collection complète des clones reconstitue le génome de la plante et s'appelle une "banque génomique". Pour effectuer la marche sur le chromosome (voir dessin p. 61), il est nécessaire que les fragments clonés aient leurs extrémités qui se recouvrent (fragments chevauchants).

Arabidopsis livre les clés de la génétique

Les marqueurs moléculaires.

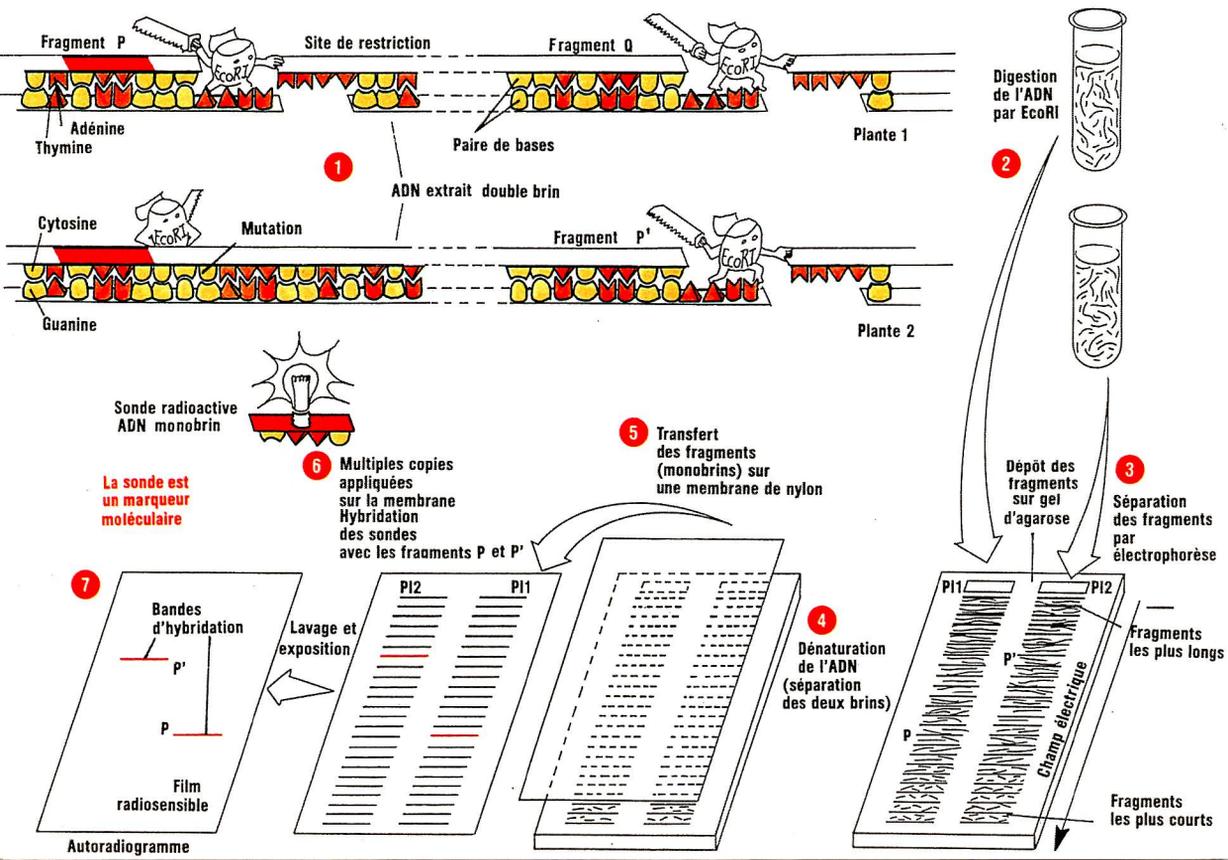
Tout caractère qui distingue deux individus, deux races, deux variétés est un marqueur. Il peut être morphologique (nanisme), biochimique (incapacité à assimiler telle substance) ou simplement moléculaire : une séquence d'ADN. L'important est que ce marqueur révèle une différence que l'on puisse suivre à la trace chez les descendants. L'existence d'un marqueur est toujours liée à une mutation. Une mutation est une modification dans la séquence des éléments qui constituent l'ADN, les nucléotides, et qui sont caractérisés par leurs bases, complémentaires deux à deux (A et T, G et C). Quand la mutation modifie la séquence d'un gène, elle modifie du même coup le caractère que contrôle ce gène : c'est un marqueur "phénotypique". Mais beaucoup de mutations ont lieu à l'intérieur de séquences d'ADN non "signifiantes". Parmi elles, certaines ne font que modifier le site de coupure d'une enzyme de restriction ; par exemple le remplacement de A par C dans la séquence GAATTC supprime un site de coupure de l'enzyme EcoRI (1). Le découpage de l'ADN de la plante 1 par l'enzyme EcoRI ne donnera alors pas les mêmes fragments que celui de la plante 2 (2). La différence peut être démasquée. En effet, les

fragments d'ADN sont dissociés dans un champ électrique : l'ADN étant chargé négativement, les fragments migrent vers le pôle positif. Le support, un gel d'agarose ou de polyacrylamide, freine entre ses mailles la progression des fragments. Les plus longs s'immobilisent les premiers ; les plus courts migrent le plus loin (3).

Le fragment de restriction P de la plante 1 et le fragment P' de la plante 2 n'étant pas de la même longueur, ils vont s'arrêter à une hauteur différente. Une sonde complémentaire d'une séquence d'ADN commune aux deux fragments (en rouge) permettra de le mettre en évidence. Une sonde est une séquence de nucléotides déterminée (au moins 20 dans la réalité). Elle peut s'accoler à toute séquence d'ADN sous forme monobrin possédant la succession des nucléotides complémentaires. Pour permettre à l'ADN de s'hybrider avec une sonde, il est donc nécessaire, tout d'abord, de dissocier ses deux brins (4). On transfère alors ces fragments d'ADN monobrin sur une membrane de Nylon appliquée sur le gel d'agarose. Les fragments s'y déposent par capillarité comme sur un buvard (5) ; c'est la technique du Southern blot (blot = buvard, Southern a inventé la technique en 1975). Les fragments sont ensuite

fixés sur la membrane. La membrane est alors plongée dans un milieu liquide contenant de multiples copies de la sonde, préalablement rendue radioactive (6) ; chaque copie se balade jusqu'à ce qu'elle reconnaisse le fragment complémentaire et s'y fixe. Les sondes non ou mal fixées sont éliminées par lavage. Un film radiosensible dévoilera les bandes d'hybridation. La sonde a "allumé" le fragment P chez la plante 1 et le fragment P' chez la plante 2 ; P' étant plus long que P, il a migré moins loin et les bandes allumées ne sont pas à la même hauteur (7).

La sonde a ainsi révélé une différence de profil — un polymorphisme — dans les bandes d'hybridation. En anglais, ce polymorphisme de longueur des fragments de restriction se dit *restriction fragment length polymorphism* et le sigle RFLP a été adopté internationalement. Un RFLP est donc un marqueur moléculaire défini par une sonde et une enzyme de restriction. Comme pour tout marqueur, on peut observer la manière dont il se transmet de parents à enfants. Et en étudiant l'hérédité de plusieurs marqueurs, on peut arriver à les placer l'un par rapport à l'autre sur le chromosome comme les villes le long d'une route. On peut ainsi établir des



cartes génétiques avec la position respective (le locus) des sondes RFLP et des mutations phénotypiques. La distance s'y exprime en centiMorgans (cM). De même que l'équivalence entre l'heure de voiture et le kilomètre varie selon la vitesse du véhicule, de même l'équivalence entre le centiMorgan et la paire de bases (pb) varie selon les espèces ; chez *Arabidopsis*, 1 cM = 140 000 pb environ.

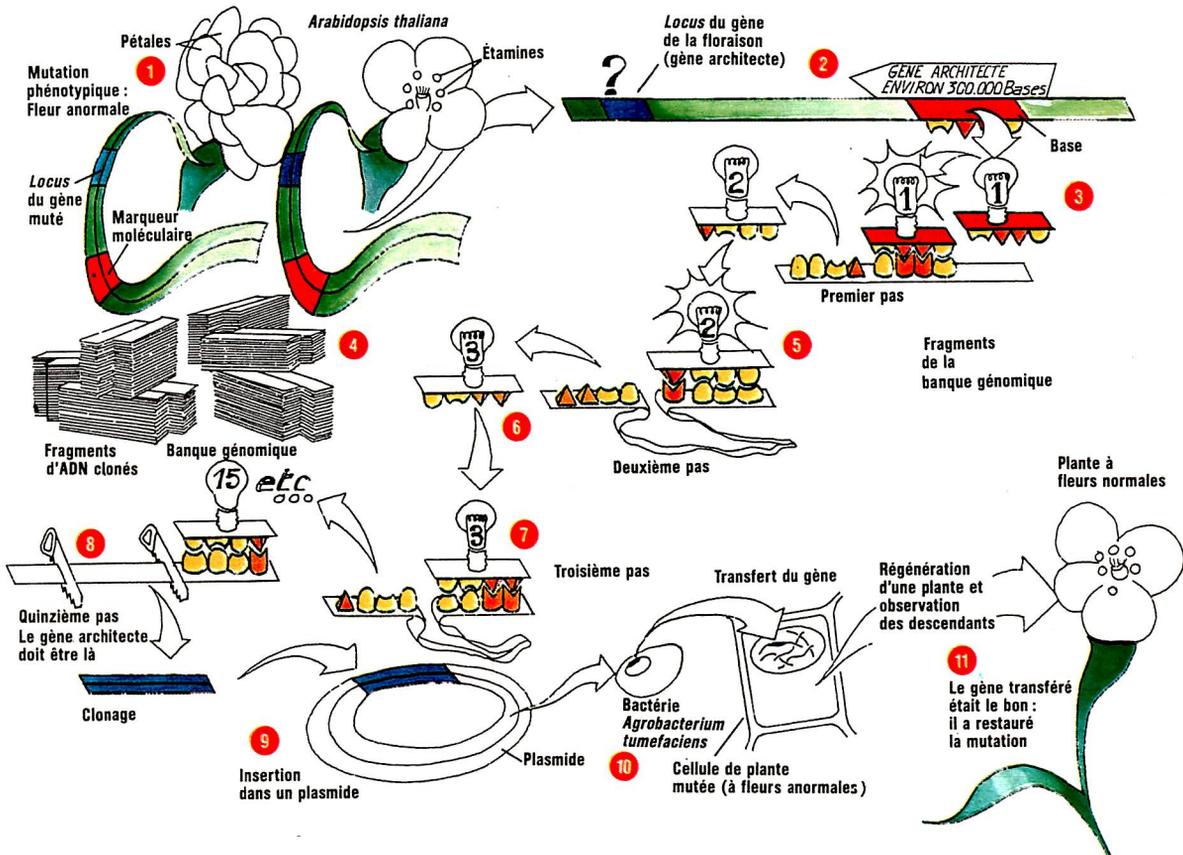
Connaissant la distance approximative en centiMorgans (donc en paires de bases) entre une sonde RFLP et une mutation dont on ne connaît *a priori* pas le gène, on peut, partant de la première, physiquement connue, rejoindre le locus de la seconde : c'est la marche sur le chromosome.

La marche sur le chromosome

Les mutations phénotypiques ne sont connues que par le caractère apparent qu'elles modifient, par exemple la pousse de pétales à la place d'étamines (1). On connaît souvent sur le chromosome le locus du gène affecté par cette mutation, ici un gène "architecte" puisqu'il contrôle la morphologie de la plante. Mais pour connaître précisément la séquence de ce gène, il est nécessaire de connaître à proximité un marqueur moléculaire, ainsi que la distance supposée entre

les deux (2). On trouve ces renseignements sur les cartes génétiques. Supposons par exemple que l'on connaisse un marqueur moléculaire à 300 000 bases environ du gène que l'on recherche (3). Cette séquence d'ADN simple brin ne demande qu'à s'hybrider avec une séquence complémentaire. Rendue radioactive, elle peut donc servir de sonde pour dénicher le fragment d'ADN d'*Arabidopsis* qui contient cette séquence complémentaire. Ce fragment va être recherché dans une banque génomique où les fragments sont mis sous forme monobrin pour pouvoir s'hybrider (4). Dans la banque utilisée pour ces opérations, les fragments sont chevauchants, c'est-à-dire qu'ils ont deux à deux des extrémités possédant la même séquence de nucléotides. L'une des extrémités du fragment "pêché" est alors isolée et rendue radioactive pour servir de nouvelle sonde (5). La nouvelle sonde va pêcher le fragment qui jointe le précédent fragment sur le chromosome (6) (il existe des moyens pour s'apercevoir rapidement que l'on est parti dans le bon sens, c'est-à-dire qu'on a pris la bonne extrémité sur le premier fragment). On recommence la même opération avec l'autre extrémité de ce second

fragment pour aller pêcher le fragment suivant, etc. (7). Les fragments ont une longueur déterminée par le "vecteur" qui les a clonés : 20 000 bases dans le cas des phages lambda (voir dessin p. 59). Au quinzième "pas" de cette marche sur le chromosome, on a donc parcouru environ 300 000 bases, soit approximativement la distance que l'on supposait exister entre la sonde initiale et le locus de la mutation (8). Le gène recherché est donc sans doute dans ce fragment. Pour s'en assurer, on peut découper la séquence d'ADN susceptible de contenir le gène et l'insérer dans un certain plasmide (petite boucle d'ADN) d'une bactérie *Agrobacterium tumefaciens* capable de décocher des gènes chez les plantes (9). On "infecte" avec ces bactéries quelques cellules d'une plante présentant la mutation "floraison anormale". Ces cellules vont hériter du gène inséré dans le plasmide (10). A partir de ces quelques cellules, on sait régénérer une plante ; si cette plante et certains de ses descendants montrent une floraison normale, c'est que le gène reçu était bien celui que l'on soupçonnait (11) ; il ne reste plus qu'à en déterminer la séquence. La marche sur le chromosome est ainsi un moyen de découvrir des gènes nouveaux.



L'utilisation, en tant que sonde, d'un gène de bovin programmant un autre pigment visuel, la rhodopsine. Ou que les gènes des histones (des protéines sur lesquelles est enroulée, comme sur une bobine, l'ADN des chromosomes) ont été identifiés chez le maïs et chez *Arabidopsis* au moyen de sondes confectionnées avec les gènes des histones de l'oursin.

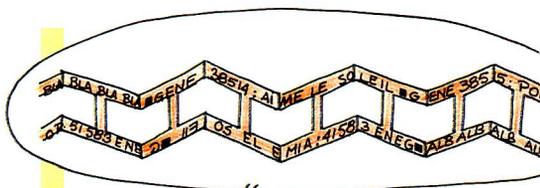
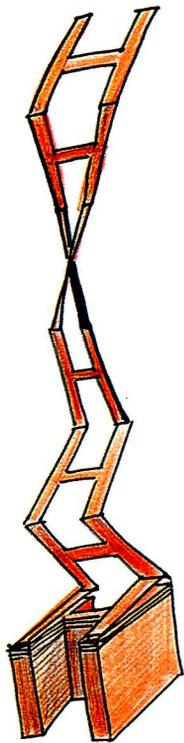
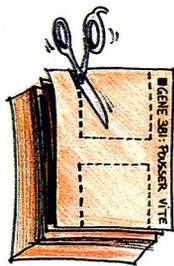
EXPLICATION. Pour comprendre comment un gène peut servir de sonde, et même entre des espèces très différentes, il faut avoir présent à l'esprit que les génomes de tous les être vivants, de la bactérie à la baleine en passant par les épinards, sont faits de la même matière première : l'ADN. Cette universalité, nous la vérifions d'ailleurs douloureusement chaque fois qu'un virus nous infecte en insérant ses gènes dans nos chromosomes.

La molécule d'ADN, rappelons-le, est constituée de deux chaînes. Chaque chaîne est formée d'une suite d'unités (les nucléotides évoqués précédemment) soudées entre elles. La liaison entre deux nucléotides se fait entre le sucre de l'un et le phosphate de l'autre. En outre, sur chaque sucre est greffée une base, c'est-à-dire une molécule organique azotée. Ces bases sont de quatre sortes : l'adénine (A), la cytosine (C), la guanine (G) et la thymine (T). Les deux chaînes sont unies entre elles par les bases, mais pas n'importe comment. A est toujours relié à T, et C à G. Vue en trois dimensions, la molécule d'ADN ressemble à une très longue échelle qui serait torsadée à la manière d'un escalier en colimaçon. Les montants de l'échelle sont représentés par la succession sucre-phosphate de chaque chaîne, et les barreaux par les liaisons entre les bases appariées. C'est la fameuse structure en double hélice découverte par James Watson et Francis Crick en 1953.

Génétiquement parlant, seules les bases sont intéressantes, car elles sont les lettres avec lesquelles est écrit le code génétique. En clair, un gène est une suite de bases disposées dans un ordre déterminé. Comme les bases d'une chaîne déterminent la nature des bases qui sont en vis-à-vis sur l'autre chaîne (selon le principe de complémentarité énoncé ci-dessus), on peut dire que le gène est écrit en "positif" sur l'une des chaînes et en "négatif" sur l'autre.

Cette complémentarité entre les deux chaînes de l'ADN permet de comprendre deux phénomènes essentiels : la transmission des chromosomes lors de la division cellulaire et le fonctionnement d'une sonde. Quand une cellule se divise, chaque chromosome (qui est un fragment d'ADN) se dédouble. Cela se passe de la façon suivante : à l'extrémité de l'ADN, les deux chaînes se séparent. Au contact de chacun des brins, une nouvelle chaîne vient se synthétiser, qui est forcément complémentaire du segment qui lui sert de moule. Ainsi l'on aura deux doubles chaînes exactement identiques à la double chaîne initiale, de sorte que les deux cellules filles auront le même patrimoine génétique que la cellule mère.

C'est aussi en raison de la complémentarité des bases que

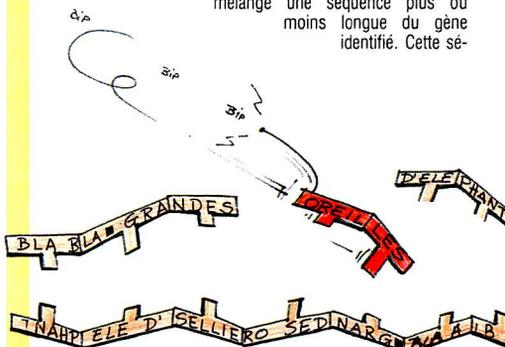
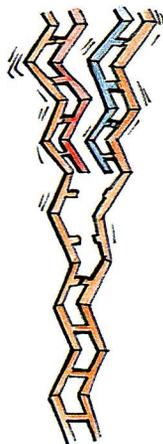


deux brins "célibataires" peuvent s'accoler l'un à l'autre (on dit qu'ils s'"hybrident") : il suffit pour cela que l'un ait rencontré sa séquence complémentaire chez l'autre. La sonde est une application particulière de ce mécanisme. Une sonde, en effet, n'est rien d'autre qu'un petit fragment d'ADN célibataire (on dit "monobrin"), grâce auquel on va tenter de trouver sur un long brin d'ADN également célibataire, la séquence qui lui est complémentaire et sur laquelle il s'hybridera pour former un morceau d'ADN en double chaîne. Deux précisions :

1° La séparation *in vitro* des deux chaînes complémentaires de l'ADN, par rupture des liaisons entre les bases, se produit spontanément en présence de produits basiques comme la soude (l'opération s'appelle la "dénaturation" de l'ADN, et elle donne deux brins d'ADN "dénaturé").

2° Pour pouvoir suivre la sonde et déceler son éventuelle hybridation, on lui incorpore un élément radioactif (généralement du phosphore 32).

On voit maintenant comment, avec un gène connu chez une espèce, on peut aller à la pêche de son *alter ego* dans une autre espèce. Après avoir dénaturé l'ADN de l'espèce à étudier, on y mélange une séquence plus ou moins longue du gène identifié. Cette sé-



quence, qui sert de sonde, a été rendue radioactive, si bien que, en étalant le tout sur une émulsion photographique, on saura, d'une part, si l'hybridation s'est faite et, d'autre part, à quel endroit de l'ADN exploré se trouve le gène recherché. Une sonde (20 nucléotides successifs au minimum) est capable de "reconnaître" une séquence parmi des millions d'autres.

Mais comment aller à la recherche des gènes identifiés, c'est-à-dire de ceux pour lesquels, par définition, on ne possède pas de sonde potentielle ? Eh bien ! justement, par cette "marche sur le chromosome" à laquelle le génome modèle réduit d'*Arabidopsis* se

prête admirablement.

Avec toute autre plante, cette méthode exigerait un tel travail qu'il serait quasi impossible d'en venir à bout. La qualité première d'*Arabidopsis*, c'est, nous l'avons dit, que son message génétique (son ADN) ne compte que 70 millions de paires de bases. A peine cinq fois plus que la levure, l'un des organismes les plus simples de la création. Vingt-deux fois moins que le tabac ! Cinquante fois moins que l'homme ! Quatre-vingt-quatre fois moins que le blé !

Or, le biologiste à la recherche d'un gène inconnu à l'intérieur d'un génome est un peu dans la situation de quelqu'un à qui l'on demanderait de découvrir une phrase intelligible sur un immense ruban alignant les unes à la suite des autres, sur deux rangées, des centaines de millions de lettres. On imagine l'ampleur de la tâche ! En outre, il ne faut pas oublier que ruban et lettres sont de taille microscopique, ce qui ajoute encore à la difficulté.

Le premier travail du généticien va être de découper ce ruban démesurément long en plusieurs fragments : fragments suffisamment courts pour qu'ils soient maniables, mais pas trop tout de même pour qu'ils ne soient pas trop nombreux.

EXPLICATION. Les bistouris qui permettent de découper un génome en fragments ont été découverts en 1972 : ce sont les enzymes de restriction. Extraites de divers micro-organismes, ces enzymes — on en connaît plus de 500 aujourd'hui — ont révolutionné la génétique. Mises en présence de la double chaîne d'ADN, elles la coupent chaque fois qu'elles y rencontrent une courte séquence (en général de 4 à 8 paires de bases) particulière à chacune d'elles. Ainsi EcoRI(1), l'une des enzymes les plus utilisées, scinde l'ADN chaque fois qu'elle tombe sur la séquence GAATTC. La coupure a lieu chaque fois après le G. Mais, comme l'ADN est composé de deux chaînes complémentaires, cette coupure n'est jamais franche : elle est "en escalier". En effet, si l'une des chaînes porte la séquence GAATTC, l'autre portera obligatoirement en vis-à-vis la séquence CTTAAG. Si bien que, la scission intervenant après G (dans un sens ou dans l'autre), les deux coupures seront décalées. Résultat : aux extrémités des fragments, l'une des

LES TROIS LOIS DE MENDEL

En croisant 22 variétés de pois différenciant par 7 caractères, le moine autrichien Gregor Mendel établit dès 1865 les trois lois fondamentales de la transmission héréditaire. Longtemps méconnues, ces lois furent tirées de l'ombre et vérifiées, en 1900, par le botaniste généticien hollandais Hugo de Vries. Les voici :

1 — Chaque caractère héréditaire est gouverné par deux facteurs, l'un provenant de la cellule sexuelle (ou gamète) paternelle, l'autre de la cellule sexuelle maternelle. C'est la loi de pureté des gamètes.

2 — Lorsque les deux facteurs sont différents, le caractère observé (par exemple, pois lisse) ne reflète que l'un des facteurs : celui qui est "dominant". L'autre, dit "récessif" (ici, pois ridé), reste masqué. C'est la loi de dominance. En vertu de celle-ci, un

caractère récessif (par exemple, les yeux bleus chez l'homme) ne peut apparaître que si les deux parents ont transmis le facteur récessif.

3 — Lorsque les deux parents différent par plusieurs caractères, ceux-ci sont transmis à la descendance indépendamment les uns des autres. C'est la loi de la ségrégation indépendante des caractères. Cette loi, inspirée à Mendel par les résultats statistiques de milliers de croisements, n'est pas générale, à l'inverse des deux premières. Mais il a fallu attendre les croisements entre drosophiles de Morgan (voir encadré p. 58) pour s'en rendre compte. La ségrégation indépendante des caractères n'a lieu que si ces caractères sont portés par des chromosomes différents — ce qui, par le plus grand des hasards, était le cas de ceux étudiés par Mendel.

deux chaînes sera automatiquement un peu plus longue que sa complémentaire. Ces extrémités "en escalier" sont adhésives, parce que le petit morceau de chaîne qui dépasse et qui n'a pas de vis-à-vis, ne demande qu'à se rabouter avec toute séquence qui lui est complémentaire.

Plus la séquence reconnue par l'enzyme est courte (4 paires de bases, par exemple), plus elle a de chances d'être présente sur le génome : en conséquence, les "sites de restriction" (les endroits où a lieu la coupure) seront plus nombreux, et les fragments découpés plus petits. A l'inverse, avec une enzyme qui a besoin d'une longue séquence pour être opérante (8 paires de bases, par exemple), les sites de restriction offerts par le génome seront moins nombreux, et les morceaux coupés plus grands. La manière de fractionner le génome et le nombre de fragments dépendent donc directement des enzymes utilisées.

Une fois le long ruban découpé, le deuxième travail du généticien sera d'isoler les fragments, de les classer et même de les "polycopier", afin d'avoir plusieurs exemplaires de chacun et de pouvoir ainsi les manipuler à son aise. A cet effet, il va utiliser des "vecteurs", c'est-à-dire des morceaux d'ADN capables d'héberger séparément chaque fragment et de le recopier à volonté par clonage, c'est-à-dire par multiplication à l'identique dans une cellule hôte (bactérie ou levure) (voir dessin p. 59).

Les vecteurs connus à ce jour ont une capacité d'accueil limitée. Ainsi, les plasmides, petites boucles d'ADN que l'on trouve dans les bactéries, ne peuvent loger que des fragments inférieurs à 10 000 paires de bases, soit 10 kb (10 kilobases). Le virus bactériophage lambda, autre vecteur courant, a une capacité limite de 20 kb. Compte tenu de la petite taille du

(1) E est l'initiale d'*Escherichia coli*, l'espèce bactérienne d'où est extraite cette enzyme ; co correspond à *coli*, le genre de cette bactérie ; R signifie restriction et I veut dire que c'est la première enzyme de restriction trouvée chez *E. coli*. Ce mode de désignation s'applique à toutes les enzymes.



génomique d'*Arabidopsis*, 3500 phages lambda suffiraient pour héberger la totalité des fragments. Toutefois, pour compenser les marges d'incertitude inévitables dans ce genre de manipulation, il faut environ 16 000 lambda pour avoir une partition complète du génome. Ce qui, tout compte fait, reste dans les limites de l'acceptable, comparé aux 46 000 lambda qu'il faudrait pour contenir le génome de la drosophile, ou aux 1 400 000 nécessaires pour absorber celui du blé !

L'ensemble des fragments inclus dans leurs vecteurs (plasmides ou phages) constitue ce que l'on nomme une "banque génomique". Pour les chercheurs, plus une banque génomique est réduite, plus elle est facile à consulter et commode à exploiter. Lorsque, par exemple, on veut trouver la séquence complémentaire d'une sonde donnée, il est tout de même préférable de n'avoir à promener cette sonde que sur 10 000 fragments plutôt que sur 1 000 000 ! Voilà pourquoi, chez les végétaux, la banque génomique d'*Arabidopsis* est si courue. Voilà pourquoi aussi on s'évertue aujourd'hui à mettre au point des vecteurs artificiels de contenance encore plus grande. Ainsi, les cosmides, "bricolés" à partir d'ADN viral et bactérien, peuvent contenir jusqu'à 40 kb ; et les tout récents YAC (*Yeast Artificial Chromosome* = chromosome artificiel de levure) peuvent en accueillir près de 500.

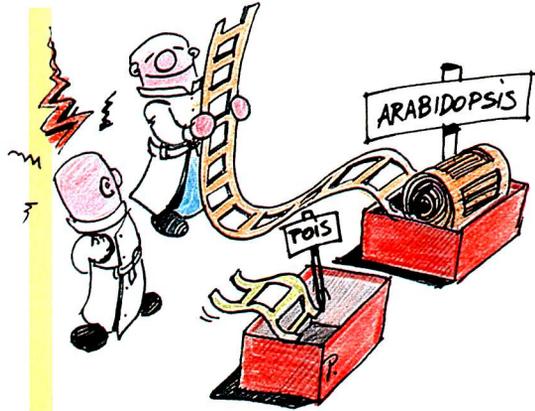
Cela dit, *Arabidopsis* n'en finit pas de combler les vœux des biologistes. En effet, en plus de toutes les qualités énumérées jusqu'ici, elle en possède une autre, particulièrement appréciée : son génome n'est pas seulement restreint, il est aussi concis, c'est-à-dire plus resserré et plus clair que celui des autres plantes. En effet, son message héréditaire n'est pas encombré de ces répétitions inutiles et de ces phrases creuses qui sont le lot de tout génome chez les êtres évolués.

EXPLICATION. L'une des découvertes les plus étonnantes de la biologie moléculaire est qu'une grande partie du message inscrit sur l'ADN n'a aucun sens. C'est de l'ADN "non codant". L'importance de ce remplissage inutile est variable d'une espèce à l'autre : il ne dépasse pas 5 % chez la bactérie *Escherichia coli*, mais atteint plus de 90 % chez l'homme. Ces textes creux pourraient être le tribut payé à l'évolution lorsque les espèces se distinguent les unes des autres.

Il existe des morceaux d'ADN non codant jusqu'à l'intérieur des gènes. Ces séquences internes sans signification sont désignées sous le terme d'"introns". Leur longueur et leur nombre varient aussi selon les espèces, et augmentent d'autant la dimension du gène. C'est d'ailleurs pourquoi il est impossible de dire *a priori* la dimension d'un gène.

BLA BLA BLA CHEVEUX BLA BLA FRISSES BLA BLA BLA
ALB ALB ALB ALB SESI RF ALB ALB XUEVEHC ALB ALB

Le plus souvent, cependant, cet ADN dépourvu de sens se trouve à l'extérieur des gènes et se manifeste sous forme de "bégaiements", c'est-à-dire de séquences plus ou moins longues répétées l'une à la suite de l'autre en différents endroits de la double hélice. L'étendue et la fréquence de ces



redites sont, elles aussi, propres à chaque espèce. Ainsi l'ADN répétitif représente-t-il 75 % du génome du blé, 85 % de celui du pois, 90 % de celui du maïs... mais seulement 25 % de celui d'*Arabidopsis*. Et encore, chez notre petite merveille, ces séquences répétitives se situent-elles principalement dans l'ADN des chloroplastes (les petits organites responsables de la photosynthèse chlorophyllienne) ; à l'intérieur même des chromosomes, les "bégaiements" ne représenteraient pas plus de 10 à 14 % de l'ADN.

De plus, l'ADN d'*Arabidopsis* offre de grandes plages libres de tout rabâchage, car les séquences répétitives sont très diluées dans tout son génome. La distance moyenne entre deux groupes de redites est de l'ordre de 120 000 paires de bases, alors qu'elle n'est que de 1 000 paires chez le blé et de 300 paires chez le pois.

Il résulte des explications qui précèdent que, dans la banque génomique d'*Arabidopsis*, bon nombre des fragments insérés dans des phages lambda sont entièrement faits d'ADN signifiant. A l'opposé, avec une plante comme le pois, les fragments en question seraient surtout composés d'ADN répétitif, sans signification. Or, les séquences répétées sont des éléments parasites qui contrarient la "marche sur le chromosome".

Cette marche consiste en effet, lorsque l'on connaît l'emplacement d'un gène muté, mais pas sa structure ni la protéine qu'il gouverne (on ne peut donc pas faire de sonde), à s'en approcher pas à pas, par séquences successives (voir dessin p. 61), un peu à la manière de ce jeu d'enfant dans lequel, partant d'une locution connue, on progresse petit à petit vers une autre locution, en empruntant chaque fois la fin de la précédente pour commencer la suivante ("J'en ai marre, marabout, bout de ficelle, etc."). Si, par exemple, au lieu de "bout de ficelle", on utilise l'expression "boule de neige", le jeu s'oriente dans une autre direction. Il en est de même avec les séquences répétées en plusieurs endroits du génome : utilisée comme sonde, une telle séquence pêche plusieurs fragments de la banque génomique et il est difficile de savoir lequel se trouve être dans la continuité de la marche d'approche.

En pratiquant cette approche à pas comptés sur le sujet de choix qu'est *Arabidopsis*, les généticiens espèrent décrypter les gènes responsables des caractéristiques

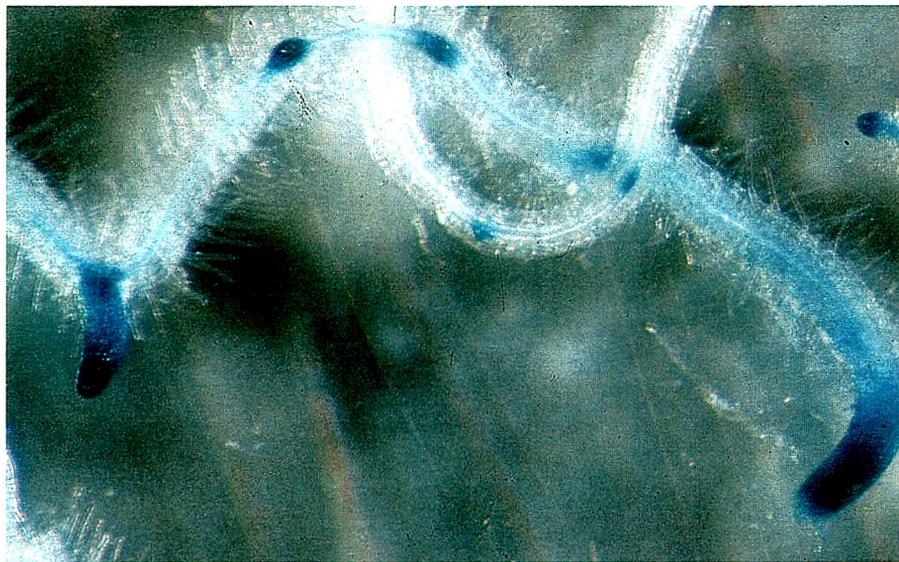
tères connus du petit co-
caye vert et s'en servir en-
suite pour les découvrir, et
éventuellement les modi-
fier, chez d'autres espèces.

Mais comment être sûr
qu'un gène identifié, locali-
sé, décrypté, est bien celui
qui commande un caractè-
re donné ? Là encore, *Ara-
bidopsis* se révèle une al-
liée modèle puisqu'elle se
prête elle-même à toutes
les vérifications. Exem-
ple : vous voulez vous as-
surer que le gène que vous
avez découvert à l'issue de
votre marche sur le chro-
mosome est bien celui qui
régit la largeur de la feuil-
le. Rien de plus simple.

Vous prenez un plant d'*A-
rabidopsis* muté, dont les
feuilles sont plus étroites
que chez un sujet normal,
et vous introduisez dans
quelques-unes de ses cel-
lules le gène que vous vou-
lez expertiser. Ces cellules
"manipulées" vont donner
naissance à de nouvelles pousses dont toutes les
cellules auront adopté le gène étranger. Si, parmi les
descendants de ces pousses, vous obtenez un nom-
bre significatif de sujets ayant retrouvé une largeur
de feuille normale, vous avez gagné ! Le gène en
question était bien celui que vous supposiez.

EXPLICATION. Pour injecter un gène dans une cellule, on se
sert d'une "navette". Les plus courantes sont la bactérie
Agrobacterium tumefaciens et la bactérie *Agrobacterium rhizo-
genes*. Après avoir isolé le gène que l'on veut transférer, on
l'intègre à un plasmide (une petite boucle d'ADN) d'*Agrobacte-
rium*. En infectant la cellule, la bactérie lui transmettra le gène.

Cette technique de transfert n'est pas applicable à toutes les
plantes. Certaines, comme les monocotylédones (blé, riz,
maïs), y sont récalcitrantes. Mais *Arabidopsis*, comme de



Un espion est entré dans *Arabidopsis*. C'est un gène "reporter" qui commande la
synthèse de la β -glucuronidase (GUS), une enzyme facilement détectable car elle provoque la
coloration bleue d'un réactif. On recourt à cet espion lorsqu'on veut savoir dans quel tissu de
la plante un gène particulier s'exprime. On introduit dans la plante la construction génétique
suivante : la séquence qui régule l'activité du gène étudié — on l'appelle "promoteur" —
suivie du gène reporter. Ici le gène dont on a voulu analyser l'activité est un gène d'histone,
protéine qui compacte l'ADN à l'intérieur du noyau d'une cellule; et on observe, grâce au gène
GUS, qu'il s'exprime surtout dans les tissus en pleine croissance où la division cellulaire est
intense comme ici, à la pointe des racines.

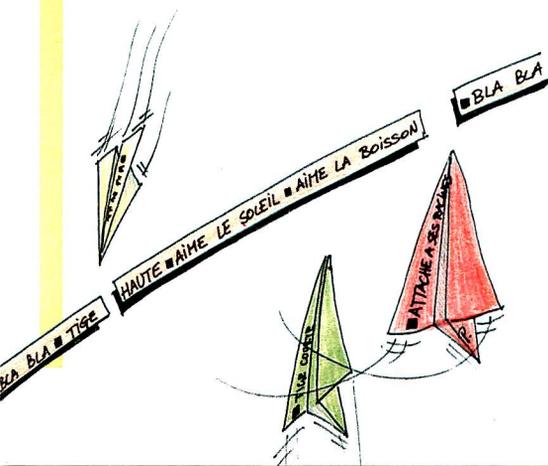
nombreuses dicotylédones (tabac, tomate, pomme de terre,
pétunia...), s'y prête merveilleusement. On peut aussi injecter
directement le gène dans un protoplaste (cellule débarrassée
de son enveloppe extérieure) d'*Arabidopsis* et obtenir une
plante complète à partir de cet élément bricolé.

A l'heure actuelle, de nombreuses équipes s'em-
ploient à identifier les gènes d'*Arabidopsis*, notam-
ment par la méthode que nous venons de décrire.
Aux Etats-Unis, plus de 200 laboratoires sont dans la
course. En Europe, l'Angleterre, la Belgique et l'Alle-
magne sont bien placées, mais la France, elle, est à la
traîne, n'ayant que 5 équipes dans la compétition (2).
L'une d'entre elles, constituée dans le tout jeune Insti-
tut des sciences végétales de Gif-sur-Yvette, a pour
premier objectif de découvrir les gènes mis en activi-
té par l'acide abscissique, une hormone qui contrôle
plusieurs mécanismes physiologiques essentiels,
comme l'adaptation à la sécheresse, le développe-
ment et la germination des graines.

Maintenant que la Communauté européenne a
accepté de "sponsoriser" les explorateurs d'*Arabi-
dopsis*, on peut espérer que la petite plante trouvera
chez nous de nouveaux adeptes !

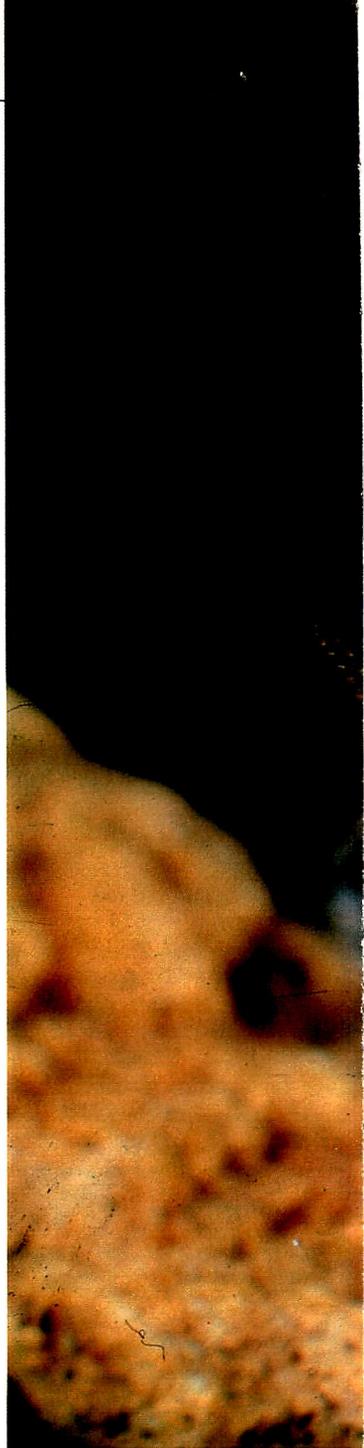
Marie-Laure Moinet

(2) A l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et au
Centre national de la recherche scientifique (CNRS), les équipes de
Bernard Lescure, Michel Caboche, Claude Gigot, Pierre Benveniste et
Jérôme Giraudat.



POISSONS : LES PÈRES CÉLIBATAIRES

Pourquoi, chez les poissons de rivière, les pères sont-ils seuls à s'occuper de la progéniture ? Ce n'est pas que les femelles soient de "mauvaises mères", c'est que la sélection naturelle a sa façon à elle de faire ses bilans d'énergie.



PAR ANNE TEYSSEDE

66

En grande majorité, les poissons de mer se désintéressent totalement de leur progéniture. Mâle et femelle se contentent de mettre en commun leurs gamètes lors du frai, par fécondation externe, puis s'en vont chacun de leur côté. Les embryons, orphelins avant même de naître, sont abandonnés aussitôt conçus et vont grossir le zooplancton, emportés par le courant.

Inoffensifs et très nutritifs, quantité d'entre eux se font dévorer avant l'éclosion par toutes sortes de prédateurs.

Les poissons de rivière ou de récif, eux, sont en général de meilleurs parents. Ils ont la possibilité de fixer leurs œufs à divers substrats — plantes ou pierres — pour les protéger du courant et des prédateurs. Cette précaution est d'autant plus néces-



saire que le courant est plus fort et que les amateurs d'œufs sont plus abondants dans les cours d'eau.

Ceux qui se reproduisent dans les eaux rapides et claires des torrents, comme les salmonidés (truites, saumons et ombres), peuvent se contenter d'abandonner leurs œufs sous une couche de gravier. Suffisamment oxygénés, les embryons s'y développeront tranquillement en toute sécurité.

Mais un tel comportement est impossible dans les eaux plus lentes, car les œufs enterrés en profondeur périraient par asphyxie. C'est pourquoi bon nombre d'espèces de rivière, comme les épinouches ou les combattants, préparent un nid pour la ponte et montent la garde jusqu'à l'éclosion. Certaines

"Baby-sitting" chez les épinouches.

C'est le mâle, ici avec son petit âgé de huit jours, qui garde le nid jusqu'à l'éclosion des œufs.

espèces, les gobidés par exemple, accompagnent cette surveillance d'une ventilation régulière, à l'aide des nageoires.

Ce qui est surprenant lorsqu'on compare ces poissons aux autres vertébrés ou à l'ensemble du règne animal, c'est que ce rôle de *baby-sitter* n'est pas dévolu aux femelles, mais aux mâles.

Etudiant de près le comportement paternel des poissons, l'Américain Ridley a constaté en 1978 qu'il est associé dans plus de 90% des cas à deux caractéristiques éthologiques et écologiques: la fécondation externe et la territorialité des mâles.

La fécondation externe permet le départ des femelles juste après la conception. Puisqu'un seul procréateur suffit aux besoins des jeunes, la sélection naturelle encourage le départ du premier des deux qui en a la possibilité ou de celui dont la présence auprès des petits est la moins utile. Chez les animaux à fécondation interne, comme les vertébrés supérieurs, le mâle peut, dès la fin de l'accouplement, abandonner les petits aux soins de la mère, qui, elle, est bien obligée de s'occuper de la portée jusqu'à son terme et même au-delà. Dans le cas des poissons à fécondation externe, la mère ne supporte pas une telle contrainte. S'il doit y avoir surveillance des œufs, cette tâche pourrait à première vue être accomplie indifféremment par le père ou par la mère, ce qui permettrait à l'un des deux parents d'abandonner la famille et d'aller renouveler ailleurs des actes de reproduction bénéfiques pour l'espèce.

Mais ici intervient une différence fondamentale entre les sexes, en matière de reproduction. En effet, la production d'un ovule gras et dodu coûte beaucoup plus cher à la femelle que celle d'un minuscule spermatozoïde n'en coûte au mâle. Par rapport aux mâles, les femelles ne peuvent donc produire qu'un petit nombre de cellules sexuelles au cours de chaque période de reproduction. Le succès de reproduction des femelles, mesuré par le nombre de leurs descendants qui atteignent l'âge adulte, est limité par deux facteurs différents, selon que celles-ci appartiennent ou non à une espèce nourrissant ses rejetons. Dans le premier cas (chez les mammifères ou les oiseaux nidicoles par exemple), ce succès dépend du nombre de petits qu'un parent, ou les deux, peuvent élever. Par contre, pour ceux qui abandonnent leur progéniture dès sa mise au monde, ou se contentent de la surveiller globalement, comme les poissons, le succès des femelles est limité par le nombre d'ovules qu'elles sont capables de produire ou par le nombre d'œufs qu'elles peuvent pondre. En revanche, celui des mâles n'est pas limité par leur fertilité, mais par le nombre de leurs partenaires sexuelles, c'est pourquoi les poissons et les autres animaux qui ne nourrissent pas leurs petits sont généralement polygy-

nes. Puisque les femelles sont en nombre limité, les mâles sont en compétition entre eux pour la reproduction. En conséquence, le processus de sélection développe chez les mâles des caractères susceptibles de "séduire" les femelles et d'évincer les autres mâles. Chez les poissons de rivière, ces caractères sont la taille, une parure colorée visible de loin ou la possession d'un territoire bien protégé pour y accueillir les œufs.

Chez les femelles, les traits comportementaux sélectionnés pour la reproduction sont très différents. Il s'agit, d'une part, de caractères qui augmentent la fécondité tels que la voracité, et, d'autre part, de leur capacité de discrimination entre leurs nombreux prétendants. Cette capacité discriminante des femelles est exemplaire chez les espèces territoriales. Par l'expérimentation en nature ou en laboratoire, divers éthologistes ont vérifié que les femelles poissons choisissent leurs partenaires en fonction de certains critères, différents selon les espèces. Les dames chabots préfèrent les mâles de grande taille ou ceux dont le nid est déjà pourvu d'œufs, tandis que les dames gobis préfèrent les propriétaires de nid spacieux.

Les mâles capables d'aménager et de défendre les meilleurs territoires s'accouplent avec plusieurs femelles successives sans avoir à les chercher, tandis que les autres mâles ne s'accouplent que très peu ou pas du tout au cours de la saison de reproduction.

La défense des sites de ponte par des mâles territoriaux est le fondement du comportement paternel chez les poissons. En effet, pour un mâle territorial qui ne doit pas nourrir ses petits, il n'est pas beaucoup plus coûteux énergétiquement de protéger contre les prédateurs un nid rempli d'œufs qu'un simple lieu d'accouplement. Le nombre de femelles avec lesquelles il s'accouple n'en est pas réduit, puisque celles-ci sont attirées par le site. Bien sûr, la surveillance des embryons est plus astreignante et plus longue que celle d'un simple territoire, mais cet inconvénient est largement compensé pour le mâle par l'augmentation de la survie des petits dont il est certain d'être le père.

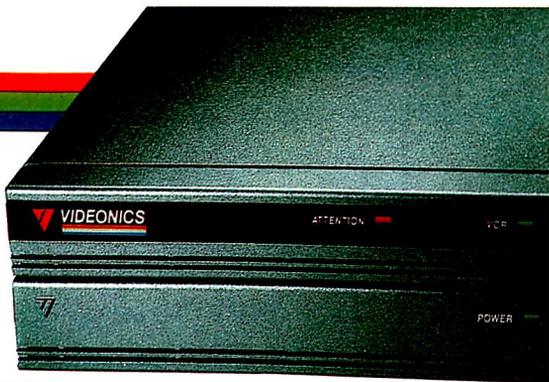
Pour la femelle, la situation est toute différente. Ayant utilisé au maximum son alimentation au profit de l'ovogenèse, ses réserves énergétiques sont presque nulles après la ponte. Du point de vue reproducteur, il est plus avantageux pour elle d'abandonner les œufs à son partenaire territorial et d'aller se restaurer plutôt que de se fatiguer à surveiller le territoire. En partant, elle augmente ses chances de future fécondité ou même ses chances de survie jusqu'à la prochaine saison de reproduction.

En somme, la garde des œufs demanderait un sacrifice reproducteur beaucoup plus élevé à la femelle qu'au mâle.

Anne Teyssède

LA VIDÉO PASSION

Vidéonics : unité de montage Vidéo Pal, générateur de titres, de graphiques, effets spéciaux, compatible VHS, VHSC, 8 mm, BETA.



TECHNOLOGIE

La technologie moderne a bousculé depuis des années notre façon de vivre. C'est ainsi qu'aujourd'hui votre caméscope devient intelligent avec l'unité de montage VIDEONICS et son système d'exploitation DirectED. Vous pouvez enfin faire du montage comme un cinéaste professionnel.

REVOLUTIONNAIRE

Notre "révolution", le montage vidéo - Clefs en main - Table de montage/mémorisation et recherche automatique de milliers de scènes de votre vidéothèque, générateur de titres et de graphiques, effets spéciaux, voilà tout ce que vous propose VIDEONICS. C'est cela notre révolution. Tout est simple. Il vous suffit de suivre les menus qui apparaissent à l'écran : VIDEONICS fait le reste.



EXTENSIBILITE

Investissez pour le futur : en effet, votre système VIDEONICS est modulable et extensible. VIDEONICS est un véritable ordinateur vidéo et DirectED la première cassette programme. Comme un ordinateur, vous pourrez progressivement augmenter ses possibilités (développement de nouveaux programmes) et ses performances (interface de raccordement pour augmenter les capacités mémoires).

COMPATIBILITE

Votre unité de montage est compatible avec la plupart des magnétoscopes du marché quelque soit leur standard : VHS, VHSC, BETA, UMATIC, 8 mm, etc... VIDEONICS fonctionne en PAL ; néanmoins l'utilisation est possible en SECAM avec transcodeur.

VIDEONICS est livré avec la cassette programme DirectED, une cassette

vidéo démonstration (12 minutes) et mode d'emploi complet en français. Garantie 1 an. Fabriqué aux USA.

EQUIPEMENT

Pour utiliser l'appareil, vous devez posséder 1 magnéto- scope lecteur-enregistreur avec télécommande infrarouge équipé recherche visuelle avant- arrière, 1 magnéto- scope lecteur ou caméscope, 1 moniteur ou télé- vision prise péritel. Montage à partir des cassettes originales.



VIDEONICS
est distribué par
FVS

11-13, rue Pleyel, 93200 ST-DENIS
Tél. (1) 64.06.24.49
Télex 612788 - Fax (1) 64.06.07.07

DOCUMENTATION, TARIF ET LISTE REVENDEURS
(Joindre 2 timbres : 2,20)

NOM VIDÉO CLUB
ADRESSE REVENDEUR
GROSSISTE
CODE POSTAL VILLE AUTRE

LES "ACCROS" DU JEU SE "SHOOTENT" À LA NORADRÉNALINE

Les enragés du jeu, les flambeurs impénitents, prêts à sacrifier carrière, famille, réputation pour assouvir leur passion, ne sont ni des déséquilibrés ni des individus sans volonté incapables de contrôler leurs pulsions. Ce sont des infirmes en "manque" de noradrénaline, et qui se conduisent comme des drogués.

Une découverte qui est encore un pavé dans la mare du freudisme.



PAR LE DR J. RENAUD - ENQUÊTE J. DENIS-LEMPEREUR

Des chercheurs américains viennent de faire une découverte importante, qui remet en question non seulement l'opinion courante des psychiatres, mais aussi l'un des fondements de la doctrine freudienne : la passion morbide du jeu ne traduit pas un besoin de soulager une tension intérieure, elle est le résultat d'une carence — hormonale — au niveau du cerveau.

Il va de soi qu'une telle information ne concerne pas les quelque 20 millions de Français qui jouent au moins une fois par an au Loto. Pas plus d'ailleurs que la grande majorité des 8 millions de clients réguliers du PMU. Encore moins les fidèles de la traditionnelle Loterie nationale, les adeptes du Tapis vert et les "gratteurs" du Tac-o-Tac ou du récent Jackpot.

Certes, les adversaires des jeux souligneront que 80 milliards de francs sont sortis l'an dernier de la poche des Français pour le plaisir frivole de défier le hasard. A quoi les amateurs rétorqueront que le jeu, c'est le rêve, et qu'ôter à l'homme le rêve c'est le priver de liberté. Ils ajouteront que les jeux ont toujours existé (ce qui est exact : on a retrouvé des

dés dans les ruines de Babylone et dans des tombeaux égyptiens) et que l'on n'a rien inventé de mieux pour faire entrer sans douleur l'argent dans les caisses de l'Etat (ce qui est encore exact : chaque année, le Trésor public ratisse au passage une bonne douzaine de milliards).

Bref, en la matière, tout est affaire d'éthique personnelle. Sans prendre parti, et dans la seule optique de la santé publique, on peut dire que tant que le jeu demeure un passe-temps sans conséquences sur l'affectivité, la vie professionnelle ou familiale, il est relativement anodin — relativement seulement, nous y reviendrons. Le joueur occasionnel, ou même régulier, qui sait se modérer, et surtout s'arrêter, n'est ni un malade ni un pervers. Au pis, on peut le considérer comme atteint d'une marotte, mais, comme disait Flaubert, « la vie n'est tolérable qu'avec une marotte ».

D'ailleurs, le comportement du joueur "normal" n'a jamais inquiété les psychologues. Tout au plus se sont-ils interrogés sur les mécanismes qui pouvaient pousser un individu à se lancer dans une entreprise presque sûrement vouée à l'échec. Le joueur "sait" en effet que ses chances de gagner



sont minimes, pour ne pas dire insignifiantes. Or, nous sommes doués d'automatismes qui, habituellement, nous conduisent à abandonner toute conduite où les risques d'échec sont trop importants. La plupart du temps, nous n'avons aucune conscience du travail prévisionnel auquel se livre notre cerveau quand nous envisageons de nous engager sur une voie par trop aventureuse : nous nous abstenons simplement, avec le sentiment d'obéir à la plus élémentaire des prudences. Les animaux, eux, sont entièrement soumis à ces automatismes, au point qu'il est impensable que même les chimpanzés, nos plus proches cousins, puissent se lancer dans une activité dont l'issue serait aléatoire.

Alors, pourquoi l'homme joue-t-il ? Parce que, contrairement aux animaux, il a le pouvoir de faire taire ses automatismes. Bien que ses chances de gagner soient presque nulles, il se raccroche au "presque" et jette un défi au sort. En imagination, il se voit le plus fort, et c'est précisément de ce fantasme qu'il tire son plaisir.

La multiplication des jeux, les incitations à jouer propagées continuellement par les médias représentent toutefois un danger, car, dans le public ainsi

sollicité, il y a des personnes vulnérables, chez qui l'innocente marotte risque de se transformer en besoin dévorant. Le joueur "normal" devient alors un joueur "pathologique" ou "compulsif" (la compulsion, terme psychologique, étant l'impossibilité de ne pas accomplir un acte, car seul son accomplissement peut libérer le sujet de l'angoisse qui le taraude).

C'est certainement Dostoïevski qui a le mieux décrit cette passion morbide du jeu, dans son roman — largement autobiographique — *le Joueur*. Depuis, un grand nombre de témoignages et de confessions ont permis de réactualiser le portrait du joueur pathologique. Très souvent, à ses débuts, il a eu de la chance et a parfois gagné gros. Encouragé par ces succès, il a continué. Mais sa bonne étoile a pâli et, au lieu de s'arrêter, il s'est entêté, prétextant qu'il lui fallait "se refaire". Alors a commencé la fiévreuse quête de l'argent : il a vidé ses économies, emprunté à sa famille, "tapé" ses amis, sollicité les prêteurs professionnels. Puis, les sources se raréfiant, il en est venu à des procédés moins honnêtes : chèques sans provision, combines, délits. Mais toujours, vis-à-vis de son entoura-

ge, il proteste de ses bonnes intentions : s'il joue, c'est pour rembourser ses dettes, briser le cercle vicieux et repartir d'un bon pied. Cela ne l'empêche pas de réduire les siens à la misère, allant jusqu'à jouer les quelques subsides que des organismes charitables leur ont alloués. Cela finit généralement par la destruction de la famille, le divorce, la déchéance personnelle, la délinquance ; quelquefois le suicide.

Longtemps considéré comme un vice ou une perversion résultant d'un manque de volonté (certains auteurs du siècle dernier le comparaient à la masturbation), le jeu compulsif est aujourd'hui reconnu comme une maladie. Le très sérieux *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, bible de la psychiatrie, régulièrement remise à jour grâce à la collaboration de psychiatres du monde entier, en donne dans sa troisième édition la définition suivante : « Trouble à classer parmi les désordres du contrôle des impulsions, l'obsession du jeu, chronique et progressive, engendre un comportement qui compromet, perturbe et détériore toutes les conduites et tous les projets personnels, familiaux et professionnels. »

L'analyse de cette maladie fait ressortir certains traits constants :

● **Energie inépuisable pour trouver de l'argent.**

Le joueur pathologique semble posséder une énergie inépuisable lorsqu'il s'agit de trouver de l'argent ou d'assouvir sa passion. Il ne tient pas en place, est perpétuellement à l'affût. Mais l'argent en tant que tel ne l'intéresse pas : il n'est que le "sésame" qui lui permet de défier la chance et d'atteindre un état de plaisir comparable à ce que les toxicomanes appellent le "trip".

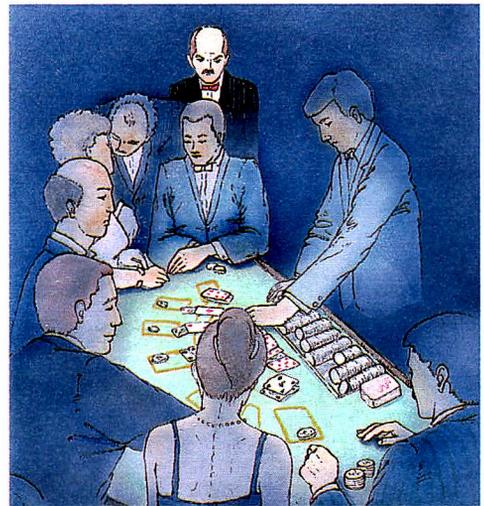
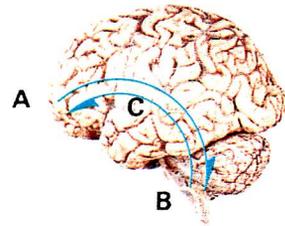
● **Besoin de l'ambiance qui règne dans les lieux de jeux.** Elle émoustille le joueur pathologique. La présence d'autrui lui est également indispensable : elle lui donne l'impression de faire partie d'un monde à part, où les partenaires sont avant tout des complices.

● **Comportement rappelant celui du toxicomane.**

Le joueur pathologique a un comportement qui, en bien des points, rappelle celui du toxicomane. Contraint à l'abstinence, il s'ennuie, la vie lui paraît sans intérêt. Il est prêt à tout pour échapper à cette morosité. Qu'il gagne ou perde, il lui faut toujours

LA MOLÉCULE RESPONSABLE

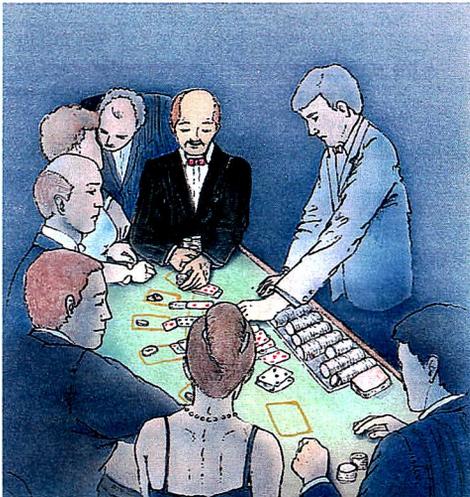
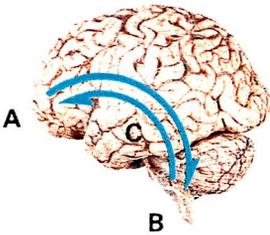
Quand le joueur ne peut pas jouer, il est anormalement triste parce que son cerveau ne fabrique pas assez de noradrénaline (1), un neurotransmetteur indispensable au fonctionnement d'une voie nerveuse — le faisceau latéral de la base (FLB) — allant du pôle frontal (A) au tronc cérébral (B) en passant par l'hypothalamus (C). Le pôle frontal participe à la prise de décision, l'hypothalamus au désir d'agir, le tronc cérébral à la sensation d'éveil. Sur cette immense chaîne de cellules nerveuses, lorsque l'influx arrive au bouton terminal (2) d'un axone (3), il déclenche, dans la synapse (4), la libération de noradrénaline qui se fixe alors sur les récep-



DU VICE DU JEU

teurs (5) situés à la surface de la dendrite (6) du neurone suivant, transmettant ainsi l'influx nerveux d'un neurone à l'autre.

C'est cette décharge de noradrénaline qui nous procure l'envie d'agir et le plaisir à le faire. En retour, quand nous agissons, cela fait fonctionner l'influx et décharger de la noradrénaline. Le cerveau du joueur à l'état normal a les neurones de son FLB trop pauvres en noradrénaline. Par contre, l'émotion créée par le jeu oblige les neurones à fabriquer ce neuro-transmetteur qui lui donne le bien-être, ce qui le pousse donc irrésistiblement à rejouer...



augmenter ses enjeux : parier petit le laisserait "en manque". Parvenu à un certain stade de sa maladie, toute interruption forcée provoque chez lui un grave malaise, autant physique que moral, qui peut être aussi sévère que celui du sevrage chez le toxicomane.

● **Optimisme à tout crin.** Le joueur pathologique, tant qu'il peut satisfaire sa passion, donne l'image d'un optimisme à tout crin. En réalité, c'est l'agitation du jeu qui lui procure son tonus. Dès qu'il est empêché, ou même freiné, son véritable état réapparaît, sous la forme d'une authentique dépression. Au point qu'un psychiatre a pu dire que, pour ce type de joueurs, le jeu était un médicament antidépresseur.

Où rencontre-t-on les joueurs compulsifs ? Pas au Loto, nous l'avons dit, ni à la Loterie nationale. Quelquefois sur les champs de courses. Un responsable de la brigade des jeux nous a confié : « Ils ne représentent qu'une petite minorité. On les reconnaît à leur nervosité : ils sont souvent bourrés de tics et fument cigarette sur cigarette. Ils essaient de racoler les gogos pour les associer à leurs paris, car ils manquent de fonds. Ils jouent les professionnels, mais n'y

connaissent rien. On les retrouve fréquemment autour des joueurs de bonneteau, à la sortie de l'hippodrome. Dans le fond, ils aiment perdre, et n'ont pas besoin de gagner pour continuer à perdre... »

En fait, c'est dans les casinos et les cercles privés que l'on rencontre le plus grand nombre d'obsédés du jeu. Ils y trouvent à la fois l'ambiance qu'ils affectionnent, la compagnie discrète dont ils ont besoin et la rapidité des parties qui entretient leur fièvre. « Là, on oublie le temps, nous a confessé l'un d'entre eux, on ne pense qu'au jeu, rien ne peut nous en distraire. Pour être vraiment en transe, il faut jouer au-dessus de ses capacités financières, et cela, on ne peut le faire qu'à une table de jeu... »

Combien sont-ils ? Aux Etats-Unis, où leur "maladie" est prise très au sérieux, ils seraient plusieurs millions. Dans de nombreux Etats, des cliniques ont été spécialement créées à leur intention, où l'on tente de les désintoxiquer comme on le fait pour les alcooliques et les toxicomanes. Mais, jusqu'à présent, les résultats n'ont guère été encourageants.

En France, selon la police des jeux, ils seraient quelques dizaines de milliers. Ne disposant d'aucun

LES JEUX FRANÇAIS EN CHIFFRES

- Un Français sur deux environ pratique les jeux de hasard, ce qui vaut à notre pays la deuxième place en Europe, juste derrière l'Angleterre.
- Le Loto national, né en 1976, a fêté son millième tirage en novembre dernier. Plus de 20 millions de Français y

jouent au moins une fois par an, et la mise moyenne ne dépasse pas 19 F par bulletin. Trente gagnants ont empoché plus de 10 millions de francs.

- En 1988, le réseau informatique de France Loto, riche de 13 500 terminaux, a traité 608 millions de bulletins.

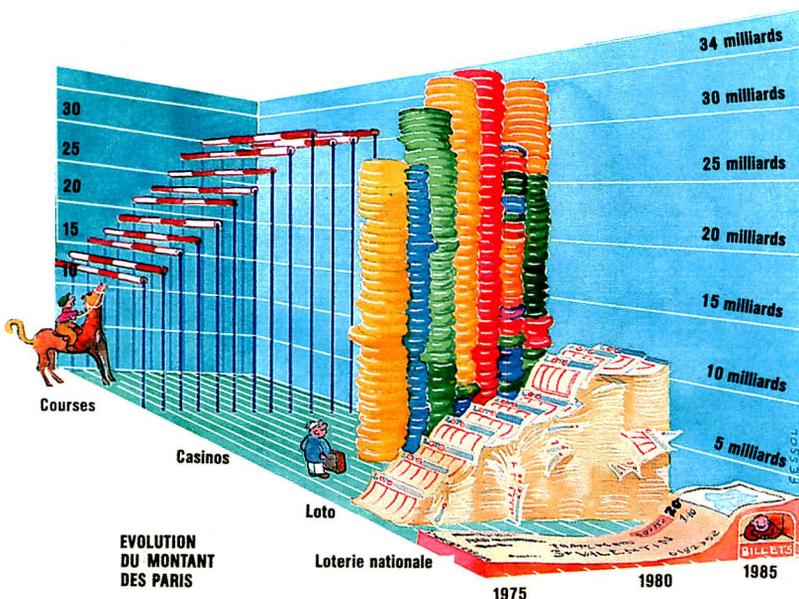
- France Loto, dont le chiffre d'affaires dépasse les 18 milliards, a également sous sa coupe la Loterie nationale, le Tac-o-Tac lancé en janvier 1984, le Loto sportif créé en 1985, le Tapis vert né en 1987 et les jeux instantanés de grattage (dont le tout récent Jackpot).

- Actuellement, les courses de chevaux attirent environ 8 millions de parieurs, soit 20% de la population adulte. Elles drainent une trentaine de milliards de francs d'enjeu par an, soit 10 fois plus qu'il y a vingt ans, ce qui place le PMU (Pari mutuel urbain) au quatrième rang des sociétés françaises de service, derrière la Compagnie générale des eaux, la Compagnie du Midi et Air France. Et devant le Loto !

- Chaque année, sur les champs de courses parisiens et provinciaux, se déroulent environ 15 000 épreuves, auxquelles participent plus de 20 000 chevaux.

- 6 700 points PMU, répartis sur tout l'Hexagone, recueillent 88% des paris des joueurs. Le réseau informatique du PMU traite en moyenne un milliard de fiches par an. Les 12% d'enjeux restants sont misés directement sur les champs de courses.

- 71% des clients du PMU jouent aussi au Loto, mais ils consacrent aux



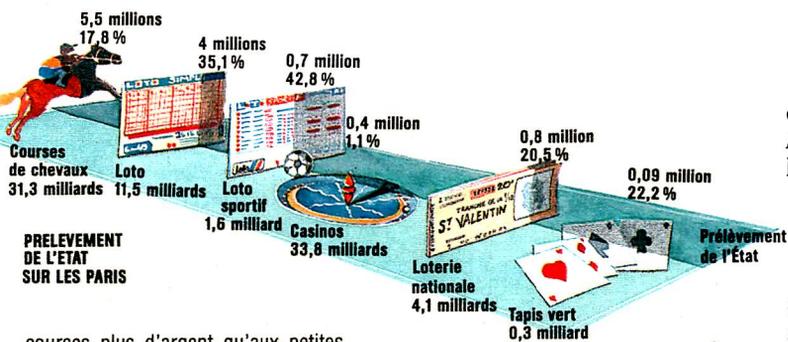
établissement spécialisé pour se faire traiter, leur seule ressource, pour échapper à l'engrenage, est de se faire interdire de salle de jeux (on ne les laissera plus entrer dans aucun casino ni dans aucun cercle installé sur le territoire national). La Préfecture de police de Paris enregistre plusieurs dizaines de demandes de ce genre chaque trimestre. L'interdiction dure cinq ans ; si, au bout de ce délai, on ne demande pas sa levée, elle est automatiquement reconduite. Bien souvent, cependant, les "interdits" supportent mal leur purgatoire et vont chercher au-delà de nos frontières l'exutoire dont ils ne peuvent se passer.

Les psychologues qui ont tenté d'expliquer cette passion malade du jeu ont, la plupart du temps, fait appel aux théories freudiennes, exposées en partie dans une étude psychanalytique que Freud lui-même a consacrée au roman de Dostoïevski, *le Joueur*, étude intitulée *Dostoïevski et le Parricide*. Ainsi, pour le psychiatre américain Nelle Kimball, il s'agit d'un « déplacement de la libido de l'alcôve vers l'officine du bookmaker ». Et d'invoquer à l'appui de son propos les doléances d'une célèbre "tenancière" du début du siècle, qui se plaignait que ses clients préférassent la fréquentation

du casino à celle de son "accueillante" maison. Bien évidemment, ce transfert de libido est lui-même le résultat d'une évolution de l'œdipe, c'est-à-dire des relations — inconscientes — de l'enfant avec ses parents. Le joueur pathologique aurait, sans s'en rendre compte, un violent désir de perdre. En effet, dans sa jeunesse, il se serait opposé à ses parents, qui voulaient lui imposer le principe de réalité, et, plus tard, le souvenir de cette révolte enfantine (même non dite) aurait fait naître chez lui un irrépressible sentiment de culpabilité, lequel se traduirait par un impérieux besoin d'autopunition... Tel est, grosso modo, le schéma proposé par des dizaines de disciples du maître de Vienne, qui tous concluent que seule une psychanalyse peut guérir ces sujets.

Mais comment appliquer un semblable traitement à des patients qui n'en ont nulle envie et qui, surtout, ne sont pas disposés à consacrer le moindre fifrelin à une activité qui ne relève pas de leur ravageuse passion ? Du reste, dans les rares cas où cette thérapeutique a pu être pratiquée, elle s'est soldée par un échec.

Plus intéressante est la démarche des "comportementalistes", pour qui toute tentative d'explication, en quelque domaine que ce soit, doit nécessaire-



courses plus d'argent qu'aux petites boules : en moyenne 35 F (par pari) contre 19.

- Il y a 144 casinos en France (contre seulement 167 aux Etats-Unis), mais leur situation n'est plus très florissante. En 1987, ils n'ont accueilli que 1,9 million de visiteurs, alors que les 31 casinos allemands en ont reçu quatre fois plus, et que les établissements de la seule ville d'Atlantic City, sur la côte est des Etats-Unis, en ont compté plus de 30 millions !

- En 1987, l'ensemble des casinos français ont récolté, en produit brut (les enjeux moins les gains des joueurs), tout juste 1 milliard de francs, ce qui nous vaut la sixième place européenne, derrière l'Angleterre, l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie et le Portugal. Les deux tiers des établissements français ont un produit brut inférieur à 3 millions de francs par an. Quatre seulement dépassent 50 millions, et le plus prospère d'entre eux — Divonne-les-Bains — reste au-des-

sous de 150 millions. Par comparaison, le casino de Dortmund, dans la Ruhr, affiche une recette annuelle équivalente à 360 millions de francs !

- 16 casinos français ont obtenu l'autorisation d'installer des machines à sous. Du coup, le nombre des visiteurs a plus que doublé en un an. En moyenne, chaque visiteur dépense environ 68 F sur ces machines.

- 14 cercles de jeux sont en activité à Paris (et une demi-douzaine en province). On y pratique essentiellement le baccara et le multicolore (ou baraque). Ces établissements n'accueillent que leurs seuls membres, qui ont acquitté une cotisation généralement élevée. Les femmes n'y sont admises que depuis 1986.

- Enfin, quelques maisons de jeux — tolérées — prospèrent dans le quartier chinois de Paris (XIII^e arrondissement).

J. D.-L.

cette question que le Dr Alec Roy, psychiatre au National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism, et son équipe ont fini par découvrir que le jeu compulsif exprimait une anomalie du fonctionnement cérébral.

Ces chercheurs américains sont partis d'une double constatation, à savoir que : 1° le joueur pathologique a un besoin apparemment biologique d'excitations ; 2° l'obsession du jeu présente toutes les caractéristiques d'une "addiction" (de l'anglais *to addict* = s'addonner à), c'est-à-dire, au sens le plus large du terme, d'une toxicomanie.

L'addiction est un état biologique anormal, résultant d'une déficience organique : les cellules cérébrales du toxicomane ne sécrètent pas en quantité suffisante les substances nécessaires au maintien d'une sensation de bien-être intérieur.

Pour compenser ce manque, le sujet se tourne vers les drogues, dont il devient rapidement dépendant (comme certains diabétiques sont dépendants de l'insuline qu'ils doivent s'injecter régulièrement). Mais cet apport extérieur rend les cellules cérébrales encore plus "paresseuses" si bien que le toxicomane doit sans cesse augmenter les doses compensatrices. Bref, c'est le cercle vicieux.

Se référant à ce modèle, les chercheurs américains se sont dit que, chez le joueur, le fondement biologique de l'addiction devait être en rapport avec les mécanismes cérébraux impliqués dans l'état d'excitation. Mais alors quelles sont les substances cérébrales dont l'excès ou le défaut provoque l'addiction ?

Le Dr Roy s'est penché sur le problème : il a longuement étudié 17 joueurs pathologiques en "situation judiciaire difficile", c'est-à-dire accusés d'avoir commis des délits ou des crimes pour se procurer l'argent nécessaire à l'assouvissement de leur passion. Il les a soumis à toutes sortes d'exams, non seulement psychologiques, mais également neurologiques et biologiques, analysant leurs urines et leur liquide céphalo-rachidien (prélevé par

ment s'appuyer sur une observation objective des conduites du patient. C'est ainsi que le psychiatre américain Kozlovsky a mis au point des tests qui permettent d'évaluer le "besoin en stimulations" propre à chaque individu. Grâce à ces tests, il a pu démontrer que les joueurs compulsifs appartenaient à la catégorie des personnes ayant un besoin en stimulations exceptionnellement élevé.

En dehors même de tout désordre pathologique, il existe en ce domaine de grandes différences entre les individus. Certains sujets sont naturellement des amateurs de sensations fortes et recherchent soit dans le sport, soit dans l'aventure, soit dans les armes des situations qui donnent le frisson. A l'opposé, il y a ceux qui préfèrent le confort, la sécurité et les plaisirs sans risque. C'est, bien entendu, dans le premier groupe que se recrutent les adeptes des jeux de chance. Et, selon Kozlovsky, c'est une exagération anormale du besoin en stimulations, occultant tous les autres, qui explique la conduite du joueur pathologique.

Une question se pose cependant : ces différences entre les individus quant à leur besoin en excitations ne reposent-elles pas sur quelque base biologique ? C'est en essayant d'apporter une réponse à

ponction lombaire).

Se référant à la définition officielle du jeu compulsif, considéré comme un désordre du contrôle des impulsions, il pensait trouver l'origine biologique du trouble dans un manque de sérotonine, un neurotransmetteur de première importance, connu pour son action régulatrice.

La plus grande partie de la sérotonine cérébrale est fabriquée par des neurones situés dans le tronc cérébral (zone des raphés). Ces neurones envoient des ramifications dans l'ensemble du cerveau, de sorte que le neurotransmetteur peut être déchargé au contact de toutes les cellules qui en ont besoin. Après avoir agi pendant quelques fractions de seconde sur les récepteurs des cellules cibles, les molécules de sérotonine sont en partie recaptées par les terminaisons qui les ont émises, et en partie détruites par des enzymes.

Le produit de cette dégradation, l'acide 5-hydroxy-indole-acétique (5-HIA), peut être retrouvé dans le liquide céphalo-rachidien et dans les urines, par où il est évacué. Il est donc possible d'en mesurer la quantité et, par là même, d'apprécier le bon fonctionnement des voies sérotoniniques du cerveau. C'est ainsi que l'on a observé une baisse de leur activité chez les personnes qui s'étaient suicidées de façon brutale ou impulsive (par défenestration, par exemple), mais non chez celles qui avaient choisi une mort plus paisible (par somnifères, par exemple). Ce qui, soit dit en passant, montre que la sérotonine n'intervient pas directement dans la dépression.

On a également constaté des carences en sérotonine chez des sujets présentant des troubles caractéristiques du contrôle des impulsions, comme les pyromanes ou les kleptomanes.

En supposant que les joueurs pathologiques souffraient vraisemblablement d'un manque de sérotonine, le Dr Roy ne faisait donc que suivre un raisonnement logique s'appuyant sur un ensemble de faits concordants : compulsion = incapacité à maîtriser ses impulsions = insuffisance de sérotonine. Aussi, grande fut sa surprise, et celle de tous les neurobiologistes qui suivaient ses travaux, lorsqu'il découvrit que ses 17 patients avaient un taux de sérotonine tout à fait normal, mais que, en revanche, ils manquaient d'un autre neurotransmetteur : la noradrénaline (NA).

Comme pour la sérotonine, les molécules de noradrénaline qui ne sont pas recaptées par les terminaisons nerveuses émettrices, sont dégradées par différentes enzymes : dans le cerveau, elles sont transformées en 3-méthoxy-4-hydroxyphénylglycol (MHPG), et, dans le reste du corps (car les extrémités des nerfs sympathiques déchargent aussi de la noradrénaline), en acide homovanilique (HVA) et en acide vanilymandélique (VMA). Le dosage du MHPG dans le liquide céphalo-rachidien, du HVA et

du VMA dans les urines permet donc de mesurer l'activité des voies noradrénergiques.

A quoi sert la noradrénaline ? Elle est l'un des principaux neurotransmetteurs utilisés par un système de voies nerveuses bien particulier : le faisceau latéral de la base (FLB). Ce faisceau, composé de multiples éléments (qui, précisément, sont reliés entre eux par des décharges de noradrénaline), s'étend du lobe frontal au tronc cérébral, en passant par l'hypothalamus, et son bon fonctionnement entretient le plaisir à agir. Ainsi, la noradrénaline peut être considérée comme le médiateur de l'esprit d'entreprise, ou, pour employer une formule plus imagée, une sorte de "pousse-à-l'action".

Il nous faut apporter ici quelques précisions. Comme la plupart des animaux, nous disposons de deux systèmes cérébraux de plaisir : l'un qui déclenche l'action et l'accompagne ; l'autre qui engendre la satisfaction lorsque, au terme de l'action, le but est atteint.

En effet, pour que nous agissions, il ne suffit pas que nous ayons des raisons qui nous incitent à faire telle ou telle action ; il faut aussi que, fondamentalement, nous ayons envie d'agir, que le fait d'être actif nous procure du plaisir. Cela est si vrai que, lorsqu'un sujet est privé de ce plaisir, comme c'est le cas dans certains troubles mentaux, il demeure étrangement inerte, et cela même si tout le pousse à agir.

Bien sûr, nous n'avons pas toujours conscience de ce plaisir, notamment quand nos raisons d'agir ont un caractère obligatoire (le travail, par exemple), mais notre cerveau, lui, le vit intimement grâce au FLB, sinon nous serions incapables d'accomplir la moindre tâche qui nous coûte. En revanche, quand nous nous livrons à des activités que nous avons librement choisies (sport, bricolage, lecture, etc.), ce bien-être fonctionnel est parfaitement perceptible.

Toute action menant à un but, tant que celui-ci n'a pas été atteint le système noradrénergique du FLB continue d'entretenir le plaisir d'agir. Sitôt l'objectif atteint, le système NA s'amortit, et un autre système de plaisir se met en marche : celui des morphines internes, ou endorphines. C'est le mécanisme du plaisir statique, du "repos bien gagné". Mais les sécrétions d'endorphines s'épuisent rapidement, si bien que, sans tarder (et le plus souvent sans nous en rendre compte), nous recherchons un nouveau but d'action, qui relancera l'activité noradrénergique.

A l'état normal, nous sommes toujours "en train de faire quelque chose", et une sécrétion de base de noradrénaline entretient ce que l'on pourrait appeler un "bien-être actif", c'est-à-dire une agréable sensation d'éveil. Les joueurs pathologiques, eux, ont trop peu de noradrénaline en régime de croisière ; ils n'ont donc pas ce confort psycholo-

ECHOS DE LA RECHERCHE

ASTROPHYSIQUE

Pulsar, fils de Supernova

La "supernova du siècle" a-t-elle donné naissance au pulsar de même dénomination ? C'est ce qu'il semble, d'après l'avis de naissance publié il y a quelques jours par l'Observatoire européen de l'hémisphère austral (ESO).

La preuve est indirecte, mais les interprétations des spécialistes accréditent l'idée que le cataclysme cosmique du 23 février 1987 a créé l'un des objets les plus étranges de l'astrophysique, une étoile à neutrons ou pulsar. Les astronomes de l'ESO se fondent pour le suggérer sur l'étude de la courbe de lumière de la supernova depuis son explosion.

Jusqu'alors, la tranquille étoile Sanduleak 69-202 n'était qu'un astre anonyme parmi des milliards d'autres, dans le Grand Nuage de Magellan, "petite" galaxie proche de notre Voie lactée. Puis, le 23 février en question, l'astronome canadien Ian Shelton la voit soudain devenir aussi brillante que le Grand Nuage tout entier ! L'évidence s'impose vite : une étoile vient de mourir, se muant en supernova et libérant dans l'espace une quantité fantastique d'énergie.

Depuis cette découverte, tous les télescopes du monde sont pointés sur le lieu de l'explosion, étudiant son évolution pour la comparer aux modèles théoriques. Or, si la luminosité a bien baissé, comme on l'avait prévu, jusqu'en juillet 1989, la courbe s'est ensuite stabilisée au lieu de poursuivre son déclin. La température actuelle du Grand Nuage est de -110°C .

Pour les astronomes de l'ESO, il ne fait pas de doute qu'une source d'énergie non encore décelée est en cause. Il s'agit sans doute d'un objet central, vestige de l'explosion, qui produit assez d'énergie pour maintenir le mystérieux ni-



La luminosité a diminué, mais s'est stabilisée.

veau de luminosité actuel. Candidat idéal à la définition de l'"objet" : un pulsar.

Produit de l'effondrement gravitationnel qui explose en supernova, le pulsar est un objet si compact que la matière n'en est plus qu'un agglomérat de neutrons. Et la densité y est telle qu'un centimètre cube pèse plus de 270 millions de t ! On estime que le "cadavre stellaire" de Sanduleak condense l'équivalent de trois soleils dans un volume de quelque 10 km de diamètre. A ce stade, l'étoile tourne sur elle-même à grande vitesse et émet des signaux à la manière d'un phare extrêmement rapide. On a recensé environ 450 de pareils objets, dont les vitesses de rotation varient de quelques tours à plusieurs milliers de tours/seconde.

Il y a quelques mois, une équipe américaine affirmait avoir bien observé le nouveau pulsar, qui tournait, selon eux, à près de 2 000 tours/seconde. Mais cette observation n'a jamais été confirmée. Actuellement, le nuage de matière consécutif à l'explosion semble plutôt masquer le pulsar, mais il ne pourra s'y dissimuler éternellement : on pourrait enregistrer les rayons X qui confirmeraient irréfutablement son existence.

Et c'est ce que devrait pouvoir faire le télescope français Sygma, embarqué il y a quelques semaines sur le satellite soviétique Granat. C'est lui qui confirmera que l'enfant est paru...

J.-F. R.

Le Japon et Taiwan refusent de se soumettre à l'interdiction de la pêche extensive au filet profond, votée par les pays du Pacifique. La zone protégée, pour assurer le renouvellement des réserves de poissons, va de l'Australie à la Polynésie française et jusqu'aux îles Marshall, au nord.

Première rétine artificielle, fabriquée par Toshiba Corporation, firme japonaise. Elle est capable de convertir les signaux lumineux en signaux électriques, comme les cellules visuelles de la rétine biologique. A la différence de celle-ci, toutefois, elle ne permet pas de différencier les couleurs. Premières utilisations prévues : en optique, vidéo, électronique, l'utilisation médicale n'étant prévue que pour la fin du siècle.

Requiem pour le yéti

C'est en 1951 que l'alpiniste anglais Eric Shipton télégraphia au "Times" de Londres qu'il avait découvert « quelques traces étranges dans la neige ». Ce fut l'origine de l'affaire de l'"abominable homme des neiges" ou yéti.

Les traces avaient été relevées le 9 novembre par Shipton, alors accompagné du sherpa Sen Tenzing et d'un médecin épris d'alpinisme, Mike Ward, lors d'une expédition à travers la frontière entre le Népal et le Tibet, dans la descente du glacier Menlung, à quelque 5 400 m d'altitude. Certaines avaient été, rapporta Shipton, déformées par la fonte de la neige, et elles étaient ovales, « un peu plus longues et beaucoup plus larges que celles de nos grosses bottes de montagne ». Shipton, qui les photographia, rapporta qu'on y distinguait trois empreintes de larges "orteils" et un large "pouce" sur le côté. « Quand elles traversaient une crevasse, on pouvait voir assez bien où la créature avait sauté et utilisé ses orteils pour s'assurer un ancrage dans la neige de l'autre côté. » Shipton ajouta que le sherpa Tenzing déclara que c'étaient là des traces de yéti.

Le yéti, ou encore metohgankmi en tibétain, littéralement "abominable homme des neiges", était une créature du folklore des royaumes de l'Himalaya. Il est devenu une créature du folklore cryptozoologique contemporain. Les anthropologistes furent unanimement sceptiques. Etudiant les empreintes en question, le zoologiste Bernard Heuvelmans, le plus favorable à l'hypothèse du yéti, en conclut que ce ne pouvaient être les traces que d'une créature procédant d'un croisement d'ours et de singe. Le Pr Heuvelmans, qui s'est beaucoup intéressé à l'affaire, y compris à celle d'une bizarre créature dont le cadavre conservé dans la glace fut exhibé pendant quelque temps dans une foire, avant de disparaître, a visiblement été déchiré entre la curiosité scientifique naturelle et le scepticisme de n'importe quel zoologiste à l'égard d'un hybride de primate et de plantigrade.

Un peu moins de quarante ans après la "naissance" du yéti, un

écrivain anglais, Peter Gillman, a repris les documents d'origine. Et il est retombé sur l'opinion de l'anthropologiste anglais John Napier : il existe une différence fondamentale entre les traces photographiées de près et celles photographiées de loin par le même Shipton (**photo 2**). Ces dernières sont des traces de chèvres, les premières sont plus que douteuses. Or, Shipton, qui n'était certes pas ignare, ne pouvait avoir manqué de relever une telle différence ; curieusement, il ne la mentionna jamais.

Pourquoi donc les traces photographiées de près sont-elles douteuses ? Elles le sont d'abord en elles-mêmes, comme nos lecteurs peuvent en juger d'après la **photo 1**. A l'évidence, ce n'est pas une trace de sabot de chèvre, peut-être celle d'un ours, voire d'une panthère, mais en tout cas modifiée. Le talon, en effet, y présente des bords très nets, pas du tout arrondis, mais pareils à ceux que ferait un talon de chaussure assez haut et... concave ! En effet, le bord y est plus profond que le centre, ce qui ne correspond à aucun trait biologique connu. John Napier et sa femme, Prue, ont essayé de réaliser des empreintes pareilles dans la neige et dans le sable, de toutes les manières et dans toutes les postures possibles : ils n'y sont jamais arrivés. Même si l'on saute et qu'on atterrisse sur les talons, faisant de la sorte une empreinte plus profonde au talon qu'aux orteils, on n'obtient jamais cette trace quasiment coupée au couteau, pas plus qu'on n'obtient une trace de talon concave.

Egalement suspecte est la trace des orteils. On dirait que la créature en question avait un très gros pouce, un second orteil très gros, puis trois orteils minuscules. Une telle créature est plus que mythique, elle ne pourrait marcher.

Napier, de plus, relève des incohérences dans la trace : la neige au talon est granuleuse, ce qui indique



1



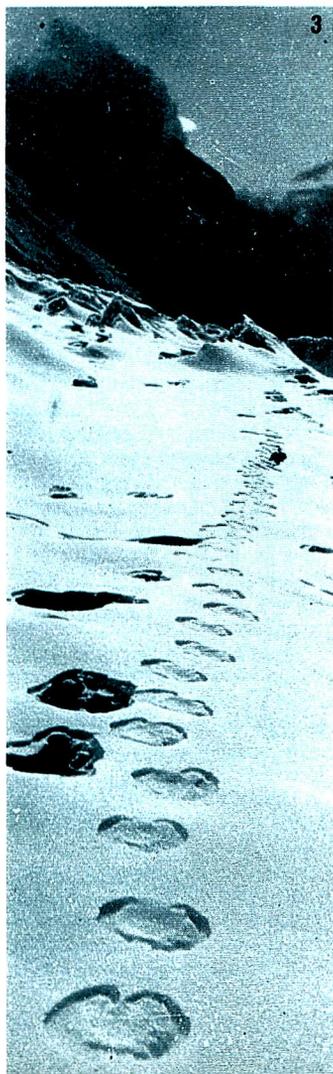
2

qu'elle a fondu et puis s'est recongelée, par exemple en quarante-huit heures, alors qu'à la plante du pied elle est uniforme. Il en résulte que le haut et le bas de la trace n'ont pas été imprimés dans la neige au même moment, de façon uniforme.

Également suspectes sont les traces creuses qu'on relève aux bords gauche et droit, qui ressemblent à des traces réalisées avec les doigts, comme si la créature avait été dotée, des deux côtés, de bourrelets de chair qui lui auraient finalement fait une plante de pied concave, ce qui est hautement bizarre et, en bref, impossible.

Ces traces sont également douteuses dans leur contexte. A ce point-ci de l'analyse, on serait tenté de supposer qu'il y eut deux séries de traces, l'une laissée donc par une chèvre, l'autre par la "créature" mystérieuse. C'est possible : le yéti aurait pu partir à la recherche d'une proie, à supposer qu'il mangeât des chèvres.

Mais la vérité est qu'il n'y eut jamais deux séries de traces : l'alpiniste Bill Murray, qui partit sur la même pente après Shipton, et qui arriva au même point de campement, ne vit qu'une seule série de traces. Comment donc l'autre série aurait-elle disparu ? Murray rapporte que le froid était intense et qu'il était exclu que la neige eut fondu et que, en tout cas, si elle avait fondu, les deux séries de tra-



3

ces auraient disparu ensemble.

Ward, qui était donc avec Shipton, et qui est photographié près de la série des traces, a assuré qu'il y avait deux séries. Hélas ! les photos, elles, n'en montrent qu'une !

Force est donc, à la lumière de cette nouvelle analyse, d'en revenir à l'opinion déjà exprimée par Sir Edmund Hillary, qui réussit l'ascension de l'Everest en 1953 et qui connaissait bien la région : c'est Shipton lui-même qui a redessiné les traces présentées par la suite comme étant celles d'un yéti. L'homme, alpiniste de valeur, mais aventureux à l'excès, n'était pas hostile aux "fabrications". Il avait déjà prétendu, pour donner un exemple des effets de l'altitude sur le cerveau, que son collègue Noel Odell, avait, lors d'une précédente expédition, pris des morceaux de pierre qu'il avait recueillis pour des études géologiques, pour des sandwiches gelés... Odell démentit par la suite cette affabulation. Shipton avait également prétendu avoir trouvé dans les journaux personnels et les effets de Maurice Wilson, alpiniste disparu lors d'une expédition sur l'Everest, des preuves de fétichisme sexuel et des sous-vêtements féminins. Malheureusement, Shipton n'était pas seul quand il retrouva le corps de Wilson ; il était accompagné d'un médecin, Charles Warren, qui démentit catégoriquement cette assertion

d'un goût discutable.

Il est donc temps d'enterrer le yéti de l'Himalaya dans le grand cimetière des blurgs. Cela n'a été qu'une fabrication de plus au palmarès de Shipton. L'abominable homme des neiges y rejoindra son cousin, l'homme de Piltown, inventé le plus probablement par un

autre mystificateur, doté celui-là de beaucoup plus de talent, l'honorable Sir Charles Conan Doyle, "père" de Sherlock Holmes. L'illustre écrivain aurait été vexé du scepticismisme des savants à l'égard de ses histoires de spiritisme et aurait décidé de les bernier pour se venger...

G.M.

BIOLOGIE

La def universelle des anticorps est trouvée

On crut longtemps que chacun des milliers d'agresseurs ou antigènes qui menacent notre organisme, poussières, bactéries, virus, micro-organismes, était neutralisé par un anticorps spécifique. Puis on se trouva gêné par l'hypothèse de centaines de milliers d'antigènes dormant dans les chromosomes, rien que pour la défense de l'organisme. L'hypothèse fut abandonnée quand on s'avisait que la totalité des gènes contenus dans les chromosomes n'est pas infinie ; à l'heure actuelle, on les estime à une centaine de milliers.

Le Japonais Susumu Tonegawa reçut en 1988 un prix Nobel pour avoir démontré que la synthèse des anticorps par les lymphocytes B est le fait d'un nombre réduit de gènes qui se combinent entre eux de multiples façons. En ce sens, ils sont comparables aux touches d'un piano, qui, bien que d'un nombre fini, permettent d'interpréter un répertoire infini (voir notre article p. 49). Mais qui gère ces combinaisons ? La réponse a été fournie par David G. Schatz et Marjorie Oettinger, du Whitehead Institute for Biomedical Research, de Cambridge (Massachusetts), dans la revue *Cell* : ces recombinaisons sont commandées par une enzyme, elle-même codée par un gène unique, RAG-1 (pour *Recombination Activating Gene*). Reste à identifier l'enzyme et à définir son fonctionnement. Un collègue des chercheurs, le Dr Michael Lieber, de l'université Stanford, estime qu'il s'agit là, d'ores et déjà, de l'une des découvertes les plus importantes en immunologie.

P.R.

NUCLEAIRE

L'effroyable héritage de la première bombe A

Les déchets radioactifs du Manhattan Project, ce vaste programme de recherches qui aboutit à la fabrication de la première bombe A, ont la vie dure.

Car les Etats-Unis, où s'effectuent ces recherches, n'ont toujours pas de politique de gestion des déchets nucléaires.

Le centre militaire de Hanford, où furent produites les premières quantités de plutonium explosif, celui de la première génération des bombes atomiques américaines, a très mal vieilli. Et les pionniers de l'industrie atomique militaire américaine appréciaient très mal les risques que pouvaient faire courir aux populations les effluents radioactifs qu'ils entreposaient.

Ainsi, une quantité considérable de plutonium (plus de 200 kg) et d'autres isotopes aussi toxiques ont, depuis le démarrage de la centrale dans les années quarante, été rejetés avec les eaux usées dans la nappe phréatique ! Le bilan en est proprement catastrophique : plus de 1 500 km² ont été contaminés, couvrant un millier de points "chauds" particulièrement difficiles à nettoyer. Le prix de la seule décontamination du site avoisine 50 milliards de dollars, c'est-à-dire plus de 300 milliards de francs !

Et si ce n'était que l'argent ! Personne n'a aucune idée du lieu où l'on entreposerait les déchets récupérés. Les retraiter ? Les Etats-Unis ne possèdent aucun centre de retraitement des combustibles irradiés. Celui de West Valley n'a fonctionné que trois ans, à un coût prohibitif, avec un rendement très réduit (une erreur de conception !)

Les pressions des mouvements

écologiques, ces vingt dernières années, ont rendu pratiquement impossible la création de centres de stockage de produits fortement radioactifs. Il n'en existe actuellement qu'un seul, dans l'Etat du Nouveau-Mexique, qui sera mis en service... vers l'an 2 000. Et encore est-il réservé aux militaires.

Les déchets des centrales civiles (109 réacteurs), qui sont entrées en service au début des années soixante, sont actuellement stockés dans des piscines situées à proximité. Or, elles sont pleines et il est urgent de trouver d'autres sites de stockage.

Le laboratoire national Argonne a mis au point un réacteur rapide, l'IFR (*Integral Fast Reactor*), installé dans l'Idaho ; c'est un surgénérateur capable de "brûler" le plutonium déchet des autres centrales, mais plusieurs décennies devraient s'écouler avant que les Etats-Unis puissent disposer d'un équipement de ce genre suffisant.

Pour ajouter aux soucis des Américains, il y a le désarmement nucléaire. Que fera-t-on, en effet, des quantités de plutonium restantes une fois les têtes nucléaires démontées ?..

Il en est qui n'ont pas de cœur : tels la Cour des comptes américaine : elle estime le nettoyage des seuls sites militaires à 150 milliards de dollars, c'est-à-dire un sixième du budget total du pays (830 milliards). Le prix de la gestion des déchets civils n'est pas encore estimé. Et il semble probable que les Américains vont commencer à s'interroger sur le prix d'une énergie qu'ils ont payée très bon marché pendant des décennies.

B.T.

12 % des enfants français examinés sont infestés de poux. 10 % des poux en Touraine sont devenus résistants aux esters organophosphorés, mais 1 ou 2 % seulement en région parisienne. La recrudescence de la pédiculose est internationale. Il semble, en effet, qu'il y ait des "cycles du pou".

Irradiation : premières déflections

En novembre dernier, la Quaker Oats Company américaine, spécialisée dans la production de céréales pour le petit déjeuner et de produits à base de céréales, a annoncé son renoncement au procédé d'irradiation alimentaire. Elle a été suivie en cela par deux autres grandes compagnies alimentaires, H.J. Heinz & Company et Ralston-Purina.

Le motif de cette décision a été expliqué par une association non lucrative, la Food & Water Inc. : lorsque les molécules d'un aliment sont soumises à l'action ionisante du cobalt 60 ou du césium 137, elles sont décomposées, puis elles se recomposent, mais, en se recomposant, elles produisent des produits chimiques inconnus, dont l'action sur l'organisme est également inconnue.

Un mouvement contraire à l'irradiation alimentaire s'est déclenché aux Etats-Unis, bien que le procédé ait été approuvé par les autorités fédérales. Une nouvelle loi a été votée dans l'Etat du New Jersey, qui interdit la distribution de produits irradiés pendant deux ans. D'autres Etats, tels que le Maine et New York, envisagent de restreindre la production et la distribution d'aliments irradiés.

Ainsi que nous l'avons déjà exposé dans ces pages, il nous semble qu'une autre inconnue de l'irradiation alimentaire est la possibilité de produire des souches bactériennes et virales particulièrement résistantes.

G.M.



Sauver le rhinocéros noir

L'an passé, le gouvernement du Kenya brûla publiquement 12 tonnes d'ivoire d'éléphant, pour en décourager le trafic et attirer l'attention de la population sur la nécessité de sauver les éléphants du massacre perpétré par les braconniers. Cette année, il va brûler 300 kg de cornes de rhinocéros, saisies au cours de perquisitions chez des braconniers. A quelque 60 000 F le kilo, l'holocauste fera donc partir en fumée quelque 18 millions de F.

Il faut espérer que ce geste spectaculaire sera utile. En effet, depuis 1970, 95 % environ des rhinocéros existants ont été massacrés. Pourquoi ? Pour leur couper la fameuse corne, aux fins d'en faire des manches de poignard ou des poudres prétendument aphrodisiaques. Car il y a encore des esprits séniles qui s'imaginent que cette poudre a des effets roboratifs sur le système sexuel !

L'animal mérite pourtant mieux. Son comportement est aussi étrange que sa morphologie (qui inspira sans doute le mythe de la licorne). Il est solitaire en principe, mais se regroupe pour des raisons mystérieuses. Il n'a pas le sens territorial, mais le mâle ne supporte pas le voisinage d'autres mâles inconnus.

La saison des amours est remarquablement brève, puisque la fe-

melle n'est réceptive que deux jours, trois fois par an. Il faut dire que les étreintes sont longues : un observateur parle de 36 minutes... Les jeux préliminaires ressemblent à des luttes, suivies d'interminables séances de saute-mouton.

Une des premières conclusions de ces observations est que si un mâle n'est pas proche voisin d'une femelle, ses chances d'accouplement sont nulles.

Beaucoup de rhinocéros étant éparpillés, en petits groupes, dans des zones difficiles à surveiller et n'offrant par ailleurs pas de ressources alimentaires suffisantes, on pensa les regrouper. Hélas ! on ignorait les structures génétiques de l'espèce, et ce regroupement aurait pu, craignit-on, faire disparaître des groupes originaux du point de vue génétique, ou bien encore produire des individus aux génomes déséquilibrés. Des chercheurs de l'université Columbia, New York, ont toutefois établi que trois populations de rhinocéros, au Kenya, au Zimbabwe et en Afrique du Sud, présentent une remarquable uniformité génétique en dépit des grandes distances qui les séparent. Le regroupement va donc pouvoir être possible. La surveillance aussi. Les braconniers n'auront qu'à bien se tenir.

J.M.

Le bureau de l'Académie des sciences, de l'Institut de France, nous a adressé un communiqué nous priant de démentir l'assertion diffusée par divers organes d'information, selon laquelle feu Elena Ceausescu aurait entretenu des relations avec cette institution. « Le Bureau affirme avec force que jamais son nom n'y a été évoqué, a fortiori qu'il n'a jamais été question de lui décerner quelque prix ou quelque distinction honorifique. »

LANGAGE

“Que c'est biau !” (Nicole, dans “le Bourgeois Gentilhomme”)

Un colloque sur le patrimoine génétique et les droits de l'humanité a eu lieu le 25 octobre dernier, organisé par Jussieu Paris-VII, l'université européenne de la recherche et la Commission des communautés européennes. C'est une excellente idée.

Si nous avons bien compris le texte de l'invitation, le colloque visait aussi à faciliter les échanges entre les chercheurs de discipline et de langage différents. Peut-être était-ce une idée moins louable que celle de rédiger l'invitation à la conférence de presse en pure langue de bois, dont nous offrons ici quelques spécimens... Aujourd'hui, le développement social des biotechnologies interpelle le droit à propos de l'insertion artificielle... Il est souhaitable de clarifier la thématique actuelle en proposant le questionnement suivant... Emanant des institutions de recherche, des universités, des réseaux de chercheurs indépendants, des centres de décisions technologiques et industriels ou des organismes internationaux, des généticiens, biologistes, médecins, psychanalystes, philosophes et juristes, en France et en Europe, travaillent sur ces thèmes, mais avec des approches nécessairement très différentes... Centrée sur une méthodologie originale — l'interactivité des recherches actuelles dans les domaines des sciences de la vie et des sciences humaines — ce colloque permettra à tous les pôles d'excellence d'enrichir leur propre réflexion en brisant les incommunicabilités régnantes entre les différentes disciplines... »

N'eût-il pas été préférable de s'exprimer plus simplement et de dire, par exemple, que le droit est en retard sur la biologie, que les chercheurs que ces questions intéressent n'ont pas l'occasion d'en débattre et qu'il serait donc bon de les réunir pour qu'ils échantonnent leurs idées ?

Cela eût évité des amphigouris tels que les généticiens qui “émanent” des institutions de recherche, des énumérations oiseuses

(pourquoi a-t-on omis de citer les sociologues, les psychiatres, les psychologues, les cytologistes, les épidémiologistes, les virologues, les écologistes ?...).

Cela nous eût également préservé de bizarreries telles que les “réseaux de chercheurs indépendants” et les généticiens qui tra-

vaillent sur des “thèmes” (pourquoi pas des versions tant qu'on y était ?).

Cela enfin eût épargné au lecteur une phraséologie tellement confuse que l'auteur de l'invitation lui-même ne s'y est plus retrouvé et que le colloque s'est vu changer de genre, puisqu'il est “centrée”.

Placé sous le haut patronage du président de la République, ce colloque réunissait des gens qui parlent plus clairement que ça, comme Jean Bernard, Jean Dausset et Hubert Curien. Ce n'est certes pas en usant d'un tel sabir qu'on remédiera à l'“incommunicabilité”. **G.M.**

BIOLOGIE

Deux lettres de plus à l'alphabet génétique

La nature a limité à quatre les lettres de l'alphabet génétique — A, C, G et T, qui correspondent aux quatre bases azotées adénine, cytosine, guanine et thymine — qui constituent l'ADN, support du patrimoine génétique. Il y en a désormais deux de plus à la disposition des biologistes.

A, C, G et T forment des groupes ou “mots”, tous de trois lettres, qui correspondent chacun à l'un des 20 acides aminés nécessaires à l'édification des protéines. La spécificité de chaque protéine dépend du nombre et de l'arrangement des acides aminés. Enfin, 12 de ces 20 acides sont synthétisés par l'organisme, les 8 autres (valine, leucine, isoleucine, thréonine, méthionine, lysine, phénylalanine et tryptophane) étant apportés par l'alimentation.

C'est le Pr Steven A. Benner, de Zurich, et son équipe qui ont fabriqué les deux nouvelles lettres, l'analogue K et X (*Nature*, vol. 343, 4 janvier 1990). Ils pensent les utiliser pour fabriquer des éléments à incorporer dans les oligonucléotides à des fins expérimentales. D'un point de vue pratique, c'est intéressant à au moins un égard : cela peut permettre de fabriquer des médicaments antiviraux nouveaux. On sait, en effet, que l'interféron, par exemple, augmente dans les cellules la production d'oligonucléotides enzymatiques, qui contribuent à bloquer la synthèse des

protéines virales. Des super-oligonucléotides pourraient augmenter l'efficacité des défenses naturelles. On peut même envisager d'accroître artificiellement le code génétique grâce à K et à X, par exemple pour greffer à une bactérie des gènes qui lui feraient fabriquer des substances encore inconnues. Toutefois, Leslie Orgel, du Salk Institute for Biological Studies, reste réservé à l'égard d'une invention qui lui paraît délicate à utiliser.

P.R. et G.M.

Venin de serpent contre les thromboses : deux protéines isolées par des chercheurs australiens dans le venin du serpent Mulga, puis purifiées, peuvent être utilisées contre les thromboses et remplacer les produits sanguins. Le venin en question coûte cher : 5 000 F le gramme.

Les chimpanzés menacés de disparition : non seulement leur habitat naturel est de plus en plus réduit, mais encore les chasseurs les traquent, car un chimpanzé vivant vaut quelque 20 000 F. Or, un chimpanzé en captivité a beaucoup moins de chances de se reproduire. Le World Wildlife Fund lance un cri d'alarme, l'espèce pourrait bien avoir disparu d'ici à dix ans.

60 % des toxicomanes étaient séropositifs au sida en 1989, ils n'étaient que 17 % en 1987.

La seconde jeunesse de Pierre Janet

Il y eut un siècle, l'an passé, que Pierre Janet (1859-1947) publia "L'Automatisme psychologique". La France a oublié ce centenaire-là, dont la célébration eût été pourtant plus opportune que certaines péroraisons.

O paradoxe ! c'est l'Amérique, la première, qui a rendu hommage à Janet, ainsi qu'en atteste un remarquable article de l'*American Journal of Psychiatry*. Janet, en effet, a été volontairement méconnu pendant toute la deuxième moitié du XX^e siècle, au bénéfice de Freud.

Comme Freud, Janet fut un élève de Charcot. Comme Freud, il étudia les hystéries. Avant Freud, il postula l'existence d'un inconscient. Avant Freud, il évoqua la responsabilité de la sexualité dans certains troubles mentaux, mais, à la différence de Freud, il n'en fit pas la cause unique. Janet ne s'aventurait pas dans des théories aussi extravagantes que la séduction des enfants par les adultes (comme le fit Freud, avant de renoncer à ce postulat délirant). Son attachement aux faits et sa rigueur lui valurent une défaveur dont on peut juger en consultant le petit article condescendant que lui accorde le Thesaurus, seulement le Thesaurus, de l'*Encyclopedia Universalis*, édition 1968.

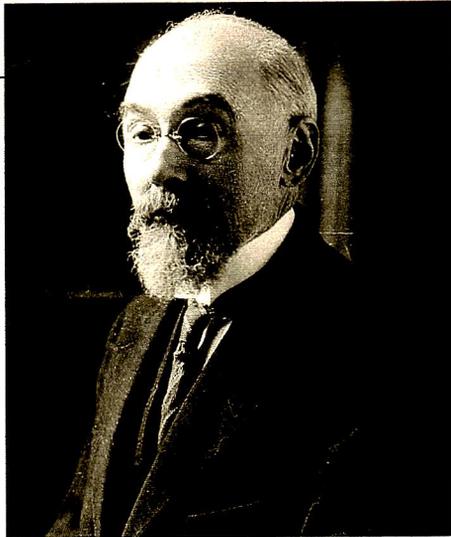
« ... alors que Freud sait s'opposer au discours médical officiel et accomplir la "révolution analytique", Pierre Janet, engoncé dès le début dans le discours universitaire et académique et n'ayant pas le courage de le dénoncer, sacrifie l'originalité de ses recherches à une psychopathologie "rationnelle", très conservatrice, et finalement à un système institutionnel de savoir et de pouvoir... Ainsi s'explique la désuétude actuelle d'une œuvre qui comportait beaucoup d'aperçus originaux... »

On comparera ces lignes avec la conclusion de l'article de l'*American Journal of Psychiatry*: « L'étude du rôle des événements traumatisants dans la genèse de la psychopathologie fut déterminante en psychiatrie au XIX^e siècle, culminant à la Salpêtrière avec les travaux de Charcot et de Janet. Le

principal héritage laissé par Janet pourrait être la première compréhension systématique de la manière dont l'esprit se désagrège en face d'une menace écrasante... Observateur professionnel passionné, Janet était enclin à recueillir froidement des faits plutôt qu'à fonder une école de psychiatrie. Bien que cela fit de lui un savant superbe, cela ne contribua pas à inspirer à ses contemporains un goût profond pour l'étude et le traitement du traumatisme psychologique et de la dissociation... A certains égards, les théories de Janet coïncident avec (et souvent précèdent) les premiers postulats de la psychanalyse. Toutefois, tandis que Freud considérait que le traumatisme dérivait d'abord des expériences sexuelles infantiles et, plus tard, des rêveries sexuelles de l'enfance, Janet observa qu'une vaste variété d'expériences différentes pouvait écraser la psyché... Sa notion fondamentale, formulée pour la première fois en 1889, et selon laquelle les expériences traumatisantes sont enregistrées dans la mémoire de façon différente des événements ordinaires, est aussi stimulante aujourd'hui qu'elle l'était pour William James il y a presque cent ans... »

L'une des plus importantes contributions de Janet à l'étude des troubles mentaux fut, en effet, sa théorie de la réaction au traumatisme. Plus celui-ci est fort, moins l'esprit s'y adapte. La fenêtre de la conscience ouverte sur le monde extérieur se rétrécit et les capacités d'interprétation de l'événement s'atrophient. Il y a alors dissociation, entre l'individu et le monde extérieur.

Cette explication, aussi claire que fondée sur l'observation méticuleuse de centaines de cas, contraria et continue de contrarier certains parce que Janet postulait que l'amplitude des réactions au traumatisme est fonction de la soli-



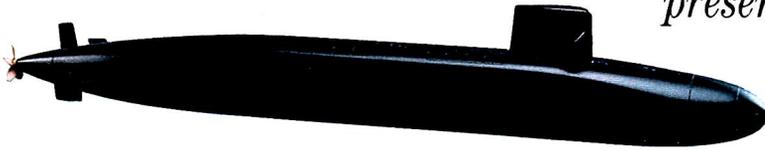
dité des structures du psychisme. Les structures fortes résistent mieux et sont donc moins sujettes à la dissociation que celles qui sont faibles. Cela impliquait que la psychanalyse n'est pas universellement nécessaire, comme certains freudiens tendraient à le laisser croire. Janet réservait ses talents à la pathologie. Or, on a vu, ce dernier demi-siècle, que la psychanalyse est quasiment devenue une pratique d'adaptation à tous les stress de la vie.

Le "tort" de Janet fut de ne rien avancer qu'il ne pût asseoir sur l'observation et l'analyse critique, de ne pas attribuer à la sexualité un rôle universel, de ne pas créer de chapelle avec initiés, adeptes et zéloteurs, et, surtout, de ne jamais dissocier l'étude du psychisme de la médecine. Psychologue et psychiatre, il s'est dispensé de spéculations littéraires, alors que, philosophe et fils de philosophe, il eût pu être tenté par les constructions théoriques. Ecrivain rigoureux, et toujours d'une parfaite clarté, il a jeté les bases les plus solides de la psychanalyse, sur lesquelles certains de ses contemporains, puis ses successeurs, ont bâti des édifices aléatoires. On comprend donc l'impatience des Américains, décidément plus curieux que les compatriotes de Janet, de voir traduire l'intégralité de son œuvre, tout "engonçée" et "académique" qu'elle ait pu paraître à certains critiques français. G.M.

Les articles de cette rubrique ont été réalisés par Jacques Marsault, Gerfald Messadié, Jean-François Robredo, Pierre Rossion et Bernard Thesnon. ●

LE "TRIOMPHANT" : MUET COMME UN POISSON

Il suffisait naguère qu'un sous-marinier, à 150 mètres sous la mer, ronfle dans sa couchette pour qu'un hydrophone ennemi détecte la présence du sous-marin.



Aujourd'hui, les couchettes sont suspendues, les cloisons isolées. Les tuyauteries, câbles, machines tournantes et les quelque cent mille objets qui composent un sous-marin nucléaire sont conçus pour garder le silence. Sans parler de sa coque en caoutchouc et d'une sorte de turboréacteur aquatique pour remplacer l'hélice.

Le futur sous-marin nucléaire français lanceur d'engins de nouvelle génération, baptisé le *Triomphant*, mesurera 138 mètres de long. En plongée, il déplacera 14 200 tonnes. Et pourtant, affirme le chef du département sous-marins de la Direction des constructions navales, pour ceux qui chercheront à le détecter le *Triomphant* fera moins de bruit qu'un ventilateur silencieux d'appartement.

Car le bruit, voilà l'ennemi des sous-marins ! Un sous-marin bruyant est très vite repéré en plongée. Or, un engin comme le *Triomphant*, porteur de seize missiles nucléaires, appartenant à la force française de dissuasion, se doit d'être quasiment indétectable s'il veut remplir son rôle. Tapi au fond de l'eau, en un endroit secret, il constitue une menace qui dissuade l'adversaire éventuel de s'attaquer au territoire national. Tel est le principe même de la dissuasion.

Pour lui, les profondeurs marines représentent la meilleure des cachettes. Les ondes lumineuses s'y propagent très mal et quelques dizaines de mètres d'eau suffisent à lui fournir un écran impénétrable. Les radars peuvent certes détecter le périscope qui

permet au commandant du sous-marin de "voir" ce qui se passe à la surface. Ou, sur les sous-marins plus anciens, le schnorkel, qui aspire l'air extérieur pour le moteur Diesel, lequel sert à recharger les batteries alimentant les moteurs électriques pour les déplacements en plongée.

Mais un sous-marin à propulsion nucléaire est capable de rester de longs mois sous l'eau, son réacteur n'ayant nul besoin d'oxygène pour fonctionner. Quant au périscope, il suffit tout simplement de ne pas le sortir. On a aussi pensé à utiliser le radar pour détecter les vagues de surface que provoque un sous-marin qui se déplace sous l'eau. Le problème est que ces vagues sont minuscules : beaucoup moins d'un millimètre pour un gros sous-marin qui navigue à 100 m de profondeur et à la

L'hélicoptère à la pêche au sous-marin.

Equipé d'un sonar accroché au bout d'un filin, l'hélicoptère est devenu l'ennemi juré du sous-marin. Il peut rester longtemps en vol stationnaire et immerger son sonar qui repère les submersibles situés autour de lui. Les informations sont alors retransmises au bateau auquel il est relié et qui est chargé de poursuivre et de détruire les sous-marins.



vitesse de 5 nœuds. Restent les détecteurs magnétiques. Une masse métallique d'une telle dimension perturbe le champ magnétique terrestre, et ces perturbations peuvent être repérées. Mais seulement dans un faible rayon autour du submersible, quelques milliers de mètres tout au plus.

Les ondes sonores, en revanche, se déplacent fort bien dans l'eau, à la vitesse de 1 500 m par seconde. Emises par un sonar, un producteur de sons, elles vont se réfléchir sur le sous-marin et revenir vers celui qui les a émises, qu'il soit navire de surface, chasseur de sous-marins, ou sous-marin lui-même. On parle alors de "sonar actif". Malheureusement pour lui, en utilisant un sonar, le chasseur de sous-marins signale sa présence à celui qu'il pourchasse. Et qui, à l'exemple du futur *Triomphant*, est équipé de "sonars passifs" d'une extrême sensibilité et d'armes meurtrières, torpilles et missiles (les "sonars passifs" ne sont ni plus ni moins que des oreilles artificielles qui écoutent les bruits sous-marins).

Mais les chasseurs de sous-marins sont eux-mêmes porteurs de sonars passifs, tout aussi perfectionnés, et tout aussi capables d'écouter le bruit produit par les sous-marins. Certes, ce bruit-là doit être identifié au milieu de beaucoup d'autres, car, contrairement à une opinion assez répandue, la mer ne constitue nullement le monde du silence : animaux, courants marins y produisent un véritable tintamarre. Et même s'il est identifié, le bruit du sous-marin ne signifie pas obligatoirement que celui-ci est formellement repéré. La propagation

UN MILLION DE FOIS MOINS BRUYANT

Un vieux cargo rayonne entre 100 watts et 1 kW d'énergie acoustique dans l'eau. Sur un bâtiment de guerre moderne de surface, grâce aux efforts de discrétion déployés, cette énergie totale rayonnée est déjà largement inférieure au watt. Sur un bon sous-marin classique, elle tombe autour du milliwatt...

Mais sur un sous-marin de nouvelle génération, elle sera bien plus faible encore, alors qu'il produit une centaine de mégawatts pour la propulsion et ses autres besoins énergétiques, c'est-à-dire qu'elle sera quasiment indétectable par les sonars passifs, en dépit des énormes progrès accomplis en ce domaine.

des ondes sonores est en effet fortement altérée en milieu marin, qui est très hétérogène, avec des différences de température et de pression parfois importantes en fonction de la profondeur ou du lieu, et des évolutions dans le temps pour un même lieu et une même profondeur, ce qui rend difficile d'établir des lois générales. De ce point de vue, on a pu comparer l'océan au désert. Dans le désert, l'air chaud provoque une "distorsion" des ondes lumineuses à proximité du sol, et l'apparition de mirages. Il en va à peu près de même dans l'eau pour les ondes sonores.

N'empêche que le sous-marin a tout intérêt à se montrer le plus discret, le plus silencieux possible. Face aux progrès de la détection acoustique, l'un des domaines de recherche les mieux protégés compte tenu de son importance stratégique, l'accent est donc mis sur la diminution de tous les bruits rayonnés par un engin de nouvelle génération comme le *Triomphant*, qui entrera en service en 1994. La discrétion a fait l'objet de tous les soins de la Direction des constructions navales, qui dépend de la Délégation générale pour l'armement.

Pas facile de faire la chasse aux bruits dans un bâtiment de ce type, véritable village conçu pour une vie en confinement total, et qui comprend quelque cent mille objets différents ; du luminaire du carré des officiers au réacteur nucléaire qui produit l'électricité nécessaire. Avec tout ce que cela suppose de câbles, de tuyaux, de liaisons, de machines tournantes, de portes, etc. Ou d'hommes qui ronflent en dormant, ce qui conduira à isoler les couchettes par des suspensions appropriées, afin que ce bruit-là non plus ne se propage pas à travers la structure, puis la coque. Ne parlons même plus du fameux klaxon de plongée qui avertissait l'équipage que le sous-marin allait faire immersion, car son hululement s'apparentait à un véritable vacarme ; des procédures beaucoup plus discrètes l'ont aujourd'hui remplacé.

Les ingénieurs de la Direction des constructions navales se veulent discrets, eux aussi, sur les techniques particulières qu'il ont mises en œuvre

sur de tels sous-marins nucléaires de nouvelle génération. Techniques qui atteignent leur point culminant avec les sous-marins nucléaires lanceurs d'engins de la force de dissuasion, mais sont également appliquées sur les sous-marins dits d'attaque, engins chasseurs de sous-marins ou de navires de surface. La France possède à ce jour quatre sous-marins nucléaires d'attaque, auxquels viendront s'ajouter d'ici à 1997 plusieurs sous-marins du type *Améthyste*, ce nom étant celui du premier des quatre

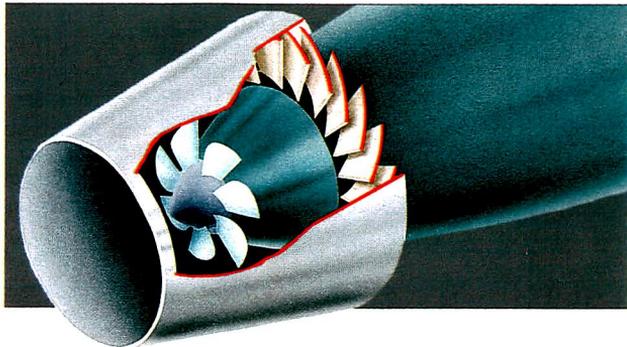
en même temps qu'un acronyme qui signifie : amélioration tactique, hydrodynamique, silence, transmission, écoute.

Mais on sait qu'en principe, pour lutter contre le bruit, il faut soit éviter de le produire, à la source, soit le contenir par détention, soit enfin le supprimer par amortissement.

Lutter contre le bruit à la source, c'est mettre au point des rouets, des palliers, des turbines qui ne vibrent pas. Lorsque les vibrations ne peuvent être complètement éliminées, on essaie de les contenir, un peu à la manière des compresseurs de travaux



La trace du bruit. Dès qu'il se déplace, un sous-marin provoque un sillage. L'écoulement de l'eau sur la coque est générateur de bruit, tout comme l'action de l'hélice propulsive, qui entraîne la formation de remous importants. Sur les sous-marins nucléaires de nouvelle génération, ces remous sont limités par l'utilisation d'hélices qui tournent à faible vitesse et sont placées à l'intérieur d'un carénage. Le flux d'eau se trouve ainsi régularisé, le bruit en est réduit considérablement.



publics, dont les capotages contiennent le bruit, au point que l'utilisateur ou le passant ne les perçoivent quasiment plus. Reste l'amortissement, une manière de "tuer" en quelque sorte les vibrations génératrices de bruit. Entre le support rigide d'une pompe et la coque du sous-marin, on place des liaisons souples qui vont confiner les vibrations. Les sources de bruit sont ainsi suspendues. Certains matériaux visco-élastiques transforment même les vibrations en chaleur, qui sera facilement éliminée.

Il est aussi possible de faire appel à ce que l'on nomme le contrôle actif, par production d'anti-sons

adaptés qui vont s'opposer aux sons émis par une source et les neutraliser. Le silencieux d'un pot d'échappement de voiture fonctionne selon ce principe, mais il est d'application assez rudimentaire : le bruit des gaz d'échappement est contrebattu par le bruit de ces mêmes gaz sur les plaques métalliques qui composent le silencieux. En captant le son à neutraliser avec un microphone, puis en l'envoyant dans un ordinateur, celui-ci fournira l'anti-son le plus efficace. La technique est utilisée entre autres dans les écouteurs que portent les pilotes de certains hélicoptères. Elle présente l'avantage de ré-

duire ou d'éliminer les sons continus, mais pas les autres, comme la sonnerie d'une alarme, ou la voix humaine. Les responsables de la Direction des constructions navales préfèrent ne pas fournir d'indications précises sur les différentes utilisations de ces techniques à bord des sous-marins de nouvelle génération, mais il ne fait aucun doute qu'elles sont employées.

Outre les équipements intérieurs de toutes sortes, les sources de bruit dans un sous-marin sont parfaitement connues. Impossible d'oublier le bruit de l'écoulement de l'eau autour de la carène, contre lequel on lutte à la source par un dessin approprié de la coque. De même s'arrange-t-on pour que les vibrations du propulseur qui se transmettent à la coque ne puissent induire sur celle-ci des déformations génératrices à leur tour de vibrations nouvelles. Les vibrations du propulseur, dans les basses fréquences, peuvent en effet exciter certains modes de déformation de la coque. On parle alors d'accord entre les deux, et l'on s'efforce donc de "désaccorder" propulseur et coque pour éviter cet inconvénient, quitte à sacrifier un peu du rendement global de l'ensemble propulsif au bénéfice du silence acoustique.

Au niveau de cet ensemble propulsif, précisé-

A l'écoute de la mer. Les spécialistes du sonar sont les "oreilles" du sous-marin. Ils ont l'ouïe formée à distinguer, parmi les bruits qu'ils perçoivent, ceux qui révèlent la présence d'un navire de surface et d'un autre sous-marin. Après des années d'expérience, ils sont capables d'identifier le type du navire ou du sous-marin, grâce aux caractéristiques du bruit émis. Et même de reconnaître tel navire ou tel sous-marin, de le nommer avec précision, chacun émettant un son particulier. Le système sonar dispose de véritables archives des bruits de tous les navires, dans lesquelles l'opérateur peut puiser pour mener à bien cette manœuvre d'identification.



ment, les sous-marins de nouvelle génération seront très différents de leurs prédécesseurs, en tout cas en ce qui concerne l'aspect extérieur. Pour réduire le bruit émis par l'hélice, il importe de supprimer totalement le phénomène de cavitation (1). On désigne ainsi la vaporisation d'un fluide soumis à une très faible pression, avant recondensation du fluide lorsqu'il retrouve une forte pression. La cavitation se produit sur les pales des hélices de bateau, et selon le mot du chef du département sous-marins de la Direction des constructions navales, « c'est un désastre acoustique ». On peut l'éviter par un dessin approprié des pales, d'où le secret qui entoure les recherches sur ce sujet, et en augmentant le nombre de ces pales. Une hélice de sous-marin moderne évoque un peu les hélices nouvelles que l'on expérimente depuis quelques années sur avion : grand nombre de pales et formes extrêmement tarabiscotées.

Mais, pour améliorer encore l'écoulement, on cherche à régulariser le flux d'eau en avant des pales, en disposant devant celles-ci une couronne d'aubes fixes, un stator, comme dans un turboréacteur aéronautique. Il ne reste plus qu'à entourer l'ensemble d'un carénage et l'hélice classique disparaît pour laisser la place à ce qui, vu de l'extérieur, ressemble tout à fait maintenant à un turboréacteur. Tel sera l'aspect du futur sous-marin nucléaire lanceur d'engins le *Triomphant*.

C'est au prix de toutes ces innovations que l'on obtiendra la discrétion requise, qui permet au sous-marin de circuler des mois en plongée profonde en restant quasi indétectable. D'aussi longs séjours en confinement supposent que les conditions de vie pour l'équipage soient convenables et que sa sécurité soit garantie de façon absolue. Les équipes de médecins et d'ingénieurs du Centre d'études et de recherches sur les techniques sous-marines de l'arsenal de Toulon étudient les interfaces hommes-machines, la pureté de l'atmosphère du sous-marin, bref, tous les facteurs humains qui concourent à l'efficacité de l'équipage. Cela fait aussi partie de l'invulnérabilité et de l'efficacité du sous-marin.

Le programme de ces sous-marins nucléaires lanceurs d'engins nouvelle génération prévoit que la Marine nationale en acquerra six d'ici à 2008. Le premier, le *Triomphant*, a été commandé en 1987. Il est en cours de construction à Cherbourg, à l'arsenal de la Direction des constructions et armes navales. La commande officielle du deuxième est intervenue en 1989. Pour la période 1990-1993, la loi de programmation militaire prévoit l'affectation de 26 milliards de francs de crédits de paiement au

(1) Voir *Science & Vie* n° 863, p. 100.

(2) Qui dépendent du groupe d'études et de recherches en détection sous-marine de la Direction des constructions et armes navales de Toulon. Cet organisme est spécialisé dans le domaine du sonar et de l'acoustique sous-marine.

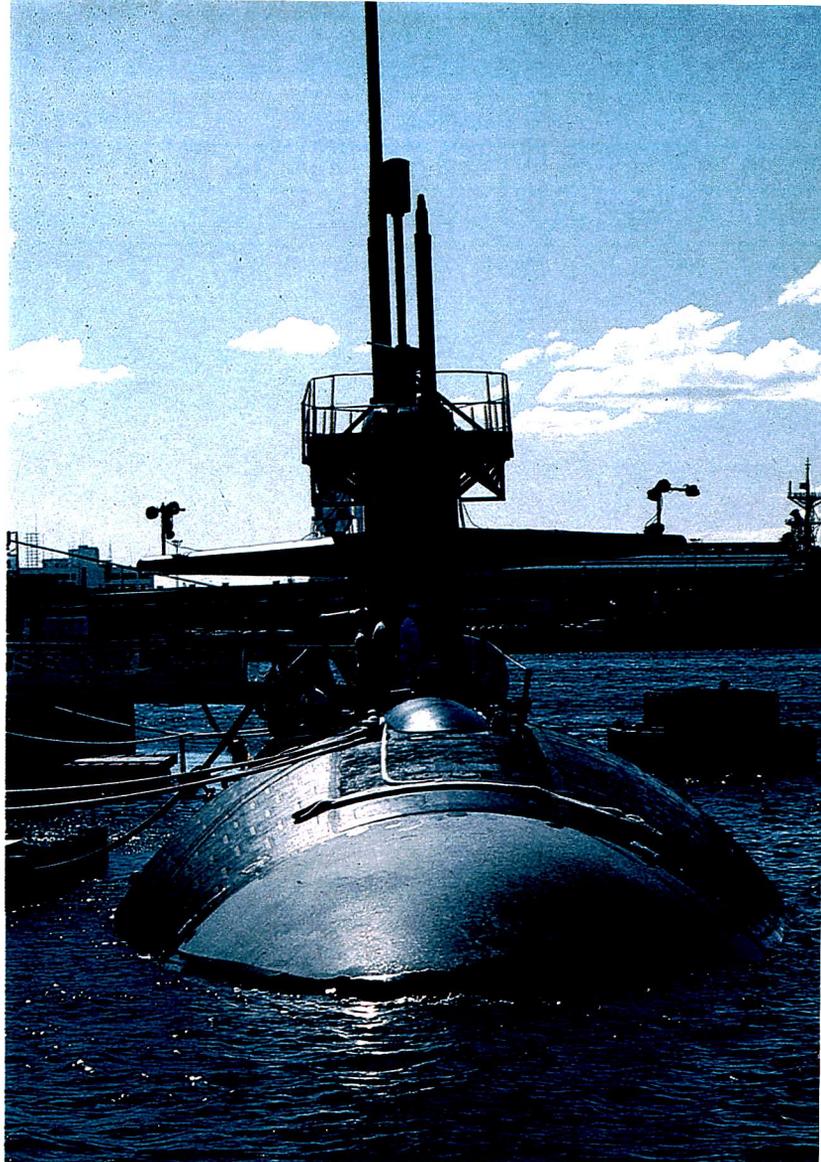
financement du programme. Jean-Michel Boucheron, président de la commission de la Défense nationale de l'Assemblée, reconnaît que « la dérive globale du coût de ce programme est de l'ordre de 15 %. Mais, admet-il, ce surcoût s'explique par la nécessité de réaliser de véritables sauts technologiques pour donner à ces bâtiments les caractéristiques indispensables à l'accomplissement de leur mission... ».

Parmi ces "sauts technologiques", la réalisation d'une discrétion maximale figure en bonne place, sinon en tête. Les techniques employées sur le *Triomphant* ont d'ailleurs été expérimentées sur une maquette au 1/10^e, dans des lacs de montagne, lieu propice à des essais discrets. Rien n'a été laissé au hasard. Et tout cela coûte cher.

Mais la lutte contre le bruit ne s'arrête pas avec la mise en service des nouveaux sous-marins. L'état vibratoire des matériels à bord est surveillé en permanence. A chaque arrêt au port, nouvel examen. Lors d'échanges de matériels (pour des opérations d'entretien, par exemple), les nouveaux font l'objet des mêmes soins, avant d'être installés. Une fois en place, ils sont testés encore. On effectue ensuite des mesures en champ proche, c'est-à-dire autour du submersible.

Puis un contrôle en vraie grandeur dans les polygones acoustiques de mesure en Méditerranée ou en Atlantique (?). Des batteries d'hydrophones ("oreilles" électroniques de la mer) y sont disposées. Elles sont mises en œuvre par des spécialistes exercés à reconnaître les signaux acoustiques de tous les types de bateaux, sous-marins ou navires de surface, de tous les pays. Avant d'être autorisé à prendre la mer pour sa première mission opérationnelle, chaque engin est soumis à leur contrôle. Ce sont eux qui lui délivrent son brevet de discrétion, si l'on peut dire, gage de son invulnérabilité future.

Germain Chambost



UNE PEAU EN CAOUTCHOUC POUR HABILLER LES SOUS-MARINS DE SILENCE

Certains sous-marins nucléaires américains lanceurs d'engins sont "revêtus" d'un carrelage en caoutchouc destiné à absorber les impulsions sonores des sonars adverses (voir *la Flotte silencieuse*, aux éditions Atlas). Il semble que d'autres marines poursuivent des recherches dans le même sens.

Outre ces revêtements anéchoïdes (qui ne renvoient pas d'écho), il existe en effet des revêtements de "masquage" des sons émis à l'intérieur des submersibles, destinés cette fois à tromper les sonars passifs, ceux qui sont spécialisés dans l'écoute des bruits sous-marins. Les progrès dans ce domaine paraissent d'ailleurs très prometteurs, puisque les fabricants

savent aujourd'hui réaliser des revêtements caoutchoutés qui jouent les deux rôles : masquer les sons intérieurs et absorber les impulsions des sonars actifs.

Bien entendu, pour ne pas diminuer les performances hydrodynamiques des sous-marins qui sont dotés de telles protections, les "peaux" doivent être parfaitement lisses. Un autre problème, la fixation des revêtements sur la coque, a été résolu par l'emploi de colles spéciales, similaires à celles qui sont utilisées en construction aéronautique pour coller les tôles des structures d'avion. Ou dans le domaine spatial, par exemple, pour coller les "tuiles" protectrices de la navette américaine.

L'OPTRONIQUE : UN COUP

Malgré des progrès extraordinaires, les radars ont des défauts : ils sont détectables, ils ne portent pas assez loin, ils ne voient que dans une direction à la fois. Avec le nouveau système optronique (contraction d'optique et d'électronique), qui est indétectable, le pilote voit réellement, et tous azimuts, le théâtre des opérations à travers la nuit la plus noire.

PAR SERGE BROUSSELIN

4 UN SYSTÈME OPTRONIQUE FRONTAL, ou SOF, sorte de large "projecteur" infrarouge. En captant, lui aussi, les rayonnements infrarouges, il rend le paysage surveillé visible de nuit.

5 À l'intérieur du système frontal, des faisceaux plus étroits, permettant au pilote de "zoomer" sur un appareil ennemi ou sur des objectifs au sol.

L'OPTRONIQUE : QUATRE

Le futur système optronique français est un ensemble intégré d'aide à la navigation, de veille omnidirectionnelle, de détection de cible et de conduite de tir. Il est constitué de différents dispositifs (décrits sur le dessin) installés en différents endroits des avions de combat modernes.

- Il est passif, se contentant de capter les rayonnements infrarouges émis par le paysage ou les cibles ; alors que les ondes émises par un radar sont détectables par la surveillance adverse.
- Il est extrêmement précis : là où un écran radar fait apparaître en un seul

D'ŒIL À TRAVERS LA NUIT

2 Il repère et signale la présence de tout engin ennemi dès que celui-ci pénètre dans une "bulle" d'espace autour de l'avion.

3 Branché sur le système de conduite de tir de l'avion, il permet de décocher des missiles air-air contre ces éventuels assaillants.

1 LE SYSTÈME DE VEILLE OMNIDIRECTIONNEL. Il est alimenté par deux capteurs d'infrarouges installés vraisemblablement l'un entre la base de la verrière et celle du cône radar, l'autre sous le ventre de l'avion.

AVANTAGES SUR LE RADAR

point toute une formation d'avions ennemis en vol serré, une conduite de tir optronique précisera le nombre et même le type des avions.

- Il est insensible aux contre-mesures de brouillage, qui leurrent les radars les plus perfectionnés.

- Pour couvrir toute la zone de surveillance du système avec des ondes radar, il faudrait disposer des antennes en de nombreux points de la cellule, ce qui est irréaliste. Sans compter qu'une telle émission passerait aussi inaperçue qu'un feu d'artifice !

LA CROIX

Les radars, notamment ceux de la dernière génération, qui verront le jour vers le milieu de la prochaine décennie seront, à n'en pas douter, de plus en plus performants. Ils seront aptes à soutenir la quasi-totalité des missions dévolues aux avions de combat d'aujourd'hui : la surveillance de l'espace aérien (veille air-air), la détection et l'identification, l'évaluation du nombre d'appareils ennemis, la poursuite de cibles multiples, la pénétration basse altitude... cela par tous les temps, qu'il pleuve, qu'il neige, que sévisse le plus épais des brouillards ou face aux écrans fumigènes les plus denses. Mais ils ont encore des lacunes. La qualité des informations qu'ils saisissent, leur précision (notamment concernant la distance, et la vitesse des cibles, leur pouvoir de discrimination entre plusieurs formations ennemies groupées en vol), ainsi que le cône d'espace aérien que balaie leur faisceau, se révèlent dans bien des cas insuffisants. Surtout, leur présence est détectable, ce qui signifie que leurs informations sont susceptibles d'être brouillées.

Deux exemples mettent parfaitement en évidence ces insuffisances. Premier exemple : supposons qu'il s'agisse d'intercepter un avion ennemi volant à très grande vitesse (Mach 2,5) à plus de 20 000 m d'altitude, dans une véritable jungle d'ondes radar. Pour que le missile de l'intercepteur ait des chances d'atteindre sa cible, la rencontre doit se faire face à face. Les deux avions se rapprochent l'un de l'autre de quelque 75 km à chaque minute⁽¹⁾. Or, la portée moyenne d'un radar embarqué contre une cible

volant à haute altitude est de l'ordre de 100 km. L'interception va donc se jouer en moins d'une minute. Pendant ce bref laps de temps, il faut détecter et "acquérir" la cible puis lancer contre elle le missile. Il est clair que ce dernier ne peut être tiré que dans la mesure où la cible est, comme disent les pilotes, "habillée", c'est-à-dire que l'on connaît son cap, son altitude, sa vitesse, ses facteurs de charge, etc. Mais si le radar de l'avion intercepteur a été brouillé, la mission a toutes les chances d'échouer.

Deuxième cas : le combat rapproché, ou la phase finale d'une interception frontale à vitesse modérée, si le premier tir de missile n'a pas atteint la cible. Il vient un moment où le radar perd toute utilité, pour la bonne raison que les deux adversaires se retrouvent en dehors du cône d'espace exploré.

Mais ce n'est pas tout. Les performances des missi-



Vol de nuit, vision de jour.

C'est ce que permettent les systèmes optroniques, qui captent le rayonnement infrarouge émis par le paysage survolé de nuit et donnent de celui-ci une image parfaitement visible (ici : sur écrans vidéo à bord d'un B-52 américain — l'éclairage rouge de la cabine de pilotage est un artifice destiné uniquement à rendre la photo plus parlante en mettant mieux en évidence les écrans ; une photo prise au flash normal les aurait en effet fortement estompés).

les ont, elles aussi, considérablement augmenté (portée accrue, tir dans toutes les directions et non plus seulement sous secteur arrière, etc.). En quelques années, le domaine à surveiller par le pilote est passé d'un étroit faisceau de 250 à 400 m, à une sphère de plus de 3 kilomètres de diamètre. Quant à l'espace de combat, il a pris la forme d'un ellipsoïde aplati d'une centaine de kilomètres à l'intérieur duquel un simple radar ne permet en aucune façon de savoir qui est qui.

Parce qu'ils sont indétectables, parce qu'ils sont omnidirectionnels, parce qu'ils sont plus précis, en un mot parce qu'ils complètent les performances du radar, des systèmes dits optroniques ont commencé à faire leur apparition aux côtés du radar sur les avions de combat modernes. L'image qu'ils fournissent, recueillie sur un écran spécial dit "tête moyenne", ou dans le champ naturel du pilote, c'est-à-dire à travers

son viseur "tête haute", est beaucoup plus proche d'une image naturelle (elle est tridimensionnelle, avec la profondeur de champ à laquelle l'œil est sensible) qu'un simple plot radar, toujours sujet à caution dès lors qu'il s'agit d'avoir une idée précise sur le nombre exact d'avions groupés en formation serrée. En effet, un radar n'est pas capable de distinguer deux ou plusieurs cibles lorsque leur écart angulaire est inférieur à 3 ou 4°. A dimension égale du capteur de base, la discrimination angulaire d'une conduite de tir optronique est de 100 à 1 000 fois supérieure à celle d'un radar (2). Cela signifie que là où le radar est capable de détecter une formation ennemie, mais sans pouvoir en évaluer l'importance, le système optronique précisera non seulement le nombre d'avions groupés dans cette formation, mais probablement le type d'avions concernés, tout cela à

grande distance. A une réserve près toutefois : que la météo soit favorable.

L'optronique (contraction d'optique et d'électronique) recouvre en réalité deux types de systèmes développés à partir de principes physiques différents.

- Le premier se rapporte à l'intensification de lumière. Il s'agit, grâce à certains matériaux (arséniure de gallium et fibres optiques), d'amplifier l'infime lumière qui subsiste dans la nuit ou dans une enceinte plongée dans l'obscurité, afin de fournir une image que l'œil puisse lire et exploiter. La chose n'est possible que pour des objets situés à moins de 1 000 mètres environ.

- Le second, fondé sur le rayonnement infrarouge, permet de dresser une carte des points de chaleur du paysage. Tout



(1) Chiffre avancé à l'occasion d'un exercice de défense aérienne Datex.

(2) Et même davantage si l'on se rapporte aux chiffres avancés lors d'un colloque qui s'est tenu à Bordeaux le 20 avril dernier. Toutefois, la nécessité de diminuer le volume de l'installation conduit généralement à adopter des fenêtres optiques de taille réduite, ce qui a pour effet de limiter la discrimination angulaire des capteurs optroniques à quelques fractions de milliradian.

corps dont la température est supérieure au zéro absolu — c'est-à-dire à -273°C — rayonne dans l'infrarouge, cela d'autant plus et à une longueur d'onde d'autant plus courte que sa température est plus élevée. Sur le spectre électromagnétique, l'infrarouge occupe une place intermédiaire entre la bande de la lumière visible à l'œil nu et la bande millimétrique sur laquelle travaillent les senseurs radar de reconnaissance de formes, ce qui revient à dire que l'optronique de deuxième type comble le hiatus entre la partie du spectre visible et celle où commencent à travailler certains types de radars.

S'agissant d'infrarouges, il faut rappeler que l'atmosphère est opaque à la propagation du rayonnement, hormis par trois fenêtres situées dans le proche infrarouge (très voisin du visible) couvrant la bande de 0,9 à 2,5 micromètres ; dans l'infrarouge moyen allant de 3 à 5 micromètres ; dans l'infrarouge lointain qui s'étend de 8 à 14 micromètres.

En fait, on utilise peu le proche infrarouge. En revanche, les deux autres fenêtres de transmission sont largement mises à contribution dans le cadre d'applications militaires. Il se trouve en effet que la tuyère d'un avion ou d'un missile à $1\,100^{\circ}\text{C}$ a son maximum d'émission autour de 3 micromètres et qu'un fantassin, dont la température corporelle est de 37°C environ, rayonne surtout autour de 10 micromètres. Or, le hasard rejoint ici la nécessité car ces longueurs d'onde de rayonnement correspondent aux deux dernières fenêtres que nous avons mentionnées : infrarouge moyen et infrarouge lointain (3).

Si les premiers pas du radar remontent au début du siècle, ceux des technologies infrarouges sont de date beaucoup plus récente. Ce sont en effet les Allemands qui, lors de la dernière guerre, réalisèrent les premières images expérimentales. Mais ces dernières, qui montraient les falaises de Douvres vues des côtes françaises, étaient de trop mauvaise qualité et trop instables pour être exploitables.

Le véritable démarrage se situe au cours des années 50, avec la mise au point, aux Etats-Unis, d'un

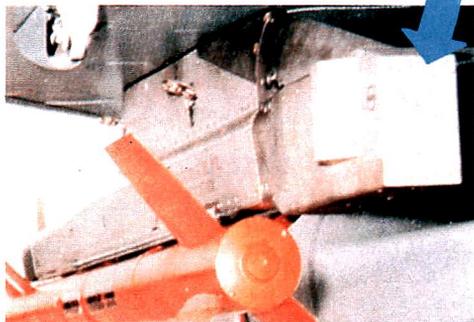
Le pilote est averti dès qu'un missile ennemi est tiré contre lui

Un détecteur de départ de missile (flèche bleue) capte les infrarouges émis par la tuyère d'un missile ennemi dès sa mise à feu, et en alerte immédiatement le pilote de l'avion visé. Celui-ci peut alors prendre la décision adéquate, notamment engager des contre-mesures électroniques (brouillage, leurres). Quant à la nacelle FLIR (*Forward Looking Infra-Red*), ici sous un Mirage 2000 (flèche rouge), elle permet au pilote non seulement de voir de nuit (photo p. 92), mais aussi de s'acquitter de missions d'attaque au sol. Mais ce nouvel équipement est déjà dépassé par un système encore plus performant capable, en plus, de détecter et de prendre en chasse tout avion ennemi pénétrant dans sa zone de veille (voir dessin p. 90).



appareil à sulfure de plomb capable de détecter dans le proche infrarouge. C'est donc le sulfure de plomb qui fut utilisé pour la réalisation du premier autodirecteur (tête chercheuse) du fameux *Side Winder* américain, le premier missile à guidage infrarouge. En fait, le domaine d'utilisation de ces précurseurs était extrêmement restreint : tout au plus étaient-ils capables de se diriger sur le chalumeau des tuyères des réacteurs. Pour l'anecdote, rappelons que les pilotes de l'époque ne furent pas longs à découvrir une parade infallible qui consistait à se placer "dans le soleil" et si possible à couper la post-combustion : compte tenu de sa médiocre sensibilité, la tête chercheuse du missile se verrouillait alors sur le soleil et l'avion poursuivi échappait à l'impact.

La qualité s'améliore sensiblement avec l'apparition en France, dès les années 50-60, du détecteur à antimoine d'indium (InSb). Bien qu'il réclame d'être refroidi à moins 200°C , ce type d'appareil se trouve être parfaitement adapté à la détection de cibles rayonnant dans l'infrarouge moyen, c'est-à-dire dans la bande des 3 - 5 micromètres. Or, c'est autour de 3 micromètres que rayonne la tuyère d'un missile, dont la température moyenne est de l'ordre de $1\,100^{\circ}\text{C}$.



Les têtes chercheuses conçues à partir de détecteurs InSb sont capables de mémoriser l'image de la cible et de la reconnaître ensuite sur fond de ciel et de paysage. Jusqu'à présent, on n'a pas trouvé de matériau plus performant que l'InSb pour la réalisation des cellules de détection thermique pour missiles de combat air-air. Du reste, le missile *Magic 2* de Matra, qui est, avec la dernière version du *Side Window*, l'un des plus performants dans sa catégorie, est équipé d'un autodirecteur InSb.

Jusqu'à-là, les détecteurs n'étaient capables d'assurer qu'une seule fonction : rechercher les sources de chaleur. La mise au point dans les années 70 de détecteurs au tellurure de cadmium-mercure (HgCdTe) travaillant à la fois dans l'infrarouge moyen et dans l'infrarouge lointain (de 8 à 12 micromètres de longueur d'onde) a permis d'aller beaucoup plus loin. Grâce à l'ultrasensibilité et au pouvoir de discrimination thermique des nouveaux détecteurs — qui sont capables de distinguer des différences de température de l'ordre du dixième de degré —, on parvient en effet à dresser une véritable thermographie du paysage. De plus, leur aptitude à fonctionner simultanément dans deux fenêtres de transmission atmosphé-

rique leur permet d'assumer une double fonction puisqu'à la surveillance et à la détection des missiles en vol s'ajoute la visualisation du paysage.

Encore ne s'arrêtera-t-on probablement pas là. A l'heure actuelle, une société française, la Sofradir (Société française de détecteurs infrarouges), filiale de Thomson-CSF (40%), de la Société anonyme de télécommunications SAT (40%) et du CEA (20%), travaille à la mise au point d'une nouvelle génération de détecteurs appelés IRCCD (*Infra Red Charged Couple Device*) destinés à l'ensemble optronique ultramoderne dont sera équipé le successeur du *Rafale*. Ces nouveaux détecteurs se distinguent de leurs prédécesseurs par une meilleure aptitude à la pénétration des brumes. Le point est d'importance car si le radar, et notamment le radar de la dernière génération, est capable de fonctionner par tous temps, il n'en est jusqu'à présent pas de même des systèmes optroniques. De plus, la filière IRCCD associe les détecteurs HgCdTe, dont on a vu plus haut les qualités, et des dispositifs à transfert de charge (CCD) au silicium qui permettent la réalisation d'ensembles extrêmement compacts⁽³⁾. Enfin, la possibilité, liée à la compacité, d'augmenter dans des proportions considérables le nombre de cellules sensibles (photosites) se traduit par une meilleure qualité d'image⁽⁵⁾. Au total, il en résulte un changement d'échelle radical dans la précision des données recueillies.

L'ensemble optronique étudié pour le futur avion de combat français, l'ACT-ACM, intégrera en réalité trois systèmes : un système optronique frontal ; un équipement optronique de veille omnidirectionnelle ; un équipement de poursuite et de télémétrie air-air.

Le premier, le SÖF, couvrira l'espace aérien où se situent les interceptions, c'est-à-dire, à peu de choses près, celui-là même qu'explore le radar de bord. Plus

(suite du texte page 167)

(3) Pour certaines fonctions, de télémétrie notamment, un laser est intégré au système optronique. Aussi doit-on tenir compte là aussi des fenêtres de transmission dans l'atmosphère et choisir pour ce laser des fréquences de fonctionnement compatibles. C'est pour cela que les plus utilisées dans les applications militaires sont les lasers à diodes AsGa qui émettent sur 0,85 micromètre (très proche infrarouge), les lasers à néodyme Yag qui fonctionnent sur 1,06 micromètre (proche infrarouge) et les lasers CO₂ auxquels leur longueur d'onde (10,6 micromètres) "ouvre" la fenêtre de l'infrarouge lointain.

(4) Les systèmes d'observation et de visée optroniques de la précédente génération avaient recours à des systèmes de balayage utilisant des miroirs couplés à des moteurs. C'est la rotation de ces miroirs autour de leur axe qui permettait d'élaborer l'image du paysage observé. Dans ce dispositif, les cellules détectrices sont placées assez loin derrière les miroirs, qui ne font, quant à eux, que transmettre le rayonnement reçu vers les cellules sensibles. Avec les systèmes de la nouvelle génération, les cellules sensibles sont directement disposées dans le plan focal, d'où une réalisation plus simple et un gain de place mis à profit pour augmenter notablement le nombre des cellules sensibles, c'est-à-dire, au bout du compte, la qualité de l'image.

(5) Cette amélioration, qui se traduit, à l'arrivée, en termes de pouvoir de séparation, est proportionnelle à la racine carrée du nombre de détecteurs, un détecteur IRCCD pouvant lui-même être composé de plusieurs photosites. Or, il existe un mode de traitement du signal qui permet d'additionner les signaux de l'ensemble des photosites détectant un même point de l'image, cela sans avoir recours à un préamplificateur, alors que cette fonction de préamplification est indispensable sur les systèmes qui ne fonctionnent pas à l'aide de détecteurs IRCCD.

VOITURE ÉLECTRIQUE : SILENCE, ELLE ROULE...

La voiture électrique mobilise toujours les bureaux d'études des constructeurs. C'est bien sûr la solution idéale pour l'environnement (ni bruit ni émissions gazeuses) et c'est la solution la plus élégante pour le rendement énergétique. Coup sur coup, General Motors, Peugeot-Citroën et VW-Audi ont fait des propositions qui en confirment l'intérêt, mais aussi les limites.

Le problème réside toujours dans l'embarquement de l'énergie. La solution de la pile à combustible est encore beaucoup trop chère, ne serait-ce que parce qu'elle fait appel aux métaux précieux : il faudrait au moins 50 gr de platine pour une petite voiture. Reste donc la solution des batteries, avec un cahier des charges spécifiques.

Elle doivent embarquer le maximum d'énergie

pour le minimum de poids, présenter une bonne énergie massique (Wh/kg : watt heure par kilo) afin d'assurer une autonomie acceptable. Elles doivent aussi être puissantes afin de délivrer cette énergie assez rapidement au gré des besoins, pour assurer les reprises et les accélérations du véhicule, donc présenter une bonne puissance massique (W/kg : watt par kilo).

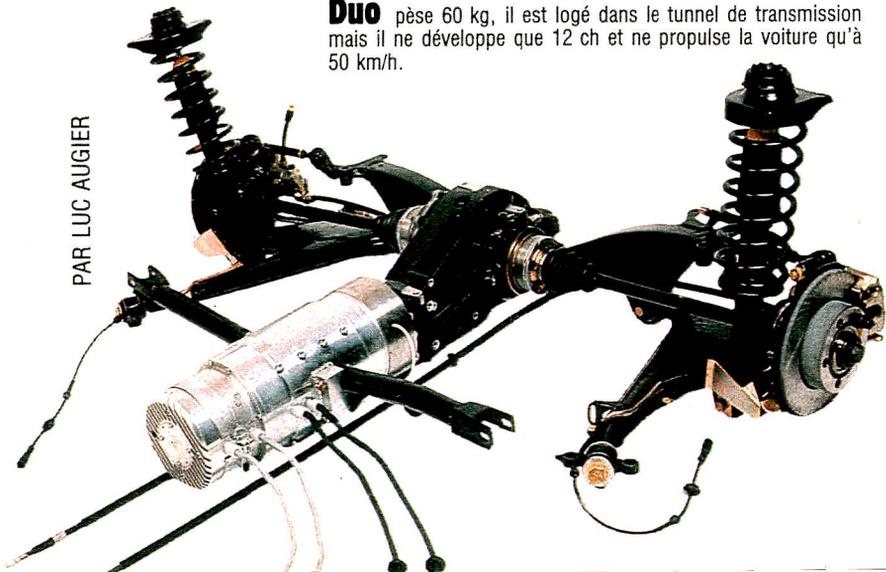
La nuance est d'importance : énergie et puissance

ne vont pas nécessairement de pair. Un quidam de 75 kg dépense la même énergie que Carl Lewis pour couvrir un 100 m : il déplace le même poids (celui de son corps) sur la même distance (100 m). Mais cette énergie, Carl Lewis est capable de la libérer beaucoup plus rapidement, il accélère plus vite : il est plus puissant.

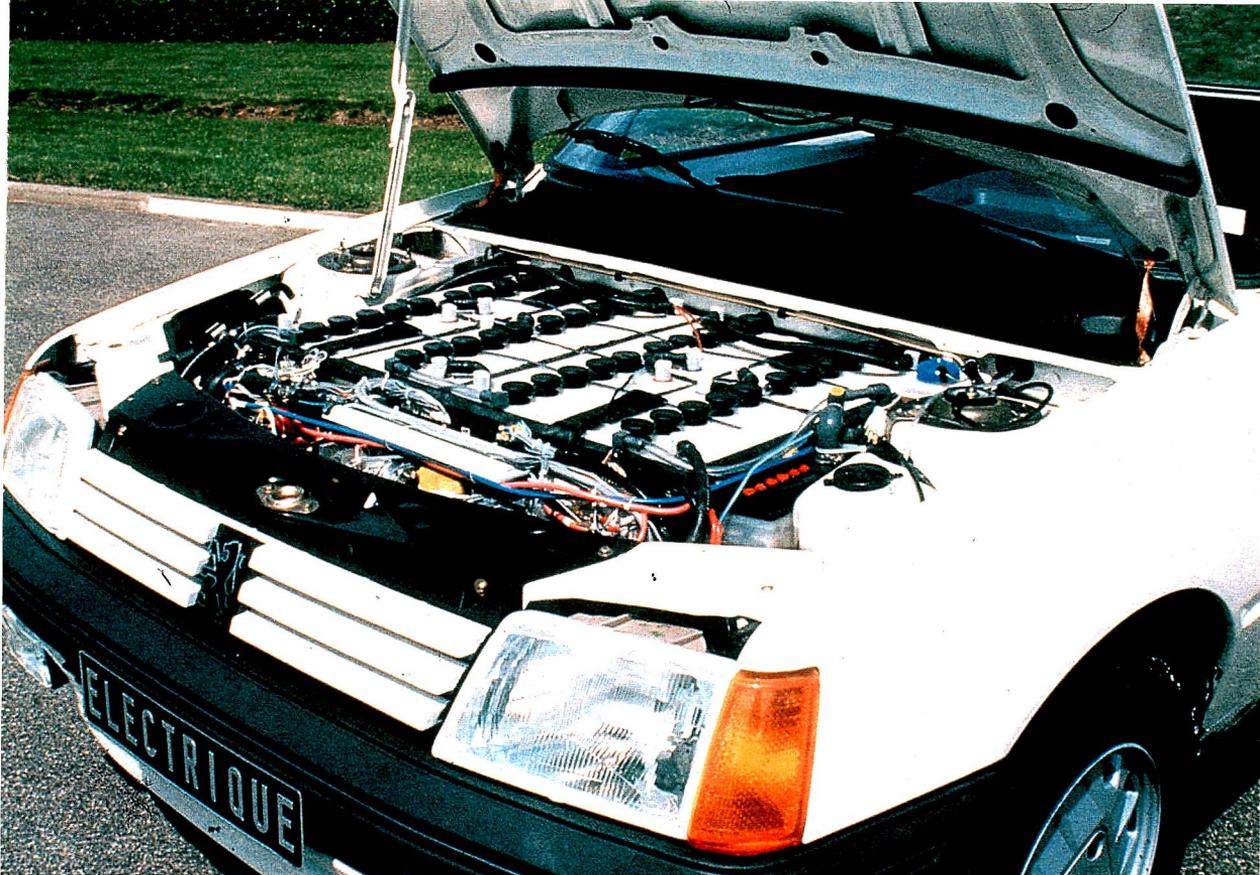
Ainsi, pour les batteries destinées à la traction automobile, on pourrait embarquer dans 150 kg de batteries sodium-soufre la même énergie que dans

Le moteur électrique auxiliaire de l'Audi

Duo pèse 60 kg, il est logé dans le tunnel de transmission mais il ne développe que 12 ch et ne propulse la voiture qu'à 50 km/h.



PAR LUC AUGIER



500 kg de batteries au plomb mais ces batteries sodium-soufre ne développeraient que 6 kW de puissance, bien trop peu pour propulser une voiture : le moteur d'une Fiat Panda bas de gamme développe déjà 25 kW, quatre fois plus.

Pour diminuer les coûts, il faut une durée de vie élevée (possibilité de nombreux cycles charge/décharge) et un entretien faible, voire nul. Là encore, le critère est important : Renault, qui poursuit depuis quatre ans une expérience à Châtellerault avec des utilitaires Master, avait essayé en site des batteries nickel-fer, qui semblaient prometteuses en laboratoire. La tentative fut décevante : elles perdaient 20 litres d'eau par 100 km et la maintenance était trop délicate.

Les réalisations actuelles s'en remettent donc à deux types de batteries, que l'on sait faire étanches et sans entretien : la batterie au plomb (avec électrolyte gélifié) et la batterie nickel-cadmium.

Pour des performances identiques sur un même véhicule, la seconde est presque deux fois plus légère, présente une autonomie de 50 % supérieure à poids égal, mais

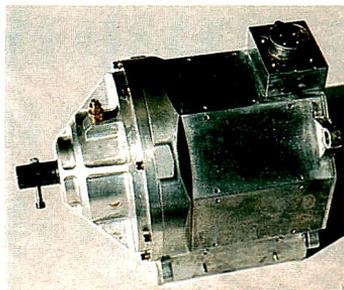
elle est aussi... sept fois plus chère. Il convient donc de choisir sa batterie en fonction des besoins : si l'autonomie n'est pas un critère essentiel, mieux vaut se contenter de plomb.

Le prix de revient n'était pas une contrainte pour General Motors, qui a opté pour le prototype à part entière. Son seul nom, "Impact", traduit la démarche : il fallait frapper l'imagination par les performances. Deux moteurs électriques entraînent chacun une roue avant, ils développent 114 chevaux en tout et permettent à la voiture d'atteindre 160 km/h en vitesse de pointe et d'accélérer de 0 à 100 km/h en 8 s. L'autonomie n'est toutefois que de 180 km à

Prouesse sur la 205. Les 282 kg de batteries nickel-cadmium et le moteur à courant continu ont été logés dans le compartiment mécanique conventionnel de la voiture, sans pénaliser le volume habitable.



Sans souci de prix, General Motors a doté son Impact de performances spectaculaires. Il y a un moteur dans chaque roue avant. Elle peut rouler à 160 km/h en pointe et parcourir 180 km avec une vitesse de croisière de 80 km/h.



une vitesse de croisière de 80 km/h. L'ensemble ne pèse que 1 100 kg malgré ses 400 kg de batteries grâce à l'emploi intensif de matériaux exotiques pour la structure : métaux légers et fibre de carbone. Des procédés onéreux, donc inenvisageables pour une production en série.

La démarche de Peugeot-Citroën et de VW-Audi est diamétralement opposée. Ils ont voulu, d'emblée, contenir les coûts dans des limites raisonnables. Comme il était illusoire d'y parvenir par l'effet de production de masse, l'avenir de la voiture électrique est beaucoup trop restreint, ils se sont écartés le moins possible de modèles existants afin de bénéficier au mieux d'une industrialisation amortie, se contentant donc d'adaptations de modèles à énergie classique.

Peugeot a ainsi été en mesure d'inscrire déjà à son catalogue des fourgons J5 (ou Citroën C 25) dont les batteries, logées sous le plancher, pèsent 2 400 kg en ordre de marche et offrent une charge utile de 800 kg. Ils peuvent rouler à 90 km/h maximum et sont dotés d'une autonomie urbaine de 75 km. La recharge nécessite de 5 à 6 heures et Peugeot estime le coût énergétique de 10 à 40 centimes par kilomètre suivant le tarif EDF pratiqué. Toutefois, au bout de 400 recharges (38 000 km), il faut remplacer le bloc-batteries qui coûte... 30 000F ! On s'aperçoit d'ailleurs à l'expérience que la durée de vie est sensiblement prolongée si l'on procède par compléments de charge aussi fréquemment que possible (biberonnage) plutôt que par cycles complets en bout d'autonomie.

Une Peugeot 205 "société" est prête : le prototype peut rouler à 100 km/h, parcourir 115 km à mi-charge et pèse 1 056 kg dont 282 kg de batteries nickel-cadmium (qui seront remplacées par des batteries au plomb en série) rechargeables en 8 ou 10 heures. L'avenir de tels véhicules ne peut être

assuré que par les besoins spécifiques de flottes, et il passe inéluctablement par des incitations fiscales à définir.

De surcroît, la voiture électrique, sous cette forme, est confinée à l'espace urbain. Une forme d'usage d'ailleurs tout indiquée puisque la batterie peut à l'inverse être rechargée par le moteur quand il est "poussé" par la voiture, en décélérations. On estime ainsi à 20 % l'énergie récupérée en ville à l'occasion des freinages, ce qui allonge d'autant l'autonomie : contrairement au moteur thermique, le moteur électrique est moins vorace en ville qu'à vitesse stabilisée sur route.

Pour la route, il faut s'en remettre à un autre type de générateur électrique : une petite turbine polycarburant entraînant un alternateur. Le courant produit passerait par des batteries tampon puis alimenterait un, deux ou quatre moteurs électriques. Sur route, le turbo-alternateur alimenterait directement les moteurs électriques et, en ville, sur une autonomie de 20 km environ, la turbine pourrait être coupée pour passer au tout-électrique avant de la remettre en marche pour recharger les accus. Dans le cadre d'un accord qu'ils ont passé avec le gouvernement, Renault et Peugeot vont ainsi développer, dans les cinq ans qui viennent, des prototypes de grandes routières (R 25, XM ou 605) en collaboration avec des spécialistes européens de turbines, MKD et Microturbo.

C'est une solution intermédiaire que propose dès maintenant VW-Audi, en se servant de la base de l'Audi 100 Quattro. Baptisée Duo, cette voiture conserve un moteur à essence (en l'occurrence 5 cylindres de 2,3 litres et 136 ch) pour entraîner les roues avant et assurer l'usage routier. Mais les roues arrière sont entraînées par un moteur électrique de 12,6 chevaux, pesant 60 kg, logé dans le tunnel de transmission. Ce moteur est alimenté par un bloc de batteries nickel-cadmium de 181 kg qui prend place dans le compartiment réservé à la roue de secours, cette dernière "émigrant" dans le coffre. Audi revendique une durée de vie de la batterie de 10 ans. En ville, la Duo peut fonctionner en traction électrique pure à 50 km/h maximum et accélère de 0 à 30 km/h en 8 s malgré son poids total de 1 740 kg. La recharge de la batterie ne prend que 45 min et elle est automatique quand la voiture fonctionne en traction à essence. Hélas ! le supplément de prix est estimé à 25 000 DM (85 000 F) dont la moitié pour les seules batteries, et, en traction électrique pure, l'autonomie n'est que d'une heure à 30 km/h.

Luc Augier

LE PROGRAMME ANTI-POLLUTION BUSH

Les travaux sur la voiture électrique et les carburants de substitution prennent aujourd'hui une nouvelle vigueur sous l'impulsion du Clean Air Act lancé par George Bush en juin dernier. D'ici à la fin de la décennie :

- les émissions d'oxydes de soufre et d'oxydes d'azote doivent être divisées par deux pour combattre les ravages des pluies acides ;
- les émissions d'hydrocarbures imbrûlés et d'oxyde de carbone doivent être réduites pour diminuer la production d'ozone en agglomération urbaine au niveau du sol ;
- les rejets de benzène, de toluène et de particules (fragments solides) de

carbone doivent être bannis. On s'achemine donc vers des essences moins volatiles, moins riches en benzène et en toluène, vers des carburants de substitution utilisés seuls (gaz naturel) ou en additifs (méthanol, éthanol) et vers des gazoles mieux définis, ne contenant plus de soufre, ce qui permettrait d'équiper les moteurs Diesel de catalyseurs d'oxydation.

L'hydrogène serait naturellement le carburant idéal (il ne produit que de la vapeur d'eau) si on savait le stocker à bord des véhicules.

L'Europe et le Japon se sont déjà raliés aux normes américaines en matière d'antipollution.

DE MOINS EN MOINS D'EAU POUR L'AGRICULTURE

Une petite fraction de terres irriguées, le sixième des surfaces agricoles, fournit le tiers des récoltes mondiales. Mais, depuis 1978, la croissance des surfaces irriguées par l'homme se ralentit. L'eau est devenue une ressource rare et chère qui n'est pas payée à son juste prix.

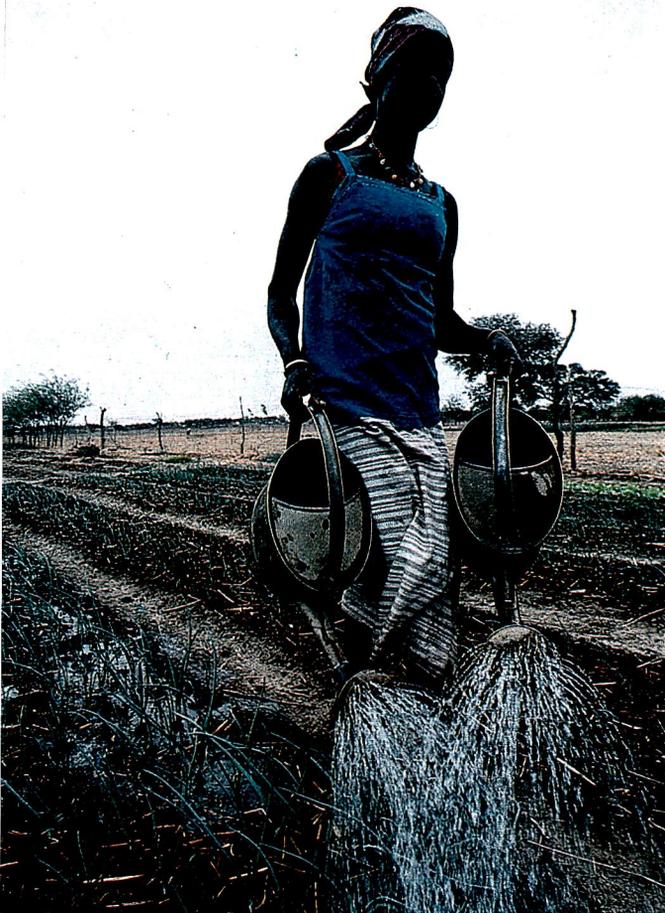
A plus ou moins long terme, l'agriculture mondiale risque de manquer d'eau, donc de ne pas bien satisfaire les besoins alimentaires croissants de l'humanité, estime le Worldwatch Institute dans une étude récente.

D'abord les surfaces agricoles irriguées dans le monde n'augmentent pas assez vite. Alors que leur croissance variait de 2 à 4 % par an entre 1960 et 1979, elle est tombée ensuite à 1 %. C'est préoccupant, car dans la plupart des régions à climat tropical ou méditerranéen, où les pluies sont insuffisantes ou mal réparties dans le temps, régions qui sont souvent les plus peuplées, l'agriculture dépend absolument du recours à l'irrigation. Ce phénomène se complique du fait qu'au cours de la dernière décennie la baisse du prix des denrées agricoles sur les marchés mondiaux et l'augmentation du coût de l'énergie ont beaucoup réduit le revenu des agriculteurs et donc leur capacité d'investissement.

Le Worldwatch Institute constate que, parallèlement, les crédits accordés par les grands organismes prêteurs, comme la Banque mondiale, en faveur de l'irrigation ont chuté de 60 % entre 1977 et 1987 dans plus de 23 pays du Moyen-Orient, d'Asie et d'Afrique du Nord. Pis encore, dans des pays comme l'Inde, le coût des aménagements hydrauliques (barrages, réservoirs, canaux d'aménée d'eau, etc.) a plus que doublé en trente ans. Enfin, le service de la dette extérieure grève le budget de nombreux Etats. Puis l'eau se raréfie dans certaines régions du monde à cause de pompages excessifs dans les nappes souterraines pour les besoins des cultures, notamment en Inde, en Chine et aux Etats-Unis. Les villes risquent à leur tour de manquer d'eau potable. Or, elles sont prioritaires.

Les risques de réchauffement de la planète liés à l'effet de serre pourraient, toujours d'après le Worldwatch Institute, bouleverser complètement les stratégies d'approvisionnement en eau. Selon certains modèles, l'accroissement des températures serait plus élevé vers les pôles que sous les tropiques. Et les pluies augmenteraient dans certaines zones, alors qu'elles décroîtraient dans d'autres. Des chercheurs de l'université de l'Utah ont montré que, dans l'ouest des Etats-Unis, une hausse moyenne des températures de 3 °C entraînerait un accroissement des besoins en eau pour l'irrigation de 7 %, même si les pluies augmentent de 10 %. En revanche, si le volume des pluies chutait de 10 %, pour un même réchauffement, l'augmentation des besoins en eau pour l'irrigation serait de 26 % !

Certaines méthodes d'irrigation aggravent la situation, par exemple quand elles entraînent l'assèchement de lacs et de mers intérieures (la superficie de la mer d'Aral en URSS s'est réduite de 60 % depuis 1960 !) ou la salinisation des sols. Ainsi dans les régions chaudes, l'évaporation rapide de l'eau d'arrosage à la surface des sols laisse des dépôts de sel (de l'ordre de plusieurs tonnes à l'hectare) qui font chuter les rendements et, dans les cas extrêmes, rendent les sols incultivables. En Asie, en URSS, au Moyen-Orient et aux Etats-Unis, 60 millions d'ha sont déjà touchés par ce phénomène, soit presque le quart des surfaces irriguées. La solution : apporter moins d'eau, c'est-à-dire, dans bien des cas, limiter le gaspillage (voir plus loin) et éviter d'irriguer aux heures les plus chaudes de la journée. Enfin, la construction des gigantesques barrages tels que ceux édifiés dans les années 60 et 70 est de plus en plus remise en cause dans de nombreux



pays. Les populations locales acceptent mal l'immersion de vastes étendues de terres pour des projets suspectés de ne bénéficier qu'à une minorité de privilégiés. Première mesure, réparer les équipements d'irrigation existants avant d'investir dans de nouveaux projets, qui, d'ailleurs, sont de plus en plus coûteux. Sur l'ensemble du globe, 60 % des surfaces agricoles irriguées (soit 150 millions d'ha sur 250 millions) ont des équipements qui nécessitent des réparations plus ou moins sérieuses. En Chine, 930 000 hectares ne sont plus irrigués depuis 1980, tandis qu'en URSS 2,9 millions d'ha ne le sont plus depuis 1971 — soit le quart des nouvelles superficies équipées en irrigation dans ce pays au cours de la même période — du fait d'installations défectueuses. En fait, dans de nombreux systèmes d'irrigation, moins de la moitié de l'eau provenant des réservoirs bénéficie réellement aux productions agricoles : une part importante suinte à travers les canaux de distribution quand ceux-ci, par manque d'entretien, se bouchent ou se rompent. Ces installations usées sont alors nettement moins rentables que prévu. Outre leur responsabilité dans la salinisation des sols, les apports d'eau irréguliers entraînent d'énormes pertes par ruissellement ou lessivage à travers les sols. Et c'est ce qui advient souvent, parce qu'on délivre l'eau selon un calendrier fixe, qui

ne correspond pas nécessairement aux besoins des cultures.

Pour arrêter ce gaspillage et mieux gérer l'irrigation, le Worldwatch Institute propose d'augmenter le prix de l'eau, généralement sous-payée, afin de dégager des fonds pour mieux entretenir les infrastructures et équipements d'irrigation. On a vu aux Etats-Unis, mais aussi aux Philippines, en Chine, en Corée du Sud, que lorsqu'on investit les agriculteurs de responsabilités, quand l'eau est plus chère, quand sa gestion est assurée par une association, ils se servent de méthodes économiques. Les techniques dites de *water harvesting*, qui consistent à réaliser de petits barrages à l'échelle de micro-régions, semblent également mieux à même de répondre aux besoins des populations que les grands ouvrages hydrauliques : coût moindre, meilleure répartition de l'eau entre utilisateurs et surtout meilleur contrôle de l'approvisionnement, donc moins de gaspillage. Autre recours : réutiliser les eaux usées urbaines, préalablement traitées. En Israël, par exemple, 35 % de ces eaux sont

ainsi recyclés et il est prévu de passer à 80 % d'ici à la fin des années 90.

Dans le domaine de la génétique botanique, il devient urgent de mettre au point des plantes génétiquement plus résistantes à la sécheresse et à la salinisation des sols. Il va de soi qu'en plus chaque pays doit adapter la croissance de sa population ainsi que ses activités, notamment agricoles, à des ressources en eau de plus en plus rares. Est-il par exemple raisonnable d'irriguer du foin, production à faible valeur ajoutée, dans l'Ouest américain, ou de cultiver du coton, culture très exigeante en eau, en plein désert, comme c'est le cas en URSS ? Et que dire de certains pays africains qui vont doubler leur population d'ici à une vingtaine d'années, alors qu'ils ne disposent déjà pas de ressources en eau suffisantes ?

« La question pour de nombreuses régions du monde n'est pas de savoir si la situation va devenir critique, mais à partir de quand elle le deviendra », conclut Sandra Postel, auteur de cette étude.

Marc Mennessier

A Paris, du 4 au 11 mars, se tiendra le Salon de l'agriculture, dont le thème sera : "Quelles leçons tirer de la sécheresse de 1989 ?". Le 8 mars, des tables rondes réuniront les chercheurs autour de "comment mieux adapter les systèmes de production agricoles au climat ?", "vers une meilleure utilisation de l'eau disponible" et "les nouvelles approches de l'irrigation".

LA GUERRE DES LESSIVES ARBITREE

Bravant l'adage qui veut qu'on ne lave le linge sale qu'en famille, une multinationale prend la France à témoin, à grand renfort d'affiches, que le phosphate des lessives n'est pas mauvais pour l'environnement. Cela parce qu'un concurrent, jouant sur la corde sensible de l'écologie, lancé des lessives "sans phosphates". Voici un premier arbitrage.



Surprise des Français, il y a quelques jours : 3 500 affiches de belles dimensions et une vaste campagne de publicité radio les informaient que ce sont les lessives sans phosphates qui tueraient les poissons. Exactement le contraire de ce qu'affirmaient les publicités vantant ces mêmes lessives. Particulièrement celles consacrées à la marque Le Chat, rachetée par le groupe allemand Henkel. Auteur de cette campagne coûteuse : Rhône-Poulenc. Le consommateur, lui, n'y comprenait plus rien.

Rhône-Poulenc ne fabrique pas de lessives, mais c'est le premier producteur français de phosphates (tout de suite après l'allemand Hoechst sur le plan européen). Et le débouché qu'offrent les lessives représente 180 000 t de phosphates par an sur les 200 000 que produit cette société, qui a les capacités pour en fabriquer 300 000 t. Chiffre d'affaires : 1 milliard de francs, c'est-à-dire 0,7 % de son chiffre global (avec une marge bénéficiaire de 0,3 %). Une brouille dans le capital de ce groupe de dimension internationale. L'enjeu de cette campagne publici-

taire valait-il la chandelle ? Mal perçue, en effet, celle-ci pourrait desservir un groupe qui veille beaucoup à son image de marque, allant jusqu'à consacrer 15 % de ses investissements à la protection de l'environnement. Mais le moment était quand même mal choisi, puisque le même groupe vient d'être condamné par la cour d'appel de Grenoble : son usine de St Fons, près de Lyon, a pollué fortement le Rhône en 1982 et une cinquantaine de tonnes de poissons s'y sont justement retrouvés le ventre en l'air. Même scénario, plus récemment sur l'Aurance, dans l'Allier, en aval de son usine de Commentry.

Les sondages d'opinion montrent que la moitié des ménagères françaises sont persuadées qu'il vaut mieux acheter des lessives sans phosphates, bien que celles-ci, pour le moment, ne représentent que 6 % du total, en ce qui concerne les lessives liquides, et 13 %, pour les lessives en poudre. Mais un gros effort publicitaire est en cours, pour décourager l'utilisation de lessives avec phosphates ; les lessiviers y ont consacré, en 1989, 200 millions de



8 060 F

dauphin

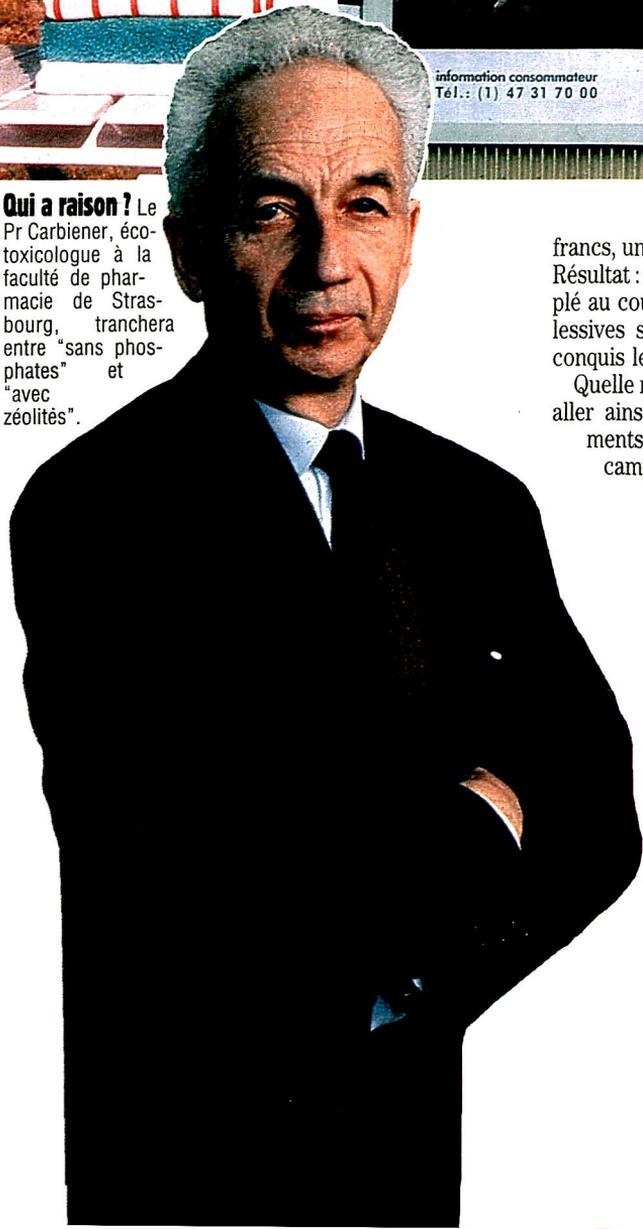
MEGA

Quels produits remplacent les phosphates dans les lessives ? Des produits qui menacent la vie aquatique.

information consommateur
Tél.: (1) 47 31 70 00

RP RHÔNE-POULENC

Qui a raison ? Le Pr Carbiener, écotoxicologue à la faculté de pharmacie de Strasbourg, tranchera entre "sans phosphates" et "avec zéolites".



francs, un tiers du budget de publicité des lessives. Résultat : les ventes des "sans phosphates" ont triplé au cours de l'année écoulée. En Allemagne, les lessives sans phosphates ont presque totalement conquis le marché.

Quelle mouche a donc piqué Rhône-Poulenc pour aller ainsi à contre-courant ? C'est sur des arguments scientifiques que cette société fonde sa campagne. Pour les comprendre, deux rappels : d'abord, les phosphates, plus exactement les tripolyphosphates, sont utilisés depuis une quarantaine d'années dans les lessives. Leur principale utilité est de fixer le calcium et le magnésium, ce qui évite les dépôts grisâtres sur le linge. Mais ce n'est pas tout. Si de nombreux fabricants les considèrent encore aujourd'hui comme irremplaçables, ce n'est pas uniquement pour leur rôle anticalcaire, mais à cause de leur pouvoir de synergie avec les composés tensio-actifs, dont la fonction est de diminuer la tension superficielle de l'eau, qui empêche l'imprégnation des tissus. Ce qui revient à dire que la combinaison "phosphates + tensio-actifs" offre une capacité détergente supérieure à la simple somme de leurs pouvoirs respectifs. Bref, la saleté s'en va plus facilement grâce à ce cocktail. La concentration en phosphates varie selon les produits,

mais représente généralement un peu moins du tiers de la composition.

Dérivés du phosphore, élément indispensable à la vie, ils ne présentent aucun caractère toxique. Mais, s'ils sont nécessaires à l'élaboration de la matière vivante, ils présentent également un inconvénient majeur. Ce sont des engrais. Pas de production agricole intensive aujourd'hui, sans les trois éléments : azote, acide phosphorique et potasse (NPK). Lorsque celui de ces éléments qui nous intéresse ici, l'acide phosphorique, se trouve en trop grande quantité dans un milieu quelconque, il déclenche un développement massif des végétaux, et notamment des algues, dans les lacs et les cours d'eau et parfois certaines eaux côtières, entraînant progressivement une asphyxie du milieu. C'est le phénomène bien connu d'"eutrophisation" (1).

Or, depuis une vingtaine d'années, la concentration en phosphates des lacs a été multipliée par un facteur compris entre 500 et 700, ce qui a totalement modifié leur équilibre. Là où, dans un litre d'eau, on observait, il y a encore 25 ans, 250 espèces d'algues différentes, qui s'en disputaient la matière nutritive et s'interdisaient mutuellement de pulluler, il n'en reste plus qu'une dizaine. C'est inquiétant, car le meilleur garant du bon équilibre d'un écosystème, c'est la diversité des espèces qui le composent. D'où l'idée qu'on ferait bien de réduire les rejets de phosphates dans l'environnement, et pour commencer, de supprimer les phosphates dans les lessives.

Qu'est-ce que Rhône-Poulenc avance pour défendre un point de vue contraire ? Quatre études américaines. La première porte sur 16 lacs et réservoirs de l'Indiana, Etat américain où les phosphates sont interdits dans les lessives depuis 1973. La deuxième sur 7 lacs du Wisconsin, la troisième sur 6 lacs du Minnesota et la dernière sur les eaux de la baie de Chesapeake où l'interdiction des phosphates est respectivement en vigueur depuis 1979, 1976 et 1985. Bilan : la qualité des eaux de ces lacs ne semble pas avoir été améliorée par la suppression des lessives aux phosphates.

Ce bilan, qui donnerait raison à Rhône-Poulenc, est à tempérer : d'abord, tous les scientifiques auteurs de ces études sont unanimes à dire qu'il faudrait un plus grand recul pour juger valablement de l'effet. Dans un lac, les quantités de phosphore qui se sont accumulées au cours des années, notamment dans les vases du fond qui servent de réservoirs, continueront à alimenter les eaux pendant des lustres !

Ensuite, et c'est crucial, des phosphates d'autres origines que ceux des lessives ont continué à être déversés dans toutes ces eaux. Chaque être humain rejette dans ses déjections de 1,5 à 2 g par jour de phosphore. A l'échelle de la France, cela représente 30 000 à 40 000 t. Quant aux animaux, ils sont encore plus "productifs" : environ dix fois plus. Il faut

encore y ajouter les engrais répandus sur les cultures. Les pertes en phosphore d'un champ d'un hectare s'évaluent de 0,5 à 2,5 kg par an. Mais tout ce phosphore ne rejoint pas nécessairement les eaux des lacs ou des rivières. Il peut être stocké dans le sol, réutilisé par les organismes non aquatiques, ou éliminé par des stations d'épuration. En gros, on estime que la moitié de ce qui parvient dans les eaux est d'origine domestique. Et, sur cette quantité — on y revient — 40 à 50 % sont dûs aux lessives. Bref, tous comptes faits, les lessives sont tout de même responsables de 20 à 25 % des apports en phosphore dans le milieu aquatique.

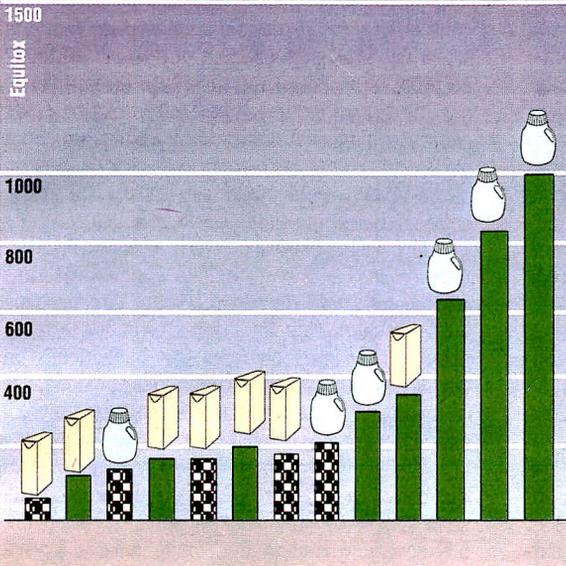
Si bien que supprimer les phosphates dans les lessives a bien permis de réduire un peu les doses acheminées vers les lacs américains. Mais pas suffisamment pour que les effets s'en fassent sentir. La démonstration de Rhône-Poulenc est insuffisante sur ce point.

A preuve, l'exemple suisse. Nos voisins ont, en effet, mené une expérience qui incite à la réflexion. Ils ont cherché à nettoyer le Lac Léman (86 000 km³ d'eau, le plus grand d'Europe occidentale), qui était en cours d'eutrophisation. Ils ont donc interdit les phosphates dans les lessives depuis le 1^{er} juillet 1986. Parallèlement, ils ont installé des unités de déphosphatation dans les stations d'épuration des eaux usées, ce qui permet d'éliminer 83 % du phosphore issu des rejets urbains, soit 516 t par an.

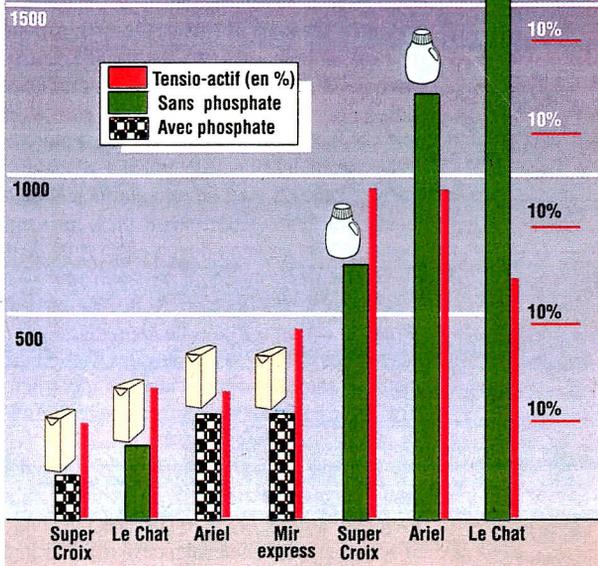
La Commission internationale pour la protection des eaux du Léman, organisme indépendant, qui s'est réunie à Gex dans l'Ain en octobre 1989, a dressé le bilan de ces actions. Les études des experts suisses et français prouvent que les teneurs en phosphore du lac continuent à diminuer. La concentration de cet élément était de 90 µg par litre d'eau, il y a une dizaine d'années. En 1988, elle n'était plus que de 62 µg. Soit une diminution de 31 %. Cela représentait encore une quantité de phosphore, répartie dans l'ensemble du Léman, évaluée à 5 290 t. C'est encore beaucoup trop et on est bien loin des 10 µg qui étaient la règle avant 1960. Mais on estime malgré tout que, depuis l'interdiction des phosphates dans les lessives suisses, les stations d'épuration helvétiques ont eu à traiter moitié moins de phosphore.

Répartie de Rhône-Poulenc : la diminution des phosphates jetés dans le Léman n'a pas empêché la prolifération des algues, signe flagrant d'eutrophisation. Les experts de la Commission internationale le reconnaissent ; mais l'objection de Rhône-Poulenc est à double tranchant, car la quantité de phosphore qui parvient dans le lac, notamment du côté des rives françaises, reste trop élevée pour que la prolifération des algues diminue. Il faudrait réduire les quantités de moitié pour arriver à un bon résultat ! Pourtant, les experts restent optimistes car, contrairement à ce qu'on observait dans les lacs

LES CHIFFRES DE RHÔNE-POULENC...



... ET CEUX D'HENKEL



A chacun sa vérité. Selon Rhône-Poulenc, les lessives sans phosphates sont plus toxiques que celles avec. A l'appui de cette thèse, les analyses commandées à l'Institut Pasteur de Lyon (à gauche). Non, réplique Henkel, qui commercialise la lessive Le Chat. Les analyses demandées à l'Institut Pasteur de Lille (à droite) prouvent qu'en réalité ce sont les lessives liquides qui sont le plus toxiques parce qu'elles contiennent plus de tensio-actifs (l'équitox est une unité qui traduit la toxicité).

américains cités par Rhône-Poulenc, de petits signes apparaissent, qui pourraient traduire une amélioration. Ainsi, François Rapin, secrétaire général de la Commission internationale, nous a expliqué que, pour la première fois, la formation d'algues, bien qu'encore importante, a accusé une baisse sensible en 1989. Autre signe : pour la première fois également, on a observé dans les eaux du lac des diatomées, algues siliceuses plutôt indicatrices d'un bon milieu, disparues depuis les années soixante. De plus, depuis deux ou trois ans, il n'y a pas eu d'explosion massive d'algues rouges. Ces algues microscopiques indésirables, appelées également "sang des Bourguignons" sont, elles, une vraie preuve d'un déséquilibre du milieu.

Nouvelle riposte de Rhône-Poulenc, qui pousse peut-être cette fois le bouchon un peu loin : il n'est même pas sûr que le phosphore soit responsable de l'eutrophisation. Ce groupe va jusqu'à dire que « les lessives sans phosphates accélèrent la croissance des algues ». Car telle est bien la conclusion tirée d'une étude commandée par Rhône-Poulenc au bureau d'études de l'environnement Beture-Setame, réalisée en collaboration avec la Fondation de l'eau, une association située à Limoges, qui effectue, sur demande, des travaux de recherche dans les domaines de l'eau et de l'assainissement.

Le principal responsable de ce rapport, Philippe Crouzet, s'était autrefois illustré au sein de l'Agence de bassin Loire-Bretagne, par le combat qu'il menait contre l'eutrophisation de la Loire ; il clamait alors

haut et fort, dans les colloques consacrés à la question, que c'était en réduisant les apports en phosphore qu'on maîtriserait l'eutrophisation. Qu'est-ce qui lui permet aujourd'hui d'affirmer le contraire ? Des observations réalisées sur des éprouvettes où il a reconstitué des eaux sales, en mélangeant eaux minérales, excréments, lessives et autres ingrédients et en ensemençant ces tubes avec une espèce d'algue donnée. Il précise d'ailleurs lui-même, à la fin de son rapport, mais Rhône-Poulenc n'en a pas tenu compte, que « ces conclusions doivent être maniées avec beaucoup de précautions. » Ce qui n'empêche pas Rhône-Poulenc d'écrire en gras sur ses brochures que « le phosphate n'est pas le facteur déclenchant de l'eutrophisation ».

D'autres chercheurs poussent les hauts cris. A commencer par Jean-Claude Lefeuvre, professeur au Muséum d'histoire naturelle et directeur du Laboratoire d'évolution des systèmes naturels et modifiés, à l'université de Rennes. « On sait depuis plus de 25 ans, à la lueur notamment de travaux canadiens, que l'élément déclencheur de l'eutrophisation en eau douce est, sans conteste, le phosphore, bien qu'il ne soit pas l'élément dominant. »

Il semble bien que, pour prouver l'inocuité de ses phosphates, Rhône-Poulenc cherche, à travers la littérature scientifique, tout ce qui peut accréditer sa thèse. C'est ainsi qu'il cite des études sur le lac de Tunis, lagune communiquant avec la mer, ainsi que sur des baies brésiliennes où il apparaît que l'eutrophisation a d'autres origines que les phos-

phates. Les conditions tout à fait particulières de ces sites, notamment les variations climatiques et la salinité de l'eau, ne devraient pas permettre de les prendre comme référence pour adopter une stratégie en France. De toutes façons, les études réalisées sur des milieux marins (et Rhône-Poulenc ne se prive pas de les citer), devraient être maniées avec précautions. En effet, le rôle du phosphore semble beaucoup moins déterminant dans les eaux marines que dans les eaux douces. A la suite de travaux de l'IFREMER sur le développement de marées (d'algues) vertes en baie de St Brieux (Côtes-du-Nord) et d'autres études de chercheurs italiens sur les marées (d'algues) brunes qui sévissent en Adriatique, il semblerait que l'élément déclencheur de l'eutrophisation en zone littorale soit plutôt le nitrate que le phosphate.

Ainsi, que peut-on déduire, pour le problème qui nous occupe, des travaux de Maurice Aubert, du Centre d'études et de recherches de biologie et d'océanographie médicale, basé à Villefranche-sur-Mer ? L'observation des tubes à essais contenant un mélange d'eau de mer, d'eaux d'égoût reconstituées et d'une des 14 lessives examinées, montre que parmi les lessives contenant des phosphates :

- 2 stimulent la croissance d'une espèce donnée d'algue ;
 - 4 inhibent la croissance.
- Parmi les lessives sans phosphates :
- 4 stimulent la croissance
 - 4 inhibent la croissance.

Cette différence est-elle réellement suffisante pour en déduire, comme le fait Rhône-Poulenc, commanditaire de l'étude, que les lessives sans phosphates entraînent une plus grande eutrophisation du milieu ?

Ayant voulu démontrer l'inocuité des phosphates dans les processus d'eutrophisation, Rhône-Poulenc s'est ensuite attaqué à la toxicité des lessives sans phosphates sur les animaux aquatiques.

Un rapport émanant également du CERBOM et daté de mars 1989, est particulièrement intéressant à cet égard. Etabli sous la direction de Maurice Aubert avec la collaboration de Guillemaut-Drai et Mathouret, il contient le résultat d'analyses réalisées avec, cette fois, 12 lessives et conduit à des conclusions étonnantes :

- Toutes les lessives sont toxiques, qu'elles soient liquides ou en poudre, avec ou sans phosphates, lorsque leur concentration atteint 250 mg/l (soit à forte dose).
- A faible teneur, elles sont peu ou pas toxiques et stimulent la croissance cellulaire (on revient à l'eutrophisation), qu'elles contiennent ou non des phosphates.

« On peut voir qu'il n'y a que peu de différences entre les formulations avec ou sans phosphates », conclut ce rapport.

Si nous nous sommes livrés à cet exercice, qui consiste à extraire certaines vérités de rapports scientifiques, c'est pour montrer que, s'il est facile de prouver un fait, il est aussi aisé de prouver le contraire. Tout est question d'interprétation et de choix des données publiées ! Et Rhône-Poulenc a dans cette affaire eu recours à des raccourcis un peu simplistes pour étayer ses thèses. Il a utilisé cette méthode pour minimiser le rôle des phosphates dans l'eutrophisation, et l'a réemployée pour prouver la plus grande toxicité des lessives sans phosphates (*voir dessin p. 105*). Cette pratique lui a d'ailleurs valu de sévères critiques. « Je ne peux pas admettre qu'à des fins médiatiques on dévoie des informations scientifiques et qu'on fasse un amalgame entre des données traitant de la toxicité directe et les conséquences réelles sur le fonctionnement des écosystèmes », s'exclame Jean-Claude Lefevre. La firme Henkel, qui commercialise la lessive Le Chat sans phosphates, est encore plus sévère : « La méthode retenue consiste à privilégier la citation partielle de résultats d'études, l'amalgame et la notoriété de la source par rapport aux faits ».

Pour prouver la plus grande toxicité des lessives sans phosphates, Rhône-Poulenc a également fait appel à l'Institut Pasteur de Lyon. Des poissons d'eau douce (*Brachydanio rerio*) et de minuscules crustacés, les daphnies, ont été condamnés à vivre (ou à mourir) dans des mélanges composés à partir de 19 lessives. Ce type d'expériences (dont la durée n'excède pas vingt-quatre heures) conduit à mesurer la toxicité aiguë. Conclusion de l'institut : les lessives sans phosphates, augmentent "sans exception" la toxicité aiguë. « Cette toxicité est, pour la daphnie, deux à dix fois supérieure pour les formules sans phosphates », conclut Thierry Meunier, chef du Service d'hygiène appliquée à l'homme et à l'environnement, de l'Institut Pasteur de Lyon. Et pan sur Le Chat !

Réponse du berger Henkel à la bergère Rhône-Poulenc : un recours à l'Institut Pasteur de Lille, cette fois-ci, pour effectuer le même type de tests sur poissons et daphnies. Surprise, si l'on peut dire : certaines lessives avec phosphates sont plus toxiques que d'autres sans. (*voir dessins p. 105*). Alors, qui croire ? Lyon ou Lille ?

Il eut mieux valu dire que la toxicité d'une lessive n'est pas directement liée aux phosphates, mais à la quantité plus ou moins grande d'autres composants, en particulier les tensio-actifs (savons, agents de lavage), dont la proportion est particulièrement importante dans les lessives liquides, avec ou sans phosphates. Car une lessive est un cocktail d'une quinzaine de composés, certains plus toxiques que d'autres.

Il eut également mieux valu dire que ce sont certaines lessives sans phosphates qui sont dange-

reuses. Supprimer les phosphates équivaut en effet à revoir la formulation d'une lessive. Pour remplacer le pouvoir "séquestrant" (ils piègent le calcium et le magnésium), on dispose désormais d'autres produits, qui permettent de réaliser des lessives inoffensives, bien que sans phosphates. Certains, issus de la pétrochimie, sont sûrement pires que le phosphate, mais d'autres, comme les zéolites, n'ont rien à se reprocher. Et il ne faudrait pas tenter d'amalgamer les deux dans un même anathème !

Les zéolites, par exemple, sont des métaux poreux qui existent à l'état naturel, mais qui sont généralement fabriqués à partir de composés comme le sable, l'alumine, la soude. Ces composés piègent bien le calcium tout comme les phosphates, mais en revanche, ne captent pas le magnésium. Mais en tout cas, il semble établi que les zéolites ne posent aucun problème pour l'environnement et n'ont aucun caractère toxique ! Or, c'est le produit choisi par Henkel pour la lessive Le Chat en poudre ! Et Rhône-Poulenc le sait bien, puisqu'il envisage d'augmenter sa propre production de zéolites, qui est actuellement de 25 000 tonnes par an. Il discute avec les Suédois, pour en devenir le second producteur après Henkel. Dans quelques années, Rhône-Poulenc financera-t-il une campagne contre les phosphates et en faveur des zéolites ?

En revanche, d'autres substituts possibles des phosphates, comme l'acide nitrilotriacétique (NTA) ou l'acide éthylènediaminetétra-acétique (EDTA) ne présentent pas les mêmes garanties que les zéolites. Le premier a été soupçonné d'être cancérigène. Il est toutefois assez bien dégradé biologiquement, du moins dans les eaux douces. La législation helvétique limite son emploi à 5 % du poids dans les lessives. Et les analyses effectuées dans le lac Léman ont montré qu'on ne le retrouvait plus qu'à l'état de traces dans ces eaux.

Et c'est là un point qu'on eût aimé voir préciser par Rhône-Poulenc : ces deux composés entrent également dans la fabrication de certaines lessives avec phosphates (mais le NTA n'est pas (encore) utilisé en France). Restera à mettre à l'épreuve ces deux substituts.

On en aura le cœur net quand le Pr Roland Carbiener, écotoxicologue à la faculté de pharmacie de Strasbourg, aura terminé l'étude sur les phosphates qu'il a entreprise à la demande du ministère de l'Environnement. En tout état de cause, Rhône-Poulenc sait bien que les lessives sans phosphates ont de l'avenir.

Par ailleurs, et là se situe le vrai débat, si l'on continue à utiliser des lessives aux phosphates, il faudra installer des unités de déphosphatation, soit uniquement dans les zones sensibles, soit à l'échelle du territoire. Ce qui conduirait à intensifier la construction de stations d'épuration en France, où 50 % seulement de la population est raccordée à un ré-

Eaux sous surveillance.

Des techniciens mesurent régulièrement l'état de santé des lacs et des rivières pour déceler d'éventuels signes d'eutrophisation.

seau de traitement d'eaux usées. Cette politique permettrait du même coup de supprimer tous les autres rejets de phosphates, soit 75 à 80 % des effluents. Comme les lessives avec phosphates coûteront donc plus cher à l'Etat, il faudrait que les responsables des rejets

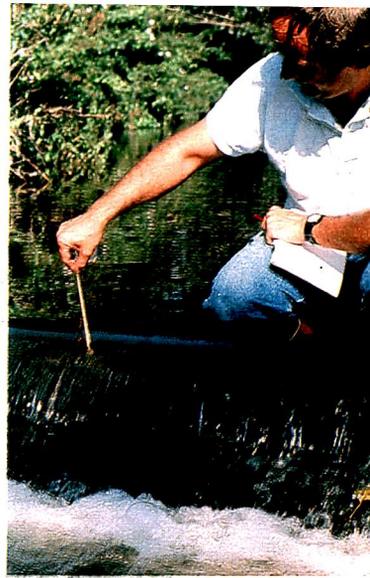
en phosphates, les collectivités elles-mêmes, industriels, agriculteurs et... lessiviers participent au financement de ces stations. Les lessives avec phosphates risquent donc, soit de coûter plus cher, soit d'être moins rentables. Les substituts des phosphates étant en revanche un peu plus chers, le bilan financier reste à faire. Si l'on choisit la solution qui consiste à installer des unités de déphosphatation, l'opération risque d'être juteuse pour Rhône-Poulenc. En effet, le groupe vient de s'associer avec une société suédoise, Kemira Kemi, spécialisée justement dans le traitement des eaux usées. La Suède est un exemple en matière de déphosphatation. La quasi-totalité de ses eaux résiduaires sont débarrassées des phosphates qu'elles contiennent avant d'être rejetées dans le milieu, et Kemira Kemi a largement contribué à la mise en place de ce réseau.

L'acharnement de Rhône-Poulenc à défendre les phosphates à tout prix, n'est-il pas étroitement lié à ce marché prometteur de la déphosphatation ?

Dans tous les cas, il faudra qu'à l'avenir le consommateur connaisse la composition des détergents. Le secrétariat d'Etat à l'Environnement a d'ailleurs signé, en décembre 1989, une convention avec l'Association des industries des savons et des détergents ; cette composition sera indiquée sur les emballages, pour 13 substances, avec des conseils pour limiter le gaspillage.

Jacqueline Denis-Lempereur

(1) L'eutrophisation ne traduit pas obligatoirement le seul effet d'une pollution par des éléments nutritifs — phosphates ou nitrates. Dans le cas des lacs, dont l'eau subit un renouvellement lent, l'eutrophisation est un phénomène naturel. Un lac évolue, et sa durée de vie est conditionnée par la mort et la putréfaction des animaux et des végétaux qu'il renferme dans ses eaux et ses sédiments. Il arrive un moment où la pourriture est plus forte que le développement de la vie et le lac se comble et s'assèche petit à petit. Mais cette évolution est, ou plutôt était, très lente et ne pouvait s'observer à l'échelle humaine.



LES BRACONNIERS DE L'ATLANTIQUE

L'immense plateau continental canadien est une "mine" de poissons et spécialement de morues. Cette mine qu'on a pu croire inépuisable est dangereusement surexploitée par les pêcheurs européens. Cela conduit les populations de poissons à recourir à des mécanismes de survie, qui seront peut-être insuffisants pour lutter contre le pillage intensif.

Depuis trois ans, les bateaux des pays membres de la Communauté économique européenne, ou CEE, ne respectent plus les quotas de pêche qui leur sont imposés. C'est ainsi que, selon les Canadiens, ils saccagent inconsidérément les réserves de poissons qui peuplent le plateau continental qui longe les côtes canadiennes.

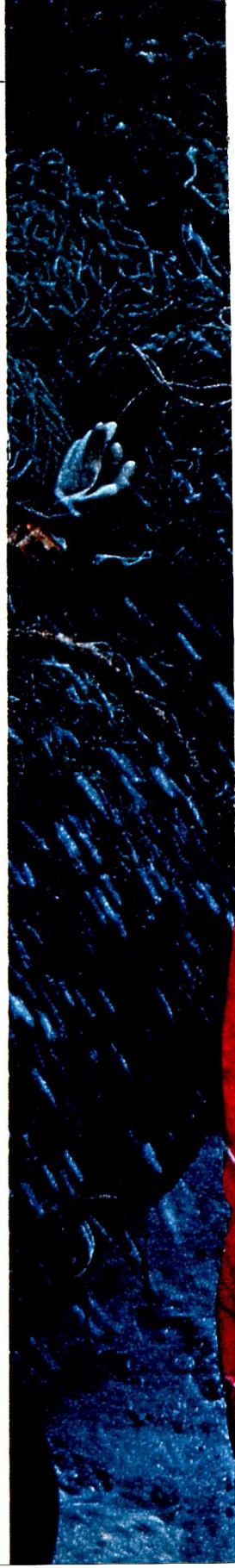
Ce plateau qui va du détroit d'Hudson, au nord, à la Nouvelle-Ecosse, au sud, en passant par Terre-Neuve, est peu profond (200 mètres), mais très large (200 kilomètres), et il foisonne en espèces marines de toutes sortes. C'est d'ailleurs le cas de tous les plateaux continentaux. Les deux tiers des espèces connues de poissons et la quasi-totalité de ceux qu'on mange y vivent.

Il est donc normal que les 12 pays (1) membres de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord viennent s'y approvisionner. Mais un peu moins normal, ne fût-ce qu'administrativement, que ces pays ne respectent pas les quotas de pêche imposés à chacun d'eux par cet organisme qu'ils ont eux-mêmes constitué.

L'OPANO travaille pourtant de manière tout à fait rationnelle, en s'efforçant à la fois d'être équitable et d'entretenir les populations de poissons. Elle a ainsi établi un quadrillage administratif de la région (*carte p110*), qui reflète les territoires des populations de poissons, morue, églefin, plie à queue jaune, sébaste.

Ce quadrillage est parfaitement compétent et tient ainsi compte du fait que, pour les poissons d'une même espèce, comme la morue (*Gadus morhua*), on localise une population qui vit aux abords du golfe du St-Laurent (zone 4 T) et une autre sur le banc de Terre-Neuve (zones 3 L, 3 O et 3 N). Il semble que les

(1) La Communauté européenne, le Canada, l'URSS, la Bulgarie, la RDA, la Pologne, la Roumanie, l'Islande, le Japon, la Norvège et le Danemark (au nom du Groenland et des îles Féroé).





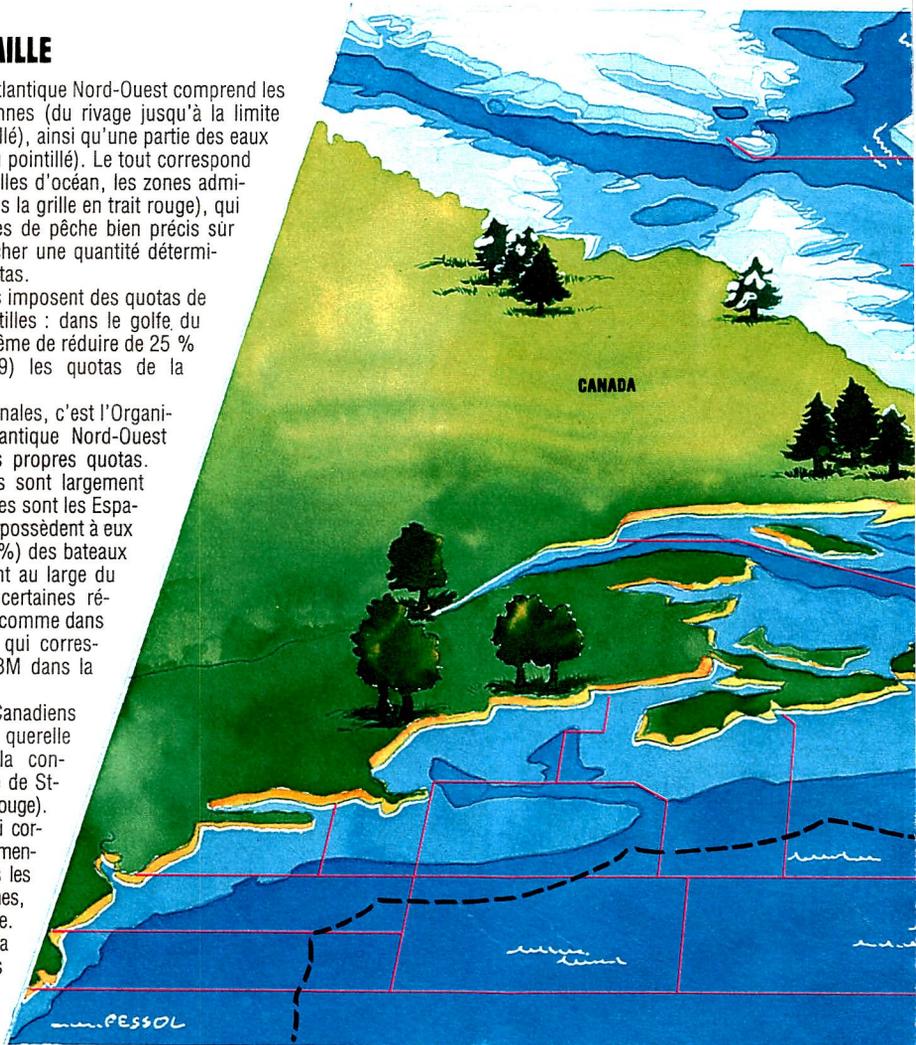
LE CHAMP DE BATAILLE

La zone de pêche de l'Atlantique Nord-Ouest comprend les eaux territoriales canadiennes (du rivage jusqu'à la limite des 200 milles, trait pointillé), ainsi qu'une partie des eaux internationales (au-delà du pointillé). Le tout correspond à un assemblage de parcelles d'océan, les zones administratives (comprises dans la grille en trait rouge), qui matérialisent des territoires de pêche bien précis sur lesquels on est censé pêcher une quantité déterminée de poissons : les quotas.

Chez eux, les Canadiens imposent des quotas de pêche sévères à leurs flottilles : dans le golfe du St-Laurent, ils viennent même de réduire de 25 % en deux ans (1988-1989) les quotas de la morue.

Dans les eaux internationales, c'est l'Organisation de pêche de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) qui a établi ses propres quotas. Mais depuis trois ans, ils sont largement transgressés. Les coupables sont les Espagnols et les Portugais, qui possèdent à eux seuls la quasi-totalité (91 %) des bateaux de la Communauté opérant au large du Canada. Résultat : dans certaines régions, la morue disparaît, comme dans la zone administrative 1, qui correspond à la dénomination 3M dans la grille OPANO.

Ce conflit opposant les Canadiens à la CEE succède à une querelle franco-canadienne pour la conquête de la zone de pêche de St-Pierre-et-Miquelon (flèche rouge). Cette zone de pêche (2, qui correspond à 3 Ps dans la nomenclature administrative), dans les eaux territoriales canadiennes, est revendiquée par la France. Un tribunal international va devoir établir d'ici à trois ans une délimitation précise entre les espaces maritimes du Canada et de la France.



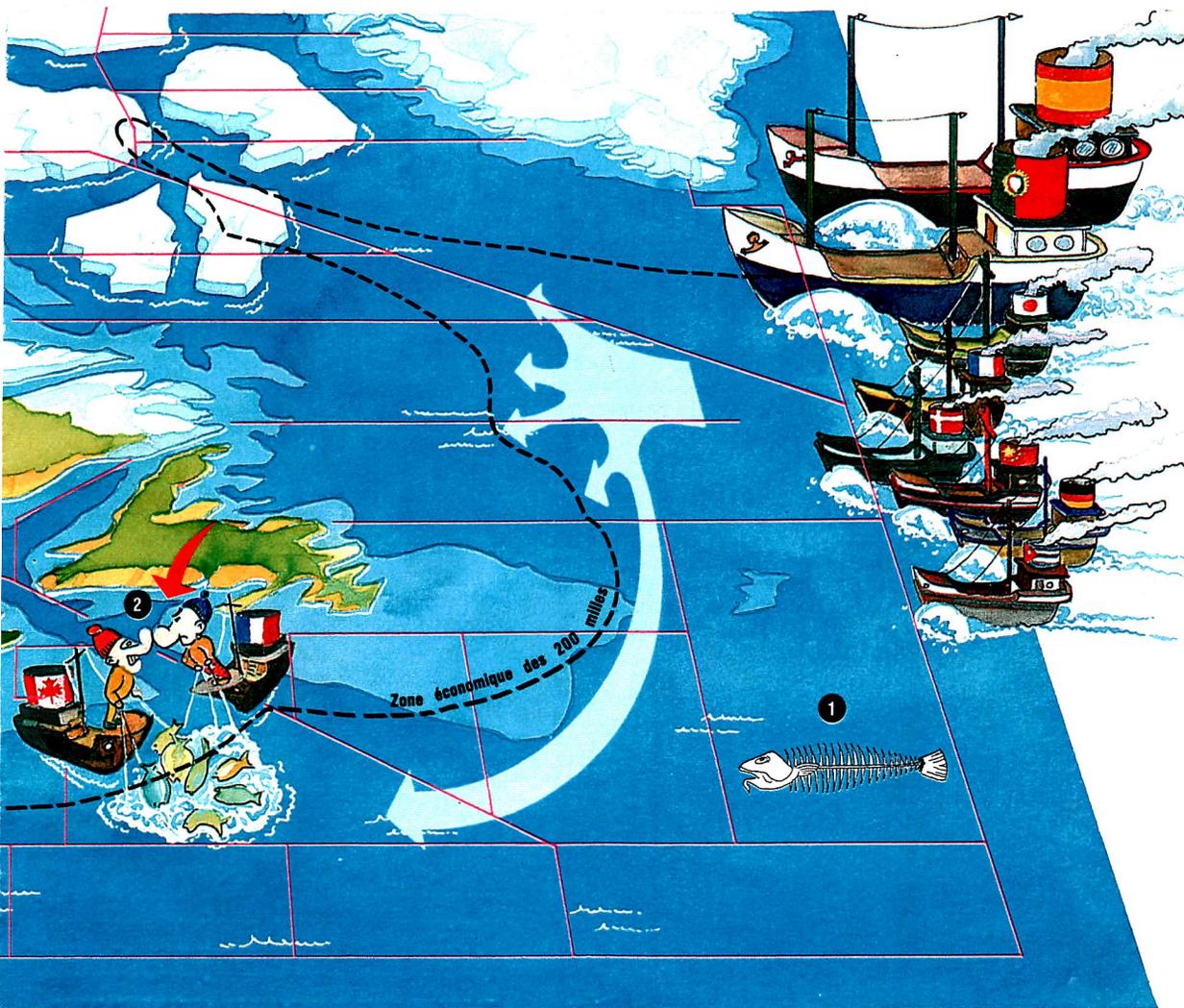
morues du golfe du St-Laurent, par exemple, ignorent totalement l'existence du Grand-Banc de Terre-Neuve et vice versa. Chaque population nage donc dans un périmètre d'océan bien défini qu'elle considère comme un domaine à la mesure de ses exigences. Les poissons y trouvent non seulement la nourriture (crustacés, mollusques et autres poissons), mais également des frayères, ou lieux de ponte. Le contingent de poissons d'une même espèce vivant dans chaque aire administrative est appelé un "stock". Le terme est l'unité de base prise en compte par les biologistes de l'OPANO (dynamiciens des populations) pour calculer les quotas de pêche acceptables dans chaque zone. Le but du partage étant de pêcher le maximum de poissons sans compromettre la pérennité de l'espèce.

Mais comment évaluer le seuil de tolérance ? A partir de quelle quantité de poissons pêchés les jeunes générations de morues auront-elles le temps de

remplacer celles des adultes prises dans les filets ? Combien faut-il laisser de reproducteurs capables de pondre assez d'œufs pour donner, cinq ans plus tard, des morues adultes ?

Le moins qu'on puisse dire est que les avis des experts scientifiques, canadiens et européens, divergent profondément ! Ainsi, alors que l'OPANO attribue en 1986 un quota de pêche (toutes espèces confondues) de 24 571 tonnes à la CEE, cette dernière en prélève sept fois plus, soit 172 000. Le même scénario se reproduit régulièrement depuis trois ans et inquiète les Canadiens : ils estiment que le stock de morues du banc de Terre-Neuve a diminué de 33 % en deux ans. Si la CEE continue à piller impunément la mer, on se dirige irrémédiablement vers une catastrophe écologique. « C'est faux ! », répliquent les Européens.

Le débat porte sur un calcul mathématique qui aboutit à une valeur (F 0,1) calculée par l'OPANO, fixant la quantité maximale que l'on peut pêcher (le

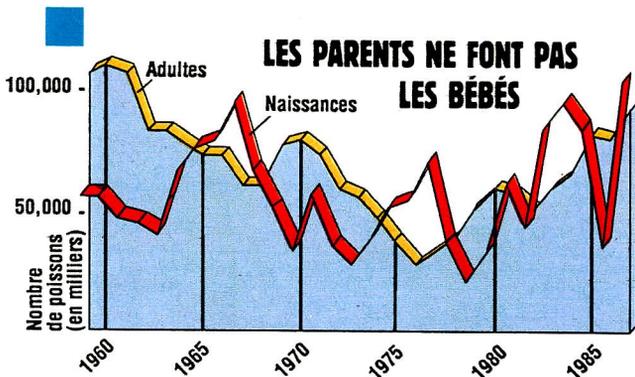


tonnage des prises admissibles ou TPA) durant une saison de pêche. Et cela sans compromettre le cycle naturel de régénération de la population de poissons vivant dans le secteur administratif (*graphique p. 112*). L'établissement de cette valeur correspond, dans le cas des morues, à un prélèvement annuel de 20% du stock de poissons initial tout en tenant compte de la mortalité naturelle, qui est à peu près du même ordre. Les Européens, eux, estiment qu'on peut pêcher jusqu'à 30% de ce stock sans aucun danger. Ce qui leur permet de définir une nouvelle valeur F_{max} , fixant ainsi des tonnages annuels plus élevés.

C'est pourquoi, au fur et à mesure qu'on ratisse la mer, la population de poissons diminue tout en rajeunissant. En effet, les adultes qui ont échappé aux filets meurent toujours de leur belle mort (au bout de sept ans) tandis que les autres du même âge finissent dans les congélateurs des chalutiers. Finalement, les

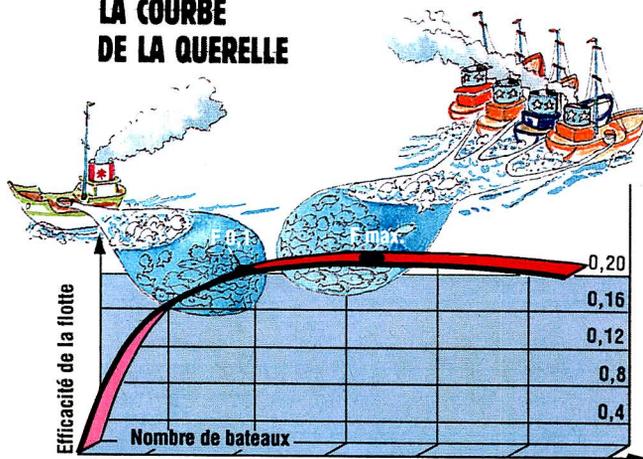
classes d'âge les plus vieilles disparaissent, ce qui fait dire aux Européens qu'ils évitent ainsi les pertes par mort naturelle. Un avantage, certes, mais obéré par des inconvénients économiques et écologiques inacceptables pour les Canadiens. Lorsqu'on pêche au rythme optimiste de la valeur F_{max} des Européens, les rendements de pêche sont diminués de moitié par rapport à ceux de $F_{0.1}$. En effet, pour pêcher un même tonnage il faudra prendre beaucoup plus de poissons, puisque, étant plus jeunes, ils sont moins gros. Cela monopolise une flotille de pêche plus importante et surtout équipée pour repérer les bancs de poissons. Ce n'est pas le cas de la flotte de pêche canadienne, mais plutôt de celle des Espagnols et des Portugais, qui sont les premiers visés par les accusations canadiennes, et pour cause : le dépassement des quotas, qui a débuté en 1986, correspond à la date d'entrée de ces deux pays dans la CEE.

Le second inconvénient est écologique. Plus on



Dans la zone de pêche au large de St-Pierre-et-Miquelon (dénommée 3 Ps dans le quadrillage administratif de l'Atlantique Nord-Ouest), les chercheurs d'IFREMER ont calculé sur trente ans l'évolution de la quantité de morues adultes (reproducteurs) ainsi que le nombre de naissances. Paradoxalement, il n'y a aucune relation de cause à effet entre les effectifs des deux. Dans les années 70, par exemple, le nombre de reproducteurs diminue, alors que celui des naissances augmente. De même, pour les années 60, malgré un nombre de parents élevé, les naissances étaient beaucoup moins nombreuses qu'au début des années 80, période durant laquelle les parents étaient pourtant peu nombreux. Il existe en effet des phénomènes biologiques compensatoires (accélération de la maturité sexuelle, notamment) qui maintiennent à un niveau à peu près stable la population globale. Encore faut-il ne pas dépasser certains seuils, en deçà desquels les déficits en géniteurs dépassent les capacités de compensation.

LA COURBE DE LA QUERELLE



Lorsqu'un stock de poissons — quantité de poissons évaluée en kilos vivant dans une zone donnée (voir dessin p. 110) — n'a jamais été exploité (le zéro de la courbe), les rendements de pêche sont très élevés : il suffit de très peu de bateaux pour pêcher une grande quantité de poissons. Mais plus on pêche (avec la même taille de maille de filet), plus la population de poissons adultes diminue et plus les individus deviennent jeunes, donc moins gros. Les Canadiens estiment que lorsque les rendements de pêche ont chuté à 10 % (ou $F_{0,1}$) de ce qu'ils étaient au début de l'exploitation de la zone, il faut arrêter de pêcher.

Les Européens pensent, au contraire, qu'on peut encore intensifier les cadences de pêche, jusqu'à une valeur F_{max} (au-delà de laquelle, même si on augmente le nombre de bateaux, on prend de moins en moins de poissons). Seulement, avec des populations ainsi amoindries, toute marée noire ou autre catastrophe écologique risquerait d'être fatale pour l'espèce.

augmente l'intensité de pêche (cas F_{max}), plus le nombre de poissons en âge de procréer diminue, puisque, on l'a vu plus haut, la population rajeunit. Pour les Canadiens, le danger écologique est évident : la diminution du nombre d'adultes met en péril l'espèce.

Mais cette conclusion est peut-être un peu hâtive. Car, chez les poissons, le nombre total d'individus atteignant l'âge adulte peut varier de un à dix, d'une année à l'autre, et de plus elle ne dépend pas du nombre de reproducteurs. En effet, malgré leur très grande fécondité (plusieurs centaines de milliers d'œufs pondus par chaque femelle), la reproduction des poissons est soumise à de nombreux aléas : 99 % des œufs meurent avant de se transformer en larves. De plus, la moindre variation des conditions environnementales peut augmenter ou diminuer le nombre théorique des naissances annuelles. De tout cela, on peut déduire que le nombre de reproducteurs n'est pas l'élément déterminant pour maintenir la population à un bon niveau.

En revanche, on peut craindre qu'une population extrêmement jeune qui contient réellement très peu de reproducteurs est exposée, les mauvaises années, à des risques de disparition de l'espèce. C'est, du moins, le danger écologique que dénoncent les Canadiens. Mais, là encore, d'après des études d'IFREMER, on constate que le nombre de reproducteurs n'aurait rien à voir avec la quantité des naissances (*graphique du haut*). Il existerait des mécanismes compensatoires naturels qui permettent d'augmenter le taux de survie des œufs ou des larves, afin de contrebalancer la faiblesse du nombre de parents. L'un d'entre eux, découvert récemment, est la capacité qu'ont certains poissons à atteindre leur maturité sexuelle plus rapidement si l'espèce est en danger. L'interprétation optimiste que voilà est confirmée par les recherches du Conseil international pour l'exploration de la mer (2) sur les populations de harengs de la mer du Nord. Les cadences de pêche ayant pourtant divisé par 40 le nombre de reproducteurs, on n'y constate toujours pas de modification du nombre de jeunes atteignant l'âge d'être pêchés. Tout cela peut inciter à se méfier des prévisions, qui dépendent de la dynamique des populations, branche de la biologie étudiant les causes de fluctuations d'une population animale.

Qu'est ce qui entraîne une augmentation des naissances ou une diminution de l'effectif ? Pour les populations de poissons, il est déjà très difficile de connaître le stock vivant dans une région de l'océan. En effet, il est clair que les poissons ne peuvent pas être dénombrés directement comme les arbres d'une forêt. De plus, lorsque des mesures restrictives touchent une espèce bien particulière, comme la morue, il est difficile de savoir si un chalutier pêchant à l'égléfin sur une zone donnée n'y prend pas "accidentelle-

(suite du texte page 164)

(2) Report of the Herring Assessment Working Group for the area south of 62° N - Cons — int- Explor- Mer — 1988.

ECHOS DE L'INDUSTRIE

SOUFFLERIES

Première "station-service" pour PME

Les systèmes de visualisation des écoulements d'air ne constituent certes pas une nouveauté. Il y a belle lurette qu'ils sont utilisés dans les souffleries par lesquelles passent, pour ultime mise au point, les maquettes et même les parties constitutives de toutes les réalisations industrielles ou architecturales de quelque importance. Cela va des automobiles, qui doivent sans cesse améliorer leur fameux "cx" (leur coefficient de pénétration dans l'air), au Grand-Louvre, à l'opéra de la Bastille ou au métro de Caracas — où l'air doit se diffuser selon une organisation extrêmement précise pour que toutes les parties du corps bénéficient du même confort thermique.

La tomographie laser est la dernière-née de ces technologies mises au point pour visualiser les écoulements d'air. Le CETIAT, le Centre technique des industries aérodynamiques et thermiques, l'a élaborée et la met en œuvre sur une plate-forme d'essais qu'il vient d'inaugurer à Orsay.

Son principe consiste à ensemençer l'air avec des particules, ce qui permet de voir son écoulement, par illumination au moyen d'un laser, et donc de diagnostiquer rapidement les défauts éventuels. L'expérience-essai est filmée en vidéo, ce qui donne une grande souplesse d'analyse (ralentis, arrêt

sur image...) et la cassette, remise à l'industriel, peut être étudiée en temps différé par l'ensemble des personnes concernées. C'est ce que le CETIAT appelle la tomographie qualitative. Mais lorsque cette analyse visuelle se révèle insuffisante, on peut l'affiner grâce à un logiciel de traitement numérique des images, capable de mesurer en vol la vitesse des particules. On détermine ainsi la vitesse de l'écoulement en chaque point de l'image. C'est la tomographie quantitative. Concrètement, l'équipe et le matériel du CETIAT peuvent ainsi aider les industriels en matière d'aérodynamique (véhicules terrestres et aériens); d'aérodynamique externe (diffusion d'air, confort thermique, salles blanches), d'aérodynamique interne (conduits, obstacles) et de problèmes de combustion (chaudières, brûleurs).

Derrière la performance technique, la grande originalité apportée

par le CETIAT — c'est une première mondiale — est d'ouvrir aux PME l'accès à la technique de la visualisation des écoulements d'air, jusqu'ici réservée à quelques laboratoires de recherche avancée.

La plate-forme d'essais d'Orsay est disponible rapidement: sous quelques semaines, voire sous quelques jours, car les problèmes de production sont toujours urgents. Ensuite, le coût de son utilisation est souple, la facturation des prestations dépend non seulement du problème posé mais aussi de la taille de l'entreprise. A titre purement informatif, une semaine de tomographie coûte environ 45 000 F HT — on peut même demander des essais qui ne durent que 24 heures. A noter un tarif privilégié pour les PME d'Ile-de-France, compte tenu de l'aide du Conseil régional. Pour tout renseignement: CETIAT, BP 73, 91402 Orsay Cedex, tél. (1) 69 41 18 64.

La créativité anglaise devant celle de la France

et de l'Espagne. Du moins en matière de publicité et si l'on en croit le dernier palmarès des trophées annuels de la Création publicitaire européenne. Sur 69 campagnes primées, la Grande-Bretagne remporte 30 récompenses, la France 11 et l'Espagne 8.





Prix, bourses et lauriers pour... les illettrés

L'Unesco définit l'illettrisme comme l'incapacité de lire ou d'écrire, en le comprenant, un exposé simple et bref de faits en rapport avec la vie quotidienne. On croyait ce fléau éradiqué. L'armée constate que non. Et personne n'est mieux placé qu'elle pour étudier l'évolution de ce phénomène en raison des tests de sélection précédant le service national qu'elle fait passer à la quasi-totalité de la population masculine. La situation est si grave, déclare son service d'information, que jusqu'ici « pendant son service, on pouvait apprendre à conduire ; désormais on peut aussi apprendre à lire ».

Les derniers tests de sélection, cette formidable source de statistiques grandeur nature, font ressortir que, sur 420 000 jeunes gens, on trouve 1 000 analphabètes, c'est-à-dire qui ne savent absolument pas lire ni écrire, etc... 30 000 illettrés, ce qui représente un pourcentage effrayant de plus de 7,1 %. La première moitié des illettrés a mal appris, la seconde a "désappris" pour diverses causes : environnement socio-familial, dyslexie, pratique insuffisante.

Si l'on s'intéresse non plus à ceux qui passent des tests de sélection, mais seulement au contingent annuellement présent sous les drapeaux, soit 250 000 hommes environ, on trouve encore 10 000 jeu-

nes illettrés ou "mal lettrés", 4 % des appelés ! Ces jeunes se trouvent principalement dans l'armée de terre, au sein des 260 formations (sur 540) les moins spécialisées. Mais il s'en trouve aussi dans la marine et dans l'armée de l'air.

Ces chiffres constituent une première surprise de taille. Une seconde est apportée par le fait que 50 % seulement des illettrés possèdent la motivation nécessaire pour une "remise à niveau" — et, même pour ceux qui l'ont, il convient d'intervenir avec le plus grand tact pour des raisons, compréhensibles, d'amour-propre. L'âge de 20 ans présente en la matière deux caractéristiques qui exigent d'agir : d'une part, les jeunes concernés ont peu, à ce stade de leur vie, mesuré l'ampleur de leur handicap, l'urgence sociale et l'utilité économique de l'alphabétisation ; d'autre part, ils ne sont pas encore fermés ; un programme de formation peut donc être dispensé avec efficacité.

Pour cela, l'armée utilise différentes procédures et méthodes tout à fait classiques mais aussi informatiques. Son principal handicap : le temps. En effet, compte tenu des nécessités opérationnelles ou liées à l'instruction militaire indispensable, du rythme des permissions ou des absences diverses et des besoins de détente, il ne reste, sur un an de service militaire

qu'une... centaine d'heures disponibles, que l'on ne peut encore consacrer qu'à 50 % à l'instruction, les 50 autres heures étant réservées aux loisirs.

Les armées réfléchissent actuellement aux moyens de mieux dépister les illettrés à l'occasion de la sélection — il y en aurait donc encore plus ! — et surtout, puisque là est le problème principal, de motiver les jeunes à recevoir durant leur service cette indispensable initiation de base qui leur ouvrira, à leur départ de l'armée, les portes de structures de formation pouvant prendre le relais : éducation nationale, formation professionnelle, organisations associatives.

Pour susciter cette motivation décidément bien rebelle, les armées envisagent de créer des prix qui récompenseraient les résultats obtenus par les élèves pendant le temps de leur service. Dans le même esprit, elles pensent attribuer des bourses aux plus méritants pour les aider et les encourager à poursuivre leurs efforts lorsqu'ils quittent l'armée.

Point important à souligner : les illettrés ne sont pas les seuls à rencontrer, du fait de leur handicap, des difficultés dans la vie quotidienne. En 1987-1988, un livret *Autonomie, Civisme et Solidarité* a été diffusé, à titre expérimental, dans dix formations des trois armées. Les analyses de la façon dont il a été accueilli et perçu ont clairement fait apparaître l'utilité de ce document développant l'autonomie de tous les jeunes face aux problèmes de la vie courante. Les différentes armées mettent donc définitivement au point ce document qui sera très largement diffusé auprès des appelés.

Quand le Français mange une poire, il consomme aussi une pêche, mais ne se laisse tenter que 0,4 fois par le raisin, 0,3 par la prune, 0,3 par la cerise et 0,3 par la fraise. Record toutes catégories : chaque fois que nous mangeons un fruit, il y a 5,4 chances sur 10 pour que ce soit une pomme.

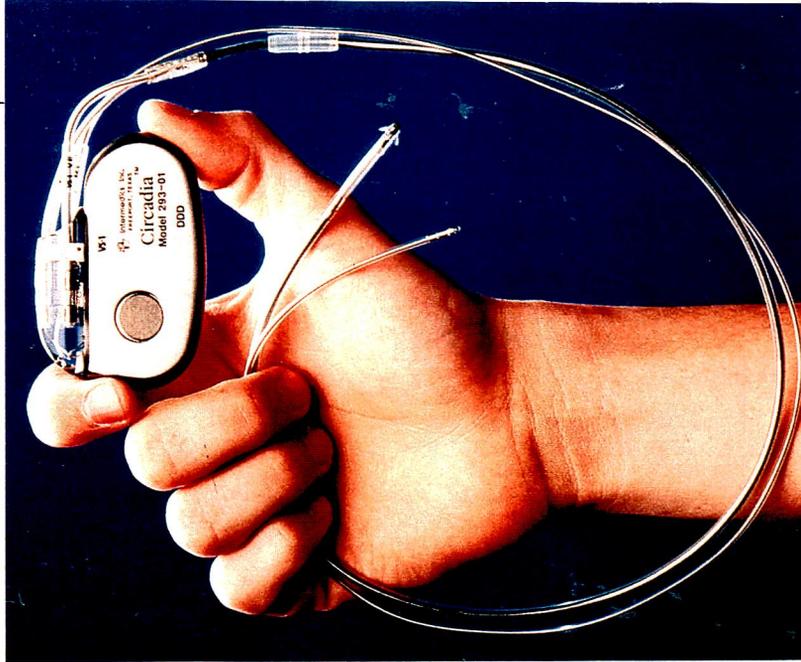




Stimulateurs cardiaques à vitesse variable

Les variations de température du sang veineux sont, instant par instant, le reflet immédiat et indiscutable de l'activité corporelle. Si l'on vient de gravir un escalier, à titre d'exemple, cette température peut monter d'un demi-degré Celsius. De même que, durant le sommeil, l'activité étant quasiment nulle, la température baissera et qu'elle montera à l'occasion d'un état fébrile. Il en va ainsi pour tout changement d'activité métabolique du corps.

Connaître cette information permet d'adapter en permanence la cadence des stimulateurs cardiaques à l'activité corporelle momentanée de ceux qui les portent. C'est ce que fait le Circadia, premier sti-



mulateur cardiaque thermosensible au monde à être équipé de deux canaux observant par un petit thermistor les variations de température du sang veineux, l'un dans l'oreillette, l'autre dans le ventricule, et transmettant au sti-

mulateur ces témoins d'activité qu'elles dénotent.

Deux implantations ont été effectuées en Grande-Bretagne; plusieurs mois après, les contrôles ont montré que les stimulateurs remplissaient parfaitement leur rôle.

Posologie par informatique



La pharmacocinétique, la connaissance du devenir des médicaments dans l'organisme, de leur fixation, de leur transformation et de leur élimination, constitue une donnée capitale pour soigner au mieux: avec des doses qui assurent le maximum d'efficacité sans être toxiques.

Les laboratoires pharmaceutiques en tiennent compte dans les posologies qu'ils préconisent, mais ce sont là prescriptions vagues à l'intention d'un Monsieur-tout-le-monde qui n'existe pas, alors que chaque malade, selon le métabolisme qui lui est propre, présente des réactions spécifiques à l'absorption de substances chimiques.

Certains services hospitaliers et laboratoires utilisent actuellement les données de la pharmacocinétique comme aide à la thérapeutique. Cela contraint les patients à subir des analyses de sang répétées, à plusieurs moments de la journée, pour mesurer le taux

d'absorption du ou des médicaments qui leur sont administrés.

Un "calvaire" qui peut demain disparaître grâce à un logiciel mis au point par l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) en liaison avec MIPPS, une jeune société d'informatique marseillaise.

Ce logiciel, APIS, en traitant les résultats d'un seul dosage est capable d'évaluer le comportement dans l'organisme d'un médicament donné pour un malade donné. APIS s'appuie sur un modèle mathématique du malade qui simule les principales fonctions de l'organisme humain. Il peut ainsi prédire le devenir d'un médicament, pris régulièrement ou irrégulièrement, et adapter la posologie pour les traitements chroniques, ou d'urgence, en évitant de multiplier les prélèvements sanguins qui peuvent être difficiles à effectuer, en pédiatrie par exemple, et sont toujours désagréables.

APIS fonctionne sur micro-ordinateurs compatibles IBM et est facile à utiliser par des non-informaticiens. Son coût, 13 960 F HT, fait qu'on pourra trouver prochainement APIS dans la plupart des laboratoires — s'ils le veulent bien. Pour tout renseignement: MIPPS, 3 résidence Michelet-Delattre, 13003 Marseille, tél. (16) 91 25 89 77.

Technique de conservation à long terme de l'essentiel des fonctions spécifiques du foie

sur des cultures de cellules humaines, mise au point par l'INSERM. On en attend une meilleure compréhension du fonctionnement et de la pathologie de cet organe clef. Et la possibilité d'évaluer la toxicité des médicaments; le foie, où ils sont métabolisés, étant leur cible privilégiée. Une société spéciale a été constituée pour assurer le développement de cette découverte qui intéresse vivement les laboratoires: Biopredic, Hôpital de Pontchaillou, 35033 Rennes Cedex, tél. (16) 99 54 37 37.

ENVIRONNEMENT

13 millions de F pour 894 kg de poussières

Une épaisse fumée chargée d'une fine poussière blanche de sulfate de soude, due à la combustion et au raffinage du bois blanchi au chlore, constitue l'une des principales atteintes à l'environnement dont sont responsables les papiers. Au point que cet environnement perd sa teinte naturelle.

Or, depuis quelques semaines, à Condat-le-Lardin, une petite agglomération sur la Vézère, entre Périgueux et Brive, pour tant siège d'une importante papeterie, la nature a retrouvé ses teintes originales.

Cette soudaine amélioration est due à la mise en place d'un gigantesque électrofiltre (*notre photo*) qui retient, chaque heure, 894 kg de poussières. Cette installation a coûté 13 millions de F. Son mécanisme ? Les fumées chargées sont propulsées par de puissants ventilateurs à l'intérieur d'une enceinte



métallique. Elles traversent des conduits revêtus de plaques métalliques et distants les uns des autres d'environ 300 mm. Devant chaque plaque est disposé un fil d'acier inox traversé par un courant électrique permanent. Plaques et fils constituent les deux électrodes de ce puissant électrofiltre. En passant entre elles, les molécules de poussières sont ionisées et elles viennent se déposer contre des plaques de captation d'une surface de 3105 m². Des marteaux métalli-

ques battent ces plaques de manière continue, les poussières tombent sur le fond du filtre, d'où un racleur les évacue vers la chaudière, où, maintenant parfaitement sèches, elles sont rebrûlées.

Tout le système fonctionne ainsi en circuit fermé avec le circuit d'injection de la chaudière. L'installation représente un poids de 180 tonnes, une surface au sol de 1 056 m² et une puissance installée de 18 kVA. Elle atteint un rendement d'épuration de 99,6 %.

ENERGIES NOUVELLES

Le solaire sous contrôle

Voici un appareil dont devrait être muni chaque vendeur d'installations solaires mais que l'on ne trouve malheureusement pour l'instant qu'en Grande-Bretagne.

Le Sunspot mesure en effet l'énergie solaire, directe comme réfléchie, reçue et pouvant être produite par tel ou tel générateur photovoltaïque en un endroit donné. Ce qui permet à l'acheteur de savoir précisément quelle énergie solaire il pourra récupérer réellement et de comparer les données recueillies aux facteurs de rendement fournis par les fabricants de matériels solaires. Donc de prendre une décision qui ne doive rien au hasard, à l'impulsion, ou au bagout d'un vendeur ; et éventuellement de modifier l'emplacement qu'il avait prévu pour son installa-

tion afin de rendre celle-ci plus productive.

Le Sunspot est constitué d'un ensemble de capteurs monocristallins, placés selon les mêmes angles que les installations solaires envisagées. Ces capteurs envoient en permanence leurs mesures vers un appareil électronique qui les analyse et les affiche, indiquant ainsi continuellement la quantité d'énergie disponible pour une surface donnée. Le dispositif peut fonctionner 2 000 heures sur 3 piles de 1,5 V et il ne craint ni les intempéries ni la corrosion.

A noter, si vos préférences vont à l'énergie éolienne, que la même firme a mis également au point un contrôleur de vitesse du vent, le Winlogger, qui permet d'évaluer

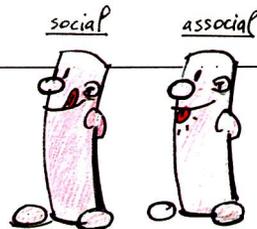
l'énergie produite par une turbine.

Pour tout renseignement : Northumbrian Energy Workshol Ltd, Wind Energy Works Acomb, Hexham, Northumberland, NE46 4SA, Grande-Bretagne.

Environ 70 millions de francs pour les toilettes de l'espace

qui équiperont la navette spatiale européenne Hermès. C'est le coût que prévoit l'entreprise autrichienne qui réalise l'installation sanitaire. Urines et selles doivent être recueillies séparément et les toilettes recevront également les restes alimentaires et les protections périodiques féminines. Le tout devra, bien sûr, être parfaitement inodore et facile à manœuvrer. Comparativement, les frais de développement de la cuisine sont modestes : environ 40 millions de francs.

Recrutés par ordinateur...



Connaissez-vous la SPAO, la Sélection de personnel assistée par ordinateur ? Sous ces termes bien ronflants et bien dans le vent, se cachent la plus grande stupidité et le plus bel attrape-gogos que nous ayons eu à connaître en matière de recrutement de personnel.

Nous avons pourtant déjà dénoncé les "gourous de l'embauche" (*Science & Vie* n° 860 de mai 1989 p. 121), astrologues, numéroteurs et autres morphopsychologues. Eh bien ! voici mieux, nous voulons dire plus lamentable. La société Conceptval fabrique et commercialise tranquillement des logiciels présentés comme d'aide au recrutement. Elle en a déjà sorti sept sous le label "Psychosoft" : graphologie, profil professionnel, présélection, morphologie, caractérologie, analyse synoptique des personnalités, étude des capacités et aptitudes professionnelles. On

croit rêver. Ce sont des programmes figés, les mêmes pour tous, qui tournent dans une machine (et on a vu sur quels thèmes ils sont "compétents" et selon quels critères ils jugent), qui diront si la forme de vos sourcils ou le caractère saccadé de votre écriture font de vous un candidat réellement compétent pour telle fonction dans telle entreprise ou s'il vaut mieux pour elle comme pour vous que vous alliez chercher ailleurs...

Mais le cauchemar n'est pas terminé. Conceptval annonce une « véritable révolution, une merveille qui a nom DRH Expert, leader de cette génération de logiciels de recrutement [qui] deviendra très vite votre partenaire indispensable, véritable innovation dans le domaine du recrutement et de la gestion des ressources humaines ».

De quoi s'agit-il ? De la synthèse en un seul programme, un peu hâti-

vement baptisé "expert", des logiciels unidisciplinaires que nous avons déjà vus, plus deux ou trois autres, comme l'évaluation du *curriculum vitae* ou de la compatibilité homme/homme et homme/entreprise... Et — il n'y a pas de raison de limiter son marché et ses ventes — Conceptval dit que DRH Expert (que de compétences !) permet également, au sein d'une entreprise, la gestion des ressources humaines : identification (?) du salarié, suivi de ses activités, connaissance de ses motivations, historique de son recrutement et de sa carrière (pour patrons amnésiques...), besoins en formation.

DRH pourrait ainsi engager, gérer (pourquoi un directeur du personnel ?) et licencier. Il n'y a décidément pas de limites à l'ineptie ni aux pratiques pour le moins douteuses auxquelles l'ordinateur peut servir d'alibi...

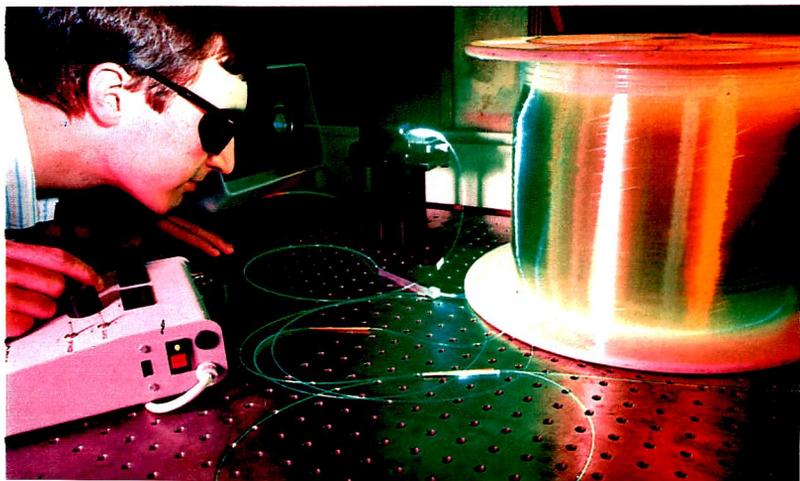
Des fibres dopées pour amplifier les signaux

Lauréat d'une bourse de recherche Pirelli et de la bourse internationale Marconi, prix du meilleur jeune chercheur de l'année 1989 en Grande-Bretagne, Richard Laming est un étudiant dont la talent de "trouveur" est déjà connu, reconnu et consacré. Tous ses lauriers, il les doit à sa participation très active à la mise au point, par le laboratoire fibres optiques de l'université de Southampton, d'une technique radicalement nouvelle de transmission de données par fibres optiques.

Dans les réseaux de télécommunication, cette transmission s'effectue sous la forme de courts signaux lumineux. Au fur et à mesure qu'ils se propagent le long de la fibre, ces signaux faiblissent, il est donc nécessaire de les réactiver, de les amplifier, environ tous les 50 km — 100 fois dans le cas d'un câble transatlantique. Jusqu'ici on utilise pour cela des disposi-

tifs électroniques. Plus fiable et moins onéreuse, la nouvelle technique les supprime pour les remplacer par des fibres analogues à celles qui sont utilisées pour les télécommunications, à ceci près qu'au cours de leur fabrication elles sont "dopées" par adjonction

d'erbium, un métal du groupe des terres rares. On dispose alors d'un amplificateur qui multiplie par 10 000 le signal lumineux qu'il reçoit. Ce que l'on voit sur **notre photo** où la lumière verte, amplifiée par ce dispositif, parvient à provoquer l'incandescence de la fibre.



DES MARCHES A SAISIR

Les innovations, les techniques et procédés nouveaux présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o Science & Vie, 5 rue de la Baume, 75008 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

TÉLÉPHONEZ À VOTRE SYSTÈME D'ALARME, IL VOUS DIRA COMMENT IL SE PORTE...

**Quoi**

Un dispositif simple qui permet, de n'importe quel point du monde, de simuler une intrusion dans une maison, un appartement, un bureau, protégé par un système d'alarme avec transmetteur téléphonique.

Un moyen de vérifier que l'ensemble fonctionne bien et que le local protégé n'a pas été cambriolé sans qu'on en ait été informé.

Comment

D'une part, les systèmes d'alarme se déclenchent trop souvent intempestivement — une fois, en la matière, c'est de trop et ceux qui sont reliés au téléphone transmettent de fausses alertes.

D'autre part, lorsqu'une alerte transmise par les systèmes n'a pas été réceptionnée, simplement parce que l'on n'était pas au bout du fil, elle passe inaperçue et l'on s'endort dans une quiétude trompeuse, rien ne permettant jusqu'ici de savoir si le lieu protégé demeure bien inviolé.

Ce sont ces deux raisons qui ont conduit l'inventeur à concevoir l'ATS 2000.

Il s'agit d'un bloc électronique multiprise auquel se trouvent reliés téléphone, alarme et appareils pilotés à distance. En activant ce bloc par un code téléphonique, il simule la présence humaine par la mise en route d'un appareil électrique : ventilateur, sèche-cheveux, lampe d'éclairage, etc., dont le fonctionnement excite le radar du système d'alarme, ce qui déclenche l'alerte et la transmission téléphonique. A ce moment, de deux choses l'une :

- ou l'intrusion simulée est bien perçue par l'alarme et elle fait l'objet d'une transmission téléphonique. C'est que tout va bien, le système marche et le lieu n'a pas été cambriolé — le premier soin des cambrioleurs étant de déconnecter les systèmes d'alerte ;
- ou cette intrusion n'est pas transmise et il est alors préférable de se rendre sur place dans les

meilleurs délais...

A noter qu'un autre code téléphonique permet de déconnecter provisoirement les sirènes et autres gyrophares afin de ne pas alerter inutilement les voisins ou les forces de police...

L'ATS 2000 se présente donc comme un complément fort utile et rassurant aux systèmes de protection qu'il ne remplace pas mais dont il surveille le bon fonctionnement.

Il a une fonction complémentaire, toujours avec des codes, il peut réamorcer un disjoncteur électrique déconnecté par un orage et télécommander la mise en marche ou l'arrêt de 4 appareils électriques ou électroniques.

Pour qui

L'invention est protégée par plusieurs brevets internationaux. L'inventeur, un indépendant, a trouvé un fabricant qui s'est fait une spécialité de travailler uniquement avec des inventeurs, mais n'a pas encore de réseaux spécialisés pour ce type de produit. Il cherche donc des distributeurs électroniques, en France et à l'étranger. L'ATS 2000 devrait prochainement être commercialisé au prix d'environ 2 500 F.

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.

Mettez un bio-indicateur dans votre autoclave

Une société de Göteborg, en Suède, a mis au point un indicateur biologique bien intéressant pour contrôler la stérilisation et la pasteurisation des produits fabriqués par les industries alimentaires et pharmaceutiques.

Il s'agit d'une petite sphère contenant un gel sur lequel ont été disposés des micro-organismes. Cette sphère est parfaitement stérile et hermétique, elle passe sans problèmes à l'autoclave et est dotée d'une résistance mécanique suffisante pour franchir toutes les épreuves de la fabrication et passer à travers toutes les machines, comme le reste de la production.

Elle est mélangée aux produits pharmaceutiques et alimentaires traités — et elle est exactement traitée comme eux. Après quoi on la récupère — aseptiquement... — et on cultive son contenu dans une solution nutritive. Si des micro-organismes ont survécu, le gel sur lequel ils étaient fixés se colore dans les vingt-quatre heures. Ce qui signifie, puisqu'ils sont restés en vie, que l'opération de stérilisation ou de pasteurisation n'a servi à rien et que tout est à recommencer.

La firme qui a mis cette méthode au point assure qu'il n'y a aucun risque de contamination et qu'elle est non seulement sûre, mais aussi rapide et peu coûteuse. Et n'importe qui peut en interpréter les résultats.

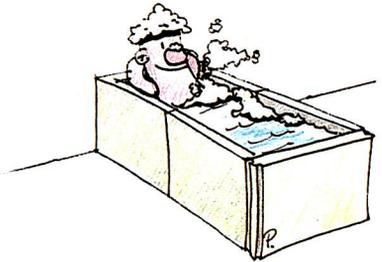
Imprimantes en flèche. Le marché européen des imprimantes, de 7,4 millions de dollars en 1988, a été estimé à 9 milliards en 1989. Même croissance du marché en "volume" : 4,8 millions de machines ont été vendues en 1988, et 5,5 millions en 1989. Les imprimantes laser et à jet d'encre, dont les rapports prix/performances s'améliorent de plus en plus, connaissent et connaîtront les progressions les plus rapides, pour représenter près de 40 % du marché.

Plâtre et eau : plus d'incompatibilité

Des carreaux de plâtre étanches, il en existait déjà. Notamment le PF3 Hydro, de Plâtres Lafarge, qui contient des adjuvants hydrofuges. Après une immersion de deux heures, il ne se "charge" en eau que de 5 % de son poids, contre plus de 50 % pour un carreau de plâtre standard. Conçu pour éviter la remontée capillaire d'humidité sans que l'on ait à prévoir de protection complémentaire, on peut donc l'utiliser pour le cloisonnement des caves, garages, sous-sols, dans tous les locaux susceptibles d'être exposés à l'eau.

Aujourd'hui, voici PF3 Hydro Plus, qui conserve ces mêmes caractéristiques, mais est doté d'une plus grande résistance mécanique et d'une plus grande dureté, grâce à quoi son comportement en présence d'eau est meilleur.

Concrètement, cela signifie — et c'est une première — que le carreau peut servir de support à des revêtements en faïence ou en céra-



mique et être utilisé dans les locaux humides et moites des bâtiments collectifs : salles d'eau, cuisines, vestiaires, douches, etc. Il faudra, malgré tout, utiliser des colles spécifiques agréées et garantissant la bonne tenue des faïences et céramiques. Pour les professionnels du plâtre, c'est la possibilité d'accéder à un marché dont ils étaient jusqu'à présent exclus.

Si vous êtes utilisateur, direct ou par professionnel interposé, vérifiez bien la couleur de ces carreaux : le PF3 Hydro est teinté de bleu, le PF3 Hydro Plus de vert. Exclusivement.

La sécurité en priorité

Avis aux industriels, selon une étude effectuée par la firme Intereconomy, le Français attend principalement de la domotique des produits et systèmes liés à sa protection. Les nouveaux produits et services qui veulent "marcher" commercialement peuvent, pour l'instant, oublier la notion de confort : sur ce plan, le consommateur s'estime satisfait et bien équipé en systèmes automatiques électroménagers.

D'après le sondage d'Intereconomy, plus d'une personne sur deux attend par contre des produits de télécommunications, peu onéreux et simples à installer, qui assurent sa protection, par exemple en matière de sécurité anti-sinistres ou d'alerte en cas de malaise. Un autre point intéressant

"épinglé" par cette étude est que, si l'on a jusqu'ici beaucoup entendu parler de domotique sans que cela se traduise par l'apparition d'un véritable marché grand public, c'est en grande partie à cause des industriels : le foisonnement des produits et systèmes domotiques, ou prétendus tels, déroute le consommateur potentiel. Rappelons que la domotique est fondée sur l'interconnexion dans l'habitat, partielle ou totale, de cinq fonctions : le confort, la sécurité, la protection, les télécommunications et les économies d'énergie.

Pour en savoir plus, les industriels peuvent se procurer cette étude auprès d'Intereconomy, 27 rue de la Rochefoucauld, 75009 Paris, tél. : (1) 40 16 07 28. ■

MUSIQUE DOUCE SUR DISQUE DUR

La gravure des disques se faisait traditionnellement à partir d'enregistrements sur bande magnétique. Avec les disques laser, la gravure est devenue "numérique" et les magnétophones multipistes ne sont plus adaptés. Ils pourraient être remplacés par des enregistreurs dotés de disques informatiques.

La différence fondamentale entre l'enregistrement traditionnel et l'enregistrement laser concerne toutes les phases techniques comprises entre l'arrivée du son sur le micro d'enregistrement et l'arrivée d'un "message" représentant ce son sur un haut-parleur. Tout ce qui est en amont ou en aval est identique dans les deux cas : c'est du son, c'est-à-dire une vibration de l'air produite par un moyen quelconque, reçue par la membrane du micro et restituée par la membrane du haut-parleur. C'est la chaîne intermédiaire qui va changer. Côté production, cette chaîne comporte l'enregistrement, le mixage et la gravure. Côté utilisation ou écoute, il s'agit des procédés de lecture par la platine et d'amplification par l'amplificateur.

Sur un disque traditionnel, de même que sur une cassette, la gravure est analogique. Elle est numérique sur un disque laser. La technique analogique consiste à transcrire sur un support (bande ou disque), en mode continu, les vibrations de l'air recueillies par le micro. Pour cela, la membrane du micro commande la "modulation" d'un courant électrique qui va reproduire la même modulation sur le support. Il peut s'agir d'une modulation de l'amplitude, de la phase ou de la fréquence du message sonore. Cette représentation continue du son sera lue par la tête de lecture et transmise aux dispositifs de reproduction du son : amplificateur et haut-parleur.

Dans la technique numérique, le son est étalonné (mesuré) selon une cadence régulière, de manière discontinue, plusieurs milliers de fois par seconde. La mesure est traduite en nombres binaires, d'où l'expression "numérique" ("digital" en anglais, de "digit", chiffre). Ces nombres, gravés au laser sur le disque, seront lus par la platine et transmis aux

dispositifs de reproduction du son.

Beaucoup plus fine et précise, la technique numérique et discontinue n'escamote pas les imperfections comme le faisait la technique analogique et continue. L'analogique "lissait" les aspérités, alors que le numérique binaire est une suite de pointes, de codes "un" ou "zéro", entre lesquels il n'y a pas de "un et demi" ni de "un trois quarts".

Les collages effectués sur la bande par l'ingénieur du son, lors du mixage, pour remédier à des imperfections musicales qui se sont produites au cours des enregistrements sont un type d'aspérité. Le numérique les supporte mal, car ils provoquent ce que les techniciens appellent le *drop out*, défaut de la bande durant quelques millièmes de seconde, l'adhésif utilisé en raccord formant sur-épaisseur. Le contact avec les têtes de lecture n'est pas absolument parfait et ces dernières perdent une partie de l'information. La bande présente un autre inconvénient. Les diverses pistes étant enregistrées parallèlement et la mécanique de guidage imparfaite, les pistes situées loin de l'axe central subissent les déformations du support (bande "gondolée").

Malgré ce défaut, tout se passait bien en analogique. L'ingénieur du son savait qu'il valait mieux disposer les canaux sonores importants au centre de la bande, moins déformé, et laisser les accompagnements sur les pistes latérales. En numérique, le *drop out* des bords de bande est impossible à corriger.

La bande magnétique, même codée en numérique, n'est donc pas le support idéal pour enregistrer des sons que l'on veut ensuite graver sur disque audionumérique (compact). Puisque, en numérique, l'information est traduite par des successions d'impulsions électriques (les 1 du codage binaire) ou

d'absences d'impulsion (les 0 de ce codage), pour quoi ne pas utiliser, dès la prise de son en numérique, des disques plutôt que des bandes ? Ce changement technique présenterait deux avantages.

- Etant donné la fiabilité de ces supports, les erreurs sont quasiment nulles. Plus de problème de *drop out*.

- Il n'y a plus à choisir entre les "bonnes" et les "mauvaises" pistes.

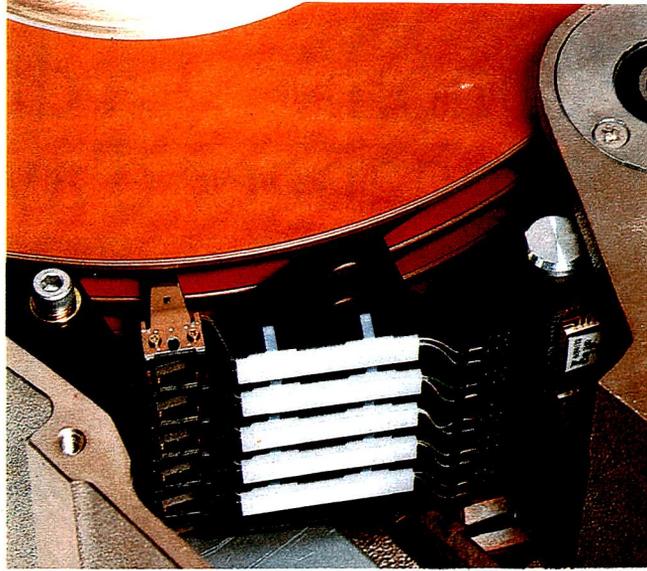
En abandonnant les bandes pour stocker les sons sur disque, on remplace ciseaux et collages par des manipulations sur un clavier, comme cela se fait déjà depuis longtemps en traitement de texte.

Deux problèmes sont à surmonter dans la technique du disque numérique : la régularité du débit des données et, surtout, le volume de données numériques à stocker. Une solution au second problème est apportée par le disque dur. On désigne sous ce terme un support de stockage de grande capacité sur ordinateur. L'adjectif "dur" le distingue des disquettes qui étaient autrefois "souples". Les nouvelles disquettes de 3,5 pouces sont maintenant rigides, mais le reste est resté. Il faudrait plutôt parler de disques inamovibles de grande capacité. Un tel support peut actuellement "mémoriser" quelque 300 mégaoctets (300 millions d'octets, c'est-à-dire de caractères ou de chiffres). Bien qu'il soit impressionnant, ce volume reste modeste pour de la musique : il ne permet d'enregistrer qu'un programme de quinze à quarante minutes. Cela tient à ce que le son représente autant de nombres à enregistrer que d'"étalonnages" du signal sonore, soit plusieurs milliers par seconde.

Notons la différence avec le texte : 300 millions de caractères permettent de stocker environ 150 000 pages dactylographiées, mais seulement quarante minutes de musique. Suffisante pour un ensemble de "tubes" de six minutes chacun, cette capacité ne l'est pas pour certains concerts qu'il faudra donc tronçonner. Mais on utilisera alors les nouveaux disques informatiques à très grande capacité (des milliards de caractères ou nombres), réalisés précisément sur la technique du laser, comme les disques compacts.

La régularité du débit des données entre le disque dur et les organes de mixage ou de gravure pose problème en raison du mode de lecture sur disque informatique. Les têtes de lecture du disque doivent sauter de piste en piste pour rechercher les données, car il s'agit de pistes concentriques et non pas d'une piste continue, en escargot, comme sur un microsillon. Ce problème est résolu par l'emploi de "mémoires-tampons" qui se remplissent par intermittence et se vident à débit régulier vers l'électronique de mixage ou de gravure.

Le stockage sur disque dur intermédiaire facilite le montage des séquences musicales. On peut en effet accéder en quelques millièmes de seconde à



Le son se fait une beauté. Avec cette méthode d'enregistrement numérique sur disque dur, plus besoin de bandes. Un peigne à 5 broches enregistre ou lit directement les données numériques sur une série de disques. Finies les imperfections, bonjour la qualité !

n'importe quelle séquence, alors que la bande magnétique nécessite une marche avant ou arrière qui peut durer des secondes ou des minutes. Dans une séquence quelconque, il devient alors possible de remplacer une fausse note en frappant au clavier ses composantes numériques. On peut encore prescrire à l'ordinateur un ordre de passage des séquences qui serait différent de celui de la prise de son, afin de réaliser un mixage particulier.

Le numérique autorise la réduction ou l'augmentation de la durée d'un son sans toucher à sa hauteur. Il suffit de couper ou de dupliquer une séquence numérique par une commande au clavier. Il n'en va pas de même en analogique : si vous ralentissez une bande ou un disque noir, le son va devenir plus grave. Il sera plus aigu si vous les accélérerez. Enfin, pour le contrôle du montage, l'écran de visualisation assure les fonctions d'une table de montage, qu'il s'agisse du jeu des potentiomètres, des compteurs de bande ou des VU-mètres (indicateurs de niveau).

En définitive, le disque numérique permet le montage musical sans ciseaux ni colle. C'est plus précis, plus rapide et plus fiable. L'équipement est certes plus coûteux, mais vite rentabilisé. Seul point noir pour l'instant, le manque de normalisation qui s'oppose à une parfaite optimisation des systèmes. Dans le cas d'une compatibilité totale, il serait en effet possible d'échanger, avec la qualité de la prise de son en direct, des enregistrements effectués dans des studios différents. Il faudrait emprunter pour cela les réseaux télématiques à débit très élevé, étant donné le volume des "nombres" à transmettre. Ainsi pourrait-on fabriquer un disque sans déplacer ni musiciens ni chanteurs.

Henri-Pierre Penel

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



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

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

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



SCIENCE & VIE

ECONOMIE
MAGAZINE

LE DISQUE COMPACT VIDÉO SUR SA LANCÉE

*Annoncé voilà
deux ans, commercialisé il y a un peu
plus d'une année, le CD-vidéo est
aujourd'hui en passe de prendre son essor.*

Après une année de stagnation, les éditeurs semblent enfin décidés à créer un véritable marché du disque compact vidéo. Au moment du lancement de ce vidéodisque, il n'y avait en effet aucun catalogue de titres suffisamment étoffé pour inciter les acheteurs en puissance à s'équiper d'appareils de lecture et à se constituer une filmothèque sur ce type de support. Il n'existait guère que des clips sur disques de 12 cm et des opéras filmés ou des concerts de rock sur disques de 20 ou 30 cm.

Fin 1989, sont enfin arrivés les grands films sur disques de 30 cm. Parmi les premiers vendus, on peut mentionner *Alien*, *Crocodile Dundee*, *Subway*, *le Grand Bleu*, *Highlander*, *la Guerre des étoiles*. Au total, une vingtaine de films, tous en version française. Chaque film tient généralement sur les deux faces d'un disque de 30 cm puisque celui-ci a une capacité d'enregistrement de deux heures. Seuls les très longs métrages occupent deux disques. Le prix de ces 30 cm est variable : de 220 F pour un disque de variétés, à 350 F pour certains films, et même 600 F pour les opéras — ces derniers supportant des droits d'auteur très élevés. C'est sans doute encore cher, comparé aux prix de certaines vidéocassettes enregistrées disponibles sur le marché. Mais ce n'est qu'un début et il faut se rappeler que, lors du lancement de la vidéocassette au standard VHS, un film coûtait entre 500 et 900 F.

Il est par ailleurs des signes qui laissent percevoir un développement du CD-vidéo, tels les accords intervenus entre des firmes comme CBS, Warner et Polygram sur une politique d'édition harmonisée, ou le rachat par Sony de sociétés américaines d'édition (CBS et Columbia).

Dans les autres formats, les prix des CD-vidéo sont évidemment nettement moins élevés. Le CD-vidéo clip de 12 cm (la même taille que le CD-audio), toujours

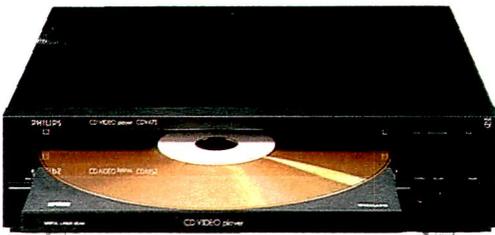


20 000 lecteurs de vidéodisque déjà vendus, 100 000 vraisemblablement d'ici à la fin de l'année. Les experts prédisent un fort développement de ce marché jusqu'en 1995.

monoface, coûte environ 55 F. Il comporte 5 minutes d'images vidéo et de son numérique, suivies de 20 minutes de son seul, c'est-à-dire un clip plus trois ou quatre autres chansons. Le disque de 20 cm comprend, lui, 40 minutes de son et de vidéo (20 minutes par face). Il est essentiellement destiné aux programmes éducatifs et culturels et son prix varie de 120 à 160 F.

Les vidéodisques compacts disposant de deux canaux audio, il est possible, pour les programmes éducatifs et culturels, d'enregistrer une langue différente sur chaque canal. Pour les films, il serait aussi théoriquement possible de consacrer un canal à la version originale et le second à une langue de doublage, mais on perdrait le bénéfice de la stéréophonie. Généralement, un disque est édité en une seule langue.

Le CD-vidéo, rappelons-le, possède les caractéristi-



PHILIPS CDV 475

ques du CD-audio⁽¹⁾ : enregistrement et lecture par laser, codage numérique du son — ce qui lui assure une pureté exceptionnelle. La compatibilité des CD-vidéo et des CD-audio permet leur lecture sur les mêmes appareils. Ainsi un lecteur de CD-audio permet-il d'écouter les programmes musicaux d'un CD-vidéo de 12 cm (sans voir les images bien sûr). A l'inverse, un lecteur de CD-vidéo permet d'écouter les CD-audio. Les platines les plus perfectionnées assurent la lecture de tous les formats de disque : 8 et 12 cm audio, 12, 20 et 30 cm vidéo. En outre, elles permettent généralement la lecture des disques Laservision (Philips) et Laser Disc (Pioneer), qui existaient déjà avant la naissance du CD-vidéo (et sont d'ailleurs toujours produits), dont certains, ceux de couleur argent, comportent des enregistrements sonores en analogique (donc du même type que sur un microsillon).

Les enregistrements vidéo, en revanche, sont toujours analogiques (il n'existe pas actuellement d'enregistrement numérique de l'image animée, tout comme il n'existe pas de transmission numérique de l'image en télévision).

En définitive, le marché offre un éventail assez large de disque à lecture par laser :

- Les CD-audio, de couleur argentée, au format 8 et 12 cm. Ils comportent du son numérique, parfois aussi des données numériques susceptibles d'être visualisées par connexion sur un téléviseur (par exemple, les paroles d'une chanson).
- Les CD-vidéo, de couleur or, sont proposés dans les formats 12, 20 et 30 cm. Le son est numérique (même codage que le CD-audio) et l'image analogique (comme sur une vidéocassette).
- Les Laservision et Laser-Disc, de couleur or, en 20 et 30 cm. Ce sont en fait des CD-vidéo.
- Les Laservision et les Laser-Disc, de couleur argent, également proposés en 20 et 30 cm. Le son et l'image sont analogiques. Mais la technique de rotation du disque diffère suivant les modèles.

Les uns, les CAV (de l'anglais *Constant Angular Velocity*) sont à vitesse angulaire constante (1 500 t/min), ce qui conduit à une vitesse linéaire plus lente pour les spires du centre du disque que pour celles de la périphérie. Les autres, les CLV (*Constant Laser Velocity*) sont à vitesse linéaire constante, ce qui est obtenu en faisant varier la vitesse de rotation du disque de 600 à 1 800 t/min.

(1) Voir *Science & Vie* d'avril 1987.

| MODÈLE | SYSTÈME | DÉFINITION ET CONVERTISSEUR |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MARANTZ (groupe Philips) | <ul style="list-style-type: none"> • PAL • Sorties vidéo et RVB • CD, CDV et Laservision | <ul style="list-style-type: none"> • 450 lignes • Convertisseur 2 × 16 bits |
| PHILIPS CDV 475 | <ul style="list-style-type: none"> • PAL • Sorties vidéo et RVB • CD, CDV et Laservision | <ul style="list-style-type: none"> • 450 lignes • 2 × 16 bits |
| PHILIPS CDV 595 | <ul style="list-style-type: none"> • PAL • CD, CDV et Laservision | <ul style="list-style-type: none"> • Convertisseur 16 bits |
| PHILIPS CDV 786 | <ul style="list-style-type: none"> • PAL • CD, CDV, Laservision | <ul style="list-style-type: none"> • Convertisseur 16 bits |
| PIONEER CLD 1200 | <ul style="list-style-type: none"> • PAL • CD, CDV, Laservision • Laser Disc | <ul style="list-style-type: none"> • Convertisseur 16 bits |
| PIONEER CLD 1400 | <ul style="list-style-type: none"> • PAL • CD, CDV, Laservision • Laser Disc (en CAV et CLV) | <ul style="list-style-type: none"> • 440 lignes • Convertisseur 2 × 18 bits |
| SONY MDP 315 | <ul style="list-style-type: none"> • PAL • CD, CDV, Laservision | <ul style="list-style-type: none"> • 440 lignes • Convertisseur 2 × 18 bits |
| SONY MDP 515 | <ul style="list-style-type: none"> • PAL et NTSC • CD, CDV, Laservision | <ul style="list-style-type: none"> • 440 lignes en PAL et 425 lignes en NTSC • Convertisseur 2 × 18 bits |

Avec le système CAV, chaque image occupe un tour de disque. Ce qui a l'avantage de permettre l'arrêt sur image (il suffit de laisser tourner le disque sur la même spire) ; ce système convient très bien, par exemple, à la mémorisation de photos qui pourront alors être visionnées dans n'importe quel ordre (voir, par exemple, les vidéodisques édités par le Louvre ou le Musée d'Orsay, dans *Science & Vie* n° 869 de février 1990). En fait, le système CAV convient aux disques interactifs conçus pour permettre des interventions de l'utilisateur. Il a l'inconvénient de limiter le nombre d'images à 54 000 et, par là, la durée d'enregistrement (72 minutes pour un 30 cm et 32 minutes pour un 20 cm contre, nous l'avons vu, respectivement 2 heures et 40 minutes en CD-vidéo).

Le système CLV, au contraire, a une plus grande capacité d'images et convient donc aux enregistrements de programme de longue durée.

Actuellement, 95 % de l'ensemble des disques compacts sont édités en CLV. La production de disques interactifs en CAV reste encore exceptionnelle.

Pour l'Europe, les CD-vidéo sont proposés dans le standard couleurs PAL. Pour les visionner en France, il faut donc posséder un téléviseur PAL/SECAM ou multistandard PAL/SECAM/NTSC. Dans ce dernier cas, l'utilisateur peut également visionner des CD-vidéo achetés aux États-Unis ou au Japon et qui sont au standard NTSC — ils sont même disponibles en France, par exemple au Virgin Megastore de Paris. Une lecture toutefois impossible avec les lecteurs CD-vidéo européens, puisque ceux-ci fonctionnent sur un courant de 50 Hz, alors que le NTSC est conçu pour un courant de 60 Hz. Pour voir un disque NTSC, il faut donc aussi disposer d'un lecteur multistandard

LECTEURS CD-VIDÉO

| AUDIO | DIMENSIONS | PRIX MOYEN |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 20 - 20 000 Hz \pm 1 dB ● Signal/bruit : 100 dB ● Distorsion harmonique : moins de 0,003 % | 42×10×39 cm 8 kg | 6 900 F |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 20 - 20 000 Hz \pm 1 dB ● Signal/bruit : 100 Hz ● Moins de 0,003 % de distorsion harmonique | 42×10×39 cm 8 kg | 6 000 F |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 20 - 20 000 Hz ● Signal/bruit : 100 Hz ● Moins de 0,003 % de distorsion harmonique | 42×11×41 cm | 6 500 F |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 20 - 20 000 Hz ● Signal/bruit : 100 Hz ● Moins de 0,003 % de distorsion harmonique | 36×11×41 cm | 6 000 F |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 4 - 20 000 Hz ● Signal/bruit : 98 dB ● Moins de 0,05 % de distorsion harmonique | 42×11×44 cm | 6 900 F |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 4 - 20 000 Hz à \pm 0,5 dB ● Signal/bruit : 105 dB ● Moins de 0,004 % de distorsion harmonique | 42×11×42 cm 8,1 kg | 5 990 F |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 4 - 20 000 Hz à \pm 0,3 dB ● Signal/bruit : 100 dB ● Moins de 0,003 % de distorsion harmonique | 43×11×40 cm 7,7 kg | 7 000 F |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 4 - 20 000 Hz à \pm 0,3 dB ● Signal/bruit : 100 dB ● Moins de 0,003 % de distorsion harmonique | 43×11×41 cm 7,9 kg | 8 500 F |



SONY MDP 515

NTSC/PAL/SECAM. Actuellement, seul Sony en propose un. Philips en annonce un autre pour fin 1990.

En ce qui concerne l'utilisation des lecteurs PAL/SECAM, les choses sont des plus simples car il n'existe que deux possibilités de branchement : on peut le relier à la prise péritélévision si le téléviseur en est équipé (tous les téléviseurs vendus actuellement le sont) ou bien connecter le lecteur directement sur la prise antenne s'il s'agit d'un téléviseur PAL/SECAM. Pour obtenir le son en haute fidélité, il faut raccorder le lecteur à une chaîne hi-fi dont les enceintes seront placées de part et d'autre du téléviseur pour restituer la stéréophonie.

Trois fabricants occupent actuellement le marché français : Philips, Sony et Pioneer (*voir tableau ci-dessus*). Les modèles qu'ils proposent sont peu nombreux (une dizaine de modèles) et relativement chers (entre 6 000 et 7 000 F). Là réside en ce moment la faiblesse du marché que nous évoquions au début de cet article. Pour accélérer sa progression, il faudrait maintenant offrir une plus large gamme de lecteurs — toutefois on ne peut espérer des prix aussi bas que pour les lecteurs de CD-audio, car il est difficile d'imaginer que les amateurs de CD-vidéo puissent se passer de la lecture des grands disques de 30 cm, les seuls permettant de bénéficier des éditions de films.

Au Japon, par exemple, il existait dès 1988 près de 20 modèles de lecteurs, y compris des modèles intégrés à des chaînes haute fidélité du type midi (compactes). Ajoutons que les modèles intégrés sont particulièrement séduisants pour les utilisateurs, en permettant au même équipement de servir pour la lecture des CD-vidéo et des CD-audio.

Depuis le lancement du CD-vidéo à la fin de l'année 1988, environ 20 000 lecteurs ont été vendus (2,6 millions dans le monde), et on estime qu'à la fin 1990 leur nombre atteindra 100 000. Ce démarrage a été satisfaisant dans la mesure où il a dépassé les prévisions.

Le développement du CD-vidéo, dont les experts prédisent une forte croissance jusqu'en 1995, condamne-t-il le magnétoscope et la cassette vidéo préenregistrée ? Probablement pas, car, déjà actuellement, les ventes de magnétoscopes se tassent en raison de la saturation du marché (donc indépendamment de l'arrivée du CD-vidéo). Une reprise significative de leur progression n'est envisagée qu'avec l'arrivée du magnétoscope numérique (une sorte de DAT de l'image, le DAT étant, on le rappelle, un magnétophone numérique). Mais le magnétoscope numérique grand public ne sera probablement pas prêt avant 1995.

Par ailleurs, il faut aussi observer que le disque compact n'a pas éliminé la cassette sonore préenregistrée. Il n'y a pas plus de motifs, donc, pour que le vidéodisque élimine la vidéocassette préenregistrée. En revanche, la vidéocassette perdra sans doute du terrain et le marché basculera au profit du vidéodisque pour plusieurs motifs :

- les applications du vidéodisque seront de plus en plus nombreuses, notamment avec le CAV interactif et le CD-ROM (disque compact informatique numérique) ;
- la généralisation de lecteurs uniques pour le CD-audio et le CD-vidéo. Seuls des CD-audio portatifs ou d'automobiles pour disques de 8 et 12 cm continueront d'occuper une place importante ;
- la longévité beaucoup plus grande du vidéodisque et son absence de fragilité par rapport à la vidéocassette, qui en font un support plus approprié à la constitution de bibliothèques ;
- sa capacité potentielle à donner une image de bien meilleure qualité que celle de la vidéocassette, même si celle-ci est en S-VHS ou en Hi-8 (cassette 8 mm large bande). Une capacité qui ne sera vraiment exploitable que dans un an, lorsque les premiers téléviseurs à haute définition avec un balayage de 1 250 lignes au lieu des 625 lignes actuelles, arriveront sur le marché.

Jeanne Palay

UN MUR D'IMAGES A CRISTAUX LIQUIDES

Une image de plus de 8×6 m, c'est ce qu'offre un écran de télévision à commande numérique conçu par Philips. Entièrement constitué de panneaux de cristaux liquides, il n'a pas 70 cm d'épaisseur, ce qui en fait le premier moniteur géant à écran plat construit en Europe.

Depuis 1985, Sony détient le record des projections vidéo sur écran géant avec le Jumbotron, un écran de 40×25 m présenté à l'exposition des technologies du futur de Tsukuba. Il était constitué de 151 000 groupes de 3 cellules au phosphore, respectivement rouges, vertes et bleues, activées chacune par le flux d'électrons d'une diode. A ce moment-là, Matsushita proposait déjà depuis longtemps des écrans de 6 m de base utilisant une autre technique, celle des cristaux liquides. Aujourd'hui, le hollandais Philips a ouvert une brèche sur ce marché en lançant le Nitstar, un système vidéo disponible en trois dimensions d'écran : $8,26 \times 6,19$ m, $5,50 \times 4,13$ m et $4,14 \times 3,10$ m. La technologie utilisée est proche de celle de Matsushita, l'écran étant constitué de près de 350 000 cellules à cristaux liquides pour le modèle le plus grand. Cela représente 6 495 cellules par mètre carré, soit une définition d'image de 2 150 points par mètre carré. Chaque point d'image est ainsi constitué de 3 cellules à cristaux liquides revêtues respectivement d'un filtre vert, d'un filtre rouge et d'un filtre bleu.

Les cristaux liquides, rappelons-le brièvement ici, ont la propriété de changer d'état sous une tension électrique, et cela proportionnellement à cette tension lorsque le courant est modulé (cas du signal vidéo). Le changement d'état se traduit donc par une variation proportionnelle de la transparence du cristal à la lumière. Dans le cas d'une cellule de l'écran Nitstar, cette lumière est fournie par un tube luminescent spécial (Philips PL de 36 W) situé derrière. Elle traverse donc successivement le cristal liquide dans une proportion dépendant du signal vidéo, puis le filtre coloré. Pour des motifs pratiques (montage, rigidité de l'ensemble, maintenant-

ce), les cellules sont groupées par panneaux de 768 assemblés en modules de 35×35 cm. Sur l'écran, chaque module est séparé du voisin par une ligne de 4 mm. Le spectateur placé à plusieurs mètres de l'écran ne perçoit plus les points de lumière colorée qui se fondent pour donner une image en couleurs, exactement comme cela se passe avec n'importe quel téléviseur dont l'écran est tapissé de centaines de milliers de pastilles de phosphore rouge, vert et bleu.

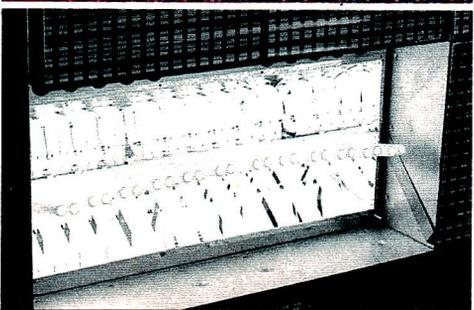
Le système conçu par Philips a l'avantage d'être très lumineux : 6 fois plus que les plus lumineux des tubes cathodiques couleurs. Cette luminosité serait supérieure à celle des écrans japonais. Au point qu'installé en extérieur le Nitstar donne des images conservant leurs couleurs malgré la lumière du jour. Le nouvel écran de Philips a bien d'autres avantages : faible consommation électrique, reproduction de 16 millions de couleurs, longue vie des cristaux liquides. C'est aussi un moniteur complet de télévision conçu pour présenter et traiter de nombreuses images vidéo. A cet effet, il est asservi par ordinateur.

Les images sont fournies par des caméras, des magnétoscopes, des vidéodisques, des générateurs de texte. Elles peuvent aussi provenir de satellites, de réseaux câblés ou de lignes téléphoniques. Prises en compte par un microordinateur de type PC, elles sont traitées numériquement et diffusées sur l'écran sur ordre d'un opérateur ou après mémorisation d'un programme informatique.

Il est aussi possible d'obtenir une image plein écran ou de multiples images distribuées dans les panneaux formant cet écran (192 panneaux dans le cas de l'écran de 53 m^2). Un véritable mur d'images peut être ainsi créé pour présenter un spectacle ou



Lumineux. Lorsqu'on s'approche de l'écran géant, les cellules de cristaux liquides et leurs filtres rouges, verts et bleus, groupés par panneaux, sont parfaitement visibles. Derrière, une batterie de tubes fluorescents blancs produit la lumière qui traverse les cristaux et les filtres lors de la diffusion d'un programme vidéo.



pour diffuser des informations. Les applications sont multiples, depuis la réalisation d'audiovisuels dans une salle ou dans un hall, jusqu'à l'utilisation en panneau d'affichage dans un aéroport, un centre commercial, un stade ou un hôtel. Le seul inconvénient du Nitstar pour l'instant est d'être près de trois fois plus cher (240 000 francs le mètre carré) que les murs d'images constitués de téléviseurs conventionnels empilés. Mais le résultat est incomparablement plus spectaculaire, ne serait-ce qu'à cause de la planéité totale de l'écran et de l'absence des espaces noirs de plusieurs centimètres séparant les écrans dans le cas de téléviseurs juxtaposés.

Roger Bellone

PREMIER 24 × 36 REFLEX À CODES BARRES



L'EOS 10 et son lecteur de codes barres.

Sélectionner un mode d'automatisme parmi les multiples programmes proposés n'est plus nécessaire. Désormais le micro-ordinateur de l'EOS 10 s'en charge après mémorisation du type de photo souhaité par l'utilisateur.

Cinq ans ont été nécessaires à Canon, l'une des plus grandes firmes japonaises de matériel photographique, pour réaliser l'appareil 24 × 36 reflex que préconisait *Science & Vie* dans son n° 804 de septembre 1984.

À l'époque, Nikon venait de lancer son modèle FA, le premier reflex automatique mesurant la lumière dans cinq zones du champ, ces mesures étant ensuite traitées par un microprocesseur afin de déterminer l'exposition du film tout en tenant compte du contraste du sujet (éclairage plat, contre-jour, personnage sombre sur fond de ciel lumineux, etc.). Le photographe, lui, devait encore intervenir en sélectionnant un mode automatique parmi trois (automatisme de la vitesse après choix du diaphragme, automatisme du diaphragme après choix de la vitesse, automatisme total des deux paramètres).

Au même moment, Canon lançait le T70, premier reflex doté d'un clavier permettant de choisir un programme d'exposition automatique parmi sept mis en mémoire par le constructeur.

Sur ces deux appareils, l'automatisme n'était plus tout à fait aveugle, comme c'était le cas dans les années 1960. Il s'était affiné pour tenir compte du contraste de l'éclairage et du type de sujet qui pouvait exiger une vitesse rapide (par exemple pour un sportif en action), un diaphragme très petit (pour un paysage demandant une grande zone de netteté, depuis les fleurs du premier plan jusqu'aux montagnes sur l'horizon), ou encore un grand diaphragme (afin de limiter la profondeur de champ pour obtenir, par exemple, un portrait net sur fond flou). En même temps, ce n'était plus tout à fait de l'automatisme car, pour choisir un programme favorisant

une vitesse ou un diaphragme, le photographe devait avoir une bonne connaissance de la technique photographique.

Et, en définitive, ces appareils dits à "multi-programmes", de plus en plus nombreux ces dernières années, ne sont pas utilisés correctement par la grande majorité des amateurs, ceux qui aiment l'image, certes, mais qui n'éprouvent aucun attrait pour les techniques de prise de vue — deux choses qui, notons-le au passage, sont bien séparées chez les professionnels du cinéma, la conception de l'image et de l'action appartenant au metteur en scène, leur réalisation technique au chef opérateur.

Pour qu'un amateur inexpérimenté puisse bénéficier des possibilités du multi-automatisme, il faut lui laisser choisir son image (gros plan, plan moyen ou vue générale, éclairage de face, latéral ou en contre-jour, fond net ou fond flou, détails dans les ombres ou effet d'ombres chinoises, etc.) et faire en sorte que l'ordinateur de l'appareil détermine le programme technique de sa réalisation. C'est la conception qu'a toujours préconisée *Science & Vie* — et tout particulièrement en septembre 1984 — et que vient d'adopter Canon sur le dernier de ses reflex automatiques, l'EOS 10.

Avec ce boîtier, l'utilisateur dispose d'un livret aux dimensions d'un paquet de cigarettes comportant 23 photos en couleurs. Nous trouvons, par exemple, les images suivantes : gros plan de visage en lumière douce sur fond très flou de même tonalité, mariés en plan américain dans une église, portrait net la nuit sur fond flou constitué par les lumières d'une ville, vitrail encadré de noir, photo de très près d'une fleur sur fond noir, jets d'eau lumineux en contre-jour total avec un soleil pres-

que en face, enfant au soleil fonçant en vélo sur une pelouse avec un fond d'arbres aux verts sombres. Au-dessous de chaque photo est imprimé un code barres mémorisant les paramètres de prise de vue permettant de la réussir : mise au point et diaphragme assurant la profondeur de champ, vitesse qui, avec ce diaphragme, expose correctement le film en donnant l'effet souhaité ; déclenchement du flash si celui-ci est nécessaire pour éclairer les ombres en plein jour, ou pour éclairer le sujet de nuit.

Avec l'appareil EOS 10 et le carnet de sujets types est livré un lecteur de code-barres : le photographe le passe sur le code de l'image choisie ; les paramètres sont intégrés par l'ordinateur de bord et utilisés au moment du déclenchement pour les appliquer aux conditions de lumière et de distance du sujet photographié. L'ordinateur commande ainsi la mise au point, le diaphragme, la vitesse et éventuellement le flash qui permettront de réaliser la photo souhaitée. Le raisonnement que doit faire le photographe est, cette fois, fort simple : il choisit le sujet et son cadrage, recherche dans le livret l'image qui s'en rapproche le plus en ce qui concerne le cadrage, l'éclairage et la netteté souhaitée des divers plans.

Si les algorithmes sont correctement conçus (ce dont nous ne doutons pas d'une firme comme Canon qui a acquis une solide réputation en informatique), le photographe se trouve cette fois libéré de tous soucis techniques. Il lui reste vraiment à se consacrer à l'image. Ce qui n'est pas le plus facile mais qui dépend seulement de son sens artistique. Cet effacement de la technique photographique au profit de l'artistique repose évidemment sur une technologie complexe.

Résumons-la ici (Canon n'ayant d'ailleurs pas donné beaucoup de détails pour l'instant, par exemple sur la puissance du micro-ordinateur). Le posemètre fait appel à huit cellules mesurant la lumière dans huit zones du champ photographié. La mise au point automatique utilise trois senseurs alignés dans le champ permettant de détecter un sujet central et des sujets latéraux. Ces senseurs peuvent fonctionner ensemble (le micro-ordinateur détermine alors le sujet principal) ou séparément (le photographe peut alors choisir lui-même le plan de mise au point automatique). Le système dé-

tecte aussi les vibrations de l'appareil : si le photographe bouge, l'ordinateur sélectionne aussitôt une vitesse rapide pour amortir les conséquences de ce "bouge". Les vitesses utilisables s'échelonnent de 30 s au 1/4 000 s. Comme sur d'autres EOS de Canon, l'ordinateur détermine automatiquement la profondeur de champ.

Conçu d'abord pour les amateurs inexpérimentés, le Canon EOS 10 convient aussi aux photographes chevronnés qui ont la possibilité de choisir leurs programmes automatiques ou un réglage manuel, tant de la mise au point que de l'exposition. Mentionnons encore que l'EOS 10 possède un flash intégré, un oculaire à correction dioptrique, la possibilité de surimpression de deux à neuf images, un moteur d'entraînement, la prise de cinq images/seconde, et nous aurons fait le tour de ses principales caractéristiques. Quant à son prix, il est de l'ordre de 4 800 F nu (avec lecteur de code-barres) ou de 7 600 F avec un zoom Ultrasonic 4-5,6 de 35-135 mm.

Roger Bellone

En 1984, *Science & Vie* proposait déjà la méthode de programmation de l'EOS 10.

Il nous montrons un amateur traité le portrait d'un ami placé sur la gauche d'un objet exposé, avec le soleil produisant de belles reflets sur l'eau à droite de l'image. Ces parties gauche du sujet devaient laisser la mesure d'un flash.

Mais les cellules du Nikon FA mesurent séparément l'influence des reflets et sur le personnage et le programme mémorise à cet effet pour une statistique des plages ambrées déterminées statistiquement par le constructeur, soit excessivement lumineuses dans une image moyenne, soit excessivement sombres. Dans notre exemple, le calculateur de l'appareil élimine en détail dans le personnage des reflets, donnant du sur-exposition sur la photo.

Mais on conçoit immédiatement que ce programme au fond ne résout rien. En effet, l'application simplifiée du personnage par un petit exposé de mêmes dimensions. Le résultat sera évidemment le même : reflets dans le feuillage, c'est le paysage avec ses reflets qui aura surtout traduisant un manquement des photographes et l'image plus de détails de l'eau et des reflets derrière un sujet très sombre.

Le Nikon FA possède 5 zones de mesures de centre et les 4 angles de l'image et un programme de compensation selon les éclaircissements dans ces zones du champ photographique. La multiplication de la mesure et l'atténuation du programme ne diminue pas l'impactement d'un programme, mais pour un même sujet ce sont des images différentes qui peuvent être souhaitées. Ces images différentes, un photographe amateur peut les obtenir avec le Nikon FA automatique et son dispositif de correction continue d'exposition.



Le Canon T70

Mais nous retrouvons le redoutable cassette, évocant au début de cet article. On voit qu'il en est en progrès par rapport aux appareils dits "automatiques" plus classiques. Une lecture programmée nous favorise, le nombre des images prises est statistiquement plus élevé.

Toutefois, pour un photographe professionnel, cette Nikon FA se veut professionnelle, il n'est pas possible de rassembler en termes statistiques. Il n'est pas possible de "ressusciter" une photo (ce qui implique une part de hasard) mais d'obtenir à coup sûr une bonne photo. Revenons aux exemples précédents : le personnage devant le lac et le paysage. FA comporte un micro-clavier, comme un micro-ordinateur, dont des touches seraient par exemple marquées respectivement : "contre-jour, premier plan, détails", "contre-jour, premier plan sans détails". Sans connaissances particulières, l'image du personnage avec des détails dans le lac ou l'image du paysage en contre-jour, sans la conception de l'appareil photo n'est pas automatique, avec son écran ne, le T70 Canon montre qu'il pourrait devenir une réalité.



Le Nikon FA

Le Canon T70 est en effet le premier appareil à un clavier de programmation et à un écran de visualisation cristallin liquide. Ce relevé "2" se classe équipé d'un moteur pour l'entraînement du film et son auto-contrôle. Ces deux caractéristiques ont permis de concevoir de supprimer toutes les commandes de levier d'entraînement, au moyen de boutons de commande, au lieu de boutons de commande pour les vitesses. Les systèmes de mesure de programmes et de contrôle de compte. Il ne possède pas non plus de bouton de compteur, le nombre de vues prises, les fonctions sont commandées par touches situées sur le boîtier.

Le Canon T70 ne comporte pas, comme le Nikon FA, de mesures de la lumière sur plusieurs

SMAL, LE SOUS-MARIN DE PROMENADE

Tout comme vous apprenez à piloter un avion de tourisme dans un aéro-club, vous apprendrez bientôt à piloter un sous-marin de poche dans un "hydro-club".



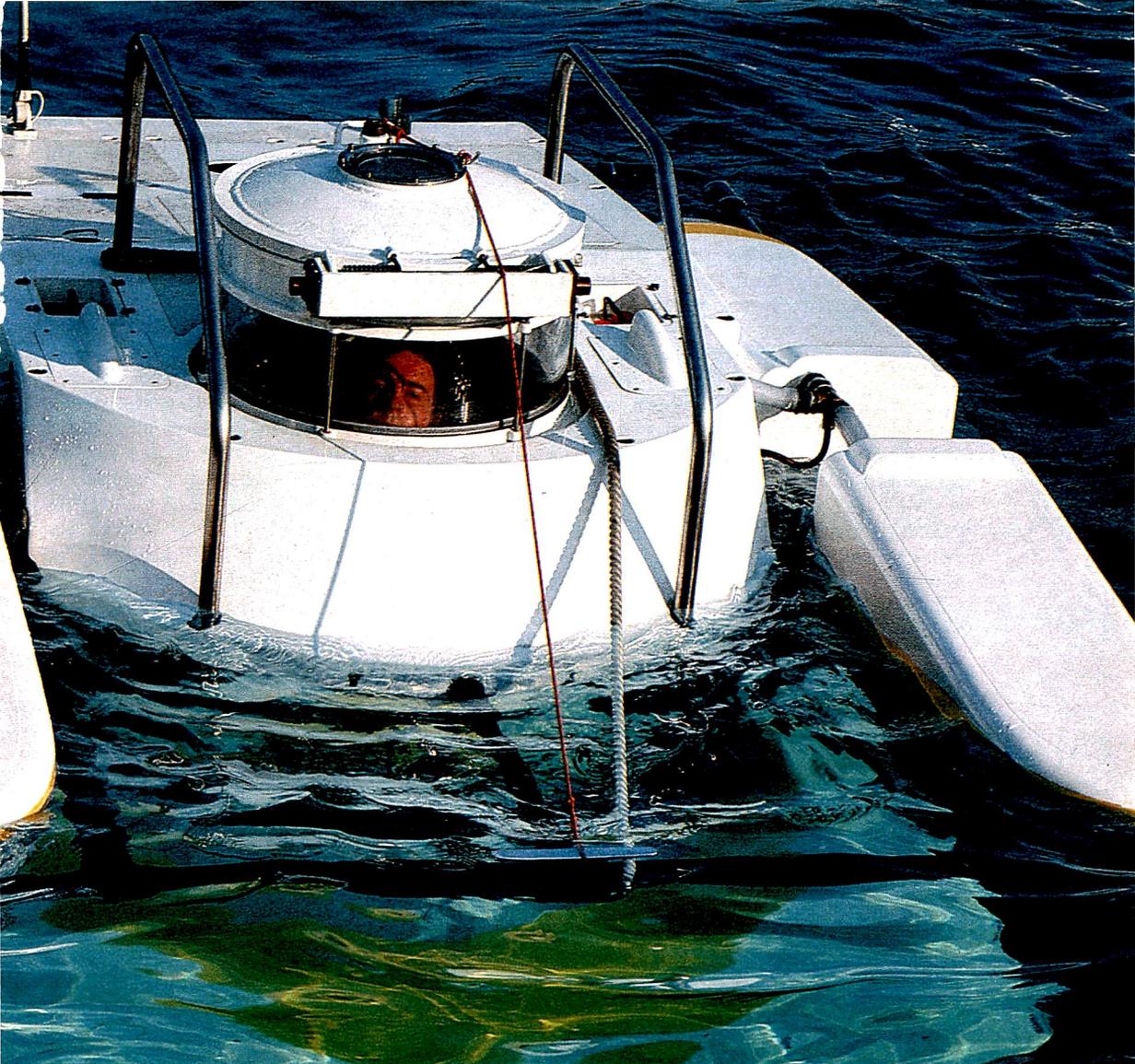
Le "sous-marin humide", autrement dit le scaphandre autonome, demeure la solution la plus économique pour découvrir les richesses marines. Mais l'idéal serait de plonger en restant au sec et à la pression atmosphérique. Un appareil le permet : c'est le sous-marin de poche. Mais cet engin, fort onéreux et peu confortable, est réservé à des usages scientifiques, militaires ou industriels. A travers le monde, il existe seulement une dizaine de sous-marins "touristiques" : assez volumineux et d'un prix exorbitant (de 10 à 25 millions de francs), ils acceptent de 20 à 50 passagers.

Devant cette carence, Jean-Michel Onofri s'est lancé en 1987 dans la conception d'un petit submersible baptisé Smal (sous-marin autonome de loisirs), pouvant emporter de 1 à 5 passagers, selon la version. Au-delà de ce véhicule, se profile un concept très novateur, celui de l'hydro-club.

A l'instar de l'aéro-club, Onofri propose la création de clubs de loisirs aquatiques équipés de sous-marins de poche. Ils assureraient des "baptêmes de l'eau", des promenades, mais aussi la formation de pilotes amateurs qui pourraient ensuite louer le Smal. Simple sur le papier, le concept l'est beaucoup moins dans la pratique, car il n'existe aucune règle de sécurité concernant l'exploitation de tels centres ni aucun brevet officiel de pilotage.

La France dispose bien d'un centre unique au monde : l'Institut national de plongée professionnelle (INPP). Mais, comme son nom l'indique, il n'est pas accessible aux amateurs, ne serait-ce que par son coût — justifié d'ailleurs par la qualité de la formation (1).

Smal Industrie, la société fondée par Jean-Michel Onofri pour la fabrication du submersible et pour la commercialisation en franchise du concept d'hydro-club, n'a pas ménagé ses efforts pour convain-



3



4

Vision tous azimuts depuis le Smal. Au centre du sous-marin (2), un grand hublot circulaire donne une vue panoramique lors des plongées (1). Sous la trappe d'accès (3), un deuxième hublot permet de regarder au-dessus du submersible et de scruter la surface dès le début de l'émergence (4).

cre instances officielles et industriels. Dès cette année, un hydro-club pilote devrait ouvrir ses portes à La Ciotat. De strictes règles de sécurité ont été mises au point, avec l'Administration des affaires maritimes et l'INPP : présence d'un contrôleur de plongée à bord d'un bateau faisant office de "tour de contrôle" et disposant d'un détecteur de balise acoustique, contact téléphonique avec le sous-

marin toutes les 10 minutes, demande d'autorisation d'émersion, etc. Une commission composée de représentants des Affaires maritimes, de l'Ifremer (Institut français de recherche sur la mer), de l'INPP et du Bureau Véritas (l'organisme certificateur des engins maritimes), va se réunir pour donner l'autorisation d'ouverture de ce centre pilote.

Conçues pour le tourisme et pour une profondeur maximale de 50 m en service normal, les trois versions du Smal (1, 2 ou 5 places) offrent une bien meilleure visibilité que les engins similaires — lesquels atteignent toutefois des profondeurs plus importantes. L'habitacle est entouré d'un grand hublot cylindrique en polyméthacrylate de méthyle transparent, de 5 cm d'épaisseur. La propulsion est assurée par deux hélices mues par des moteurs électriques placés de part et d'autre du sous-marin. La vitesse maximale est de 2 nœuds, soit un peu moins de 3 km/h. L'alimentation en air se fait grâce à plusieurs bouteilles standard de plongée et le gaz carbonique produit par la respiration est éliminé par un absorbeur contenant de la chaux sodée — un dispositif classique sur les submersibles. L'autonomie totale est de 6 heures en service normal et de 72 heures en secours. En plongée, un téléphone à ultra-sons permet de conserver le contact avec le bateau faisant office de tour de contrôle.

Le Smal est simple à manœuvrer. On dispose d'un "manche à balai" de type jeu vidéo, relié à un potentiomètre, pour faire varier la vitesse des moteurs et inverser le sens de rotation des hélices. Le changement de cap est assuré par cette même commande basculée à gauche ou à droite pour créer une différence de vitesse entre les propulseurs. La profondeur d'immersion se commande au moyen d'un palonnier qui agit sur l'inclinaison verticale des propulseurs. Le plus délicat reste la commande

de remplissage d'un régleur et de 4 ballasts indépendants, répartis autour du submersible. Ces cinq réservoirs assurent le lest nécessaire à la plongée quand on les remplit d'eau et la flottabilité quand on les remplit d'air. Le régleur se différencie des ballasts par un ajustage très fin du remplissage, de manière à assurer la sustentation au-dessus du fond.

Le Smal présente une plus grande sécurité que les autres sous-marins de poche. Ainsi, lors du retour à la surface, la position du hublot d'accès à l'habitacle ne nécessite pas une assistance extérieure pour écoper l'eau avant son ouverture. Toujours en surface, il présente une bonne flottabilité puisqu'il ne commence à couler que si l'habitacle se trouve rempli à plus des deux tiers d'eau, soit quelque 700 litres. Une méchante vague déferlant lorsque le hublot est ouvert sera donc sans grand effet.

Si le tourisme sous-marin n'est pas une idée neuve, les rares centres ouverts à travers le monde représentent d'énormes investissements. A l'inverse, le concept de l'hydro-club est beaucoup plus économique. D'après une étude de Smal Industrie, l'ouverture d'un hydro-club équipé de trois Smal à deux places représente un investissement en matériel d'un peu plus de 3 millions de francs et un budget de fonctionnement annuel légèrement supérieur à 2 millions. Dans ces conditions, la rentabilité serait assurée par huit heures de plongée quotidienne (le Smal peut effectuer jusqu'à 12 rotations par jour selon l'usage), à raison de 320 jours d'exploitation par an. Le coût pour le public serait alors :

- 360 F pour un « baptême de l'eau » de 30 minutes avec pilote.
- 600 F pour une heure de location sans pilote.

De nombreux investisseurs français et étrangers sont intéressés par l'hydro-club. Selon Yamaha, les zones côtières de l'océan Pacifique représenteraient un marché de 20 submersibles par an.

Pour l'écologie, le déferlement de ces petits engins à proximité des côtes n'est pas sans inconvénients. Bien que, dans sa version touristique, le Smal ne soit équipé d'aucun outil de travail ou de chasse sous-marine, sa seule présence risque de perturber la faune et la flore des profondeurs déjà mises à mal par de nombreux plongeurs indisciplinés.

Mais ce sont les poissons qui vont se réjouir de voir des bipèdes dans un bocal ! **Laurent Douek**

GOBIE, LES YEUX DE LA MER

Petit poisson du littoral méditerranéen, le gobie est également l'acronyme de Guérite d'observation benthique et d'initiation à l'espace marin. Sous ce vocable, se cache un système d'exploration imaginé par le Pr Jacques Laborel de l'université Aix-Marseille-II et qui n'est pas sans rappeler l'expérience de Robert Ballard aux Etats-Unis (voir *Science & Vie* n° 862, juillet 1989).

Il s'agit d'une caméra vidéo couleuse (un prototype réalisé par Hytek) reliée par un câble ombilical à une régie de surface. Cet équipement transmet à un écran de télévision des images de fonds marins prises par un plongeur. Et grâce à un émetteur-

récepteur, un dialogue s'établit entre le plongeur-caméraman et la régie, un micro baladeur permettant à chaque téléspectateur d'intervenir.

Jacques Laborel envisage d'industrialiser Gobie qui se prêterait parfaitement à l'élaboration d'un programme pédagogique. Des émissions pourraient être réalisées dans le cadre de la télévision scolaire. « La mer n'est pas du tout entrée dans la culture française », déclare-t-il, « de l'écolier au décideur. Il faut nous intégrer à elle en la connaissant. A cet égard, je crois beaucoup au rôle des enfants, futurs garants de l'exploitation intelligente du patrimoine naturel marin et littoral. »

Dominique Roger

(1) Situé à Marseille, l'INPP dispense un enseignement théorique et pratique recouvrant tous les domaines liés à la plongée : médecine spécialisée, pilotage d'engins, plongée en saturation, etc.

Passion ou allergie, le foot, il n'y a plus de quoi en faire un drame!



Création Roger-Netter. Photos J.L. Reichel

L'écouteur infrarouge, sans fil, Sennheiser permet d'écouter la télévision plus fort, sans gêner les autres, sans être gêné par les autres.

Sennheiser ramène la paix entre les allumés du foot qui souhaitent "mettre la télé plus fort" et les allergiques qui préfèrent baisser le son pour bavarder.

Un émetteur infrarouge est branché sur la sortie casque du téléviseur. C'est un boîtier noir, plat, que l'on pose sur le téléviseur. Il envoie le son, par rayon infrarouge jusqu'aux écouteurs sans fil dont on peut régler le volume sonore. L'amateur de foot ne perd pas une miette de son match, mais pour les autres, le son est coupé, le téléviseur est muet. La famille retrouve la paix.

Et comme l'écouteur Sennheiser est léger, qu'il ne décoiffe pas et se porte aussi facilement qu'une paire de lunettes, on n'hésite pas à l'utiliser.

Pour tout savoir sur l'ensemble émetteur-écouteur HDI/SI 405 Sennheiser, et recevoir la liste des points de vente, il vous suffit d'écrire à Sennheiser France 128 Bis avenue Jean Jaurès 94204 Ivry-sur-Seine.

Pour les malentendants, un modèle spécial, le HDI/SI 405 modèle S, favorise les fréquences qu'ils perçoivent le mieux. Son niveau sonore réglable, est renforcé d'origine de 10 db. Sur simple demande, Acourex, 2 rue d'Estienne d'Orves 94480 Ablon. Tél. (1) 45.97.03.45, vous enverra la liste des revendeurs audioprothésistes spécialisés.



*Ensemble infrarouge
HDI/SI 405*

SENNHEISER

La télévision plus fort sans gêner les autres.

POUR LE PLAISIR... ET LES PERFORMANCES

**L'ACTION
AUTOMOBILE**
ET TOURISTIQUE

**HORS
SERIE**

S P E C I A L

Hautes Performances

TURBOS CONTRE MULTISOU PAPES

85 ESSAIS

ALFA ROMEO
AUDI
BENTLEY
BMW
CHRYSLER
CITROËN
FIAT
FORD
HONDA
INNOCENTI
JAGUAR
LANCIA
MASERATI
MAZDA
MERCEDES
MITSUBISHI
NISSAN
OPEL
PEUGEOT
RENAULT
ROVER
SAAB
TOYOTA
VOLKSWAGEN
VOLVO



16, 20, 24 soupapes. Qui dit mieux. Bien sûr, il y a un effet de mode. Mais la technique ne sert pas qu'à frimer. Multisoupapes et suralimentation donnent de la puissance, donc des performances... et du plaisir. Ce numéro hors série de l'ACTION AUTOMOBILE répond à toutes vos questions. Pourquoi le turbo ? Pourquoi le multisoupapes ? Qu'apporte le mariage des deux techniques ? Dans ce N° spécial, 85 modèles sont testés pour vous, pour choisir en parfaite connaissance de cause... ou pour rêver.

EN VENTE A PARTIR DU 15 FÉVRIER

**L'ACTION
AUTOMOBILE**
ET TOURISTIQUE

L'INFO QUI TIENT LA ROUTE

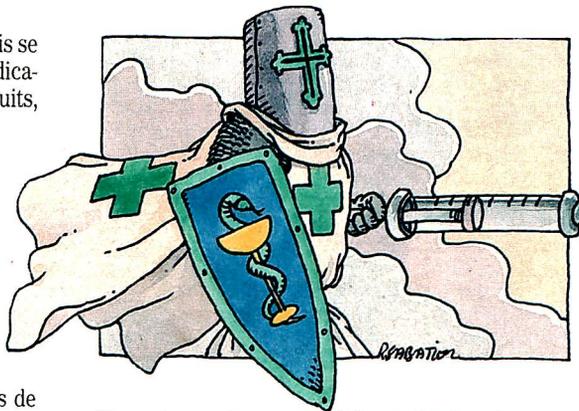
L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE A BESOIN DE VITAMINES

Bien que florissante, l'industrie pharmaceutique française n'est pas le vaste réservoir d'emplois pour jeunes diplômés que l'on pourrait imaginer. Le recrutement y est en progression constante, mais il ne s'y fait qu'au compte-gouttes. De surcroît, il ne concerne qu'un personnel de plus en plus qualifié.

A la disposition de chaque Français se trouvent quelque 8 600 médicaments représentant 4 300 produits, derrière lesquels se cachent 3 000 substances actives. Son budget pharmacie, qui a augmenté d'un facteur 3,6 en moins de vingt ans, s'élevait en 1988 à 1 493 francs. Les experts prévoient même qu'en l'an 2000 la santé viendra en tête des dépenses des ménages occidentaux. Déjà florissante, l'industrie pharmaceutique a donc encore de beaux jours devant elle, d'autant que le nombre des personnes âgées — qui sont les plus gros consommateurs de médicaments — augmente dans les pays industriels et que la consommation de tranquillisants, d'antidépresseurs et autres hypnotiques liés à la vie moderne progresse d'au moins 10 % par an (voir *Science & Vie* n° 856).

Or, si les laboratoires pharmaceutiques sont en développement, ils recrutent ; c'est du moins ce qu'on serait tenté de penser. En France, ils restent, certes, un des rares secteurs industriels où l'emploi a progressé de 5 % en dix ans. Mais ils embauchent beaucoup moins qu'on pourrait le croire.

La profession regroupe 72 000 salariés, effectif relativement modeste et qui ne représente que 21 % des emplois de la chimie. Il s'agit d'un personnel qualifié composé pour plus de la moitié de techniciens, d'agents de maîtrise, d'ingénieurs et de cadres. L'automatisation du conditionnement diminue



l'importance du personnel de production. Au contraire, celui affecté à l'information médicale, à la recherche et au développement s'accroît régulièrement. Au total, bien qu'en progression constante (sauf en 1987), le recrutement reste tout de même assez faible : en 1988, 1 650 cadres seulement ont été engagés.

L'industrie pharmaceutique se targue d'offrir de plus en plus de débouchés aux médecins, ce qui est exact. Mais il faut savoir que cela signifie seulement qu'elle en recrute, tous secteurs confondus, à peine plus d'une centaine par an. Les 20 000 médecins actuellement en difficulté ne doivent donc pas se faire trop d'illusions. Quant aux pharmaciens, elle en embauche tout au plus 200 ! Ainsi, malgré un assez fort taux de progression, les débouchés offerts à ces deux professions restent-ils limités.

PAR ISABELLE BOURDIAL

29 % des cadres nouvellement recrutés sont affectés à la recherche et au développement. Parmi les principaux axes de recherche l'antibiothérapie figure toujours en bonne place, ainsi que l'étude de produits contre les maladies cardiovasculaires ou les affections du système nerveux (la maladie d'Alzheimer, notamment). Les secteurs des antiviraux (en particulier contre le sida), des immunomodulateurs, des antiulcéreux sont, quant à eux, en pleine expansion. En revanche, d'autres classes thérapeutiques, qui recrutent également, ont des diffi-

cultés à trouver leurs effectifs, en particulier quand il s'agit de gastro-entérologues ou de cardiologues.

En début de chaîne, à la recherche dite "de paille" — là où sont isolées, synthétisées, puis étudiées les molécules existantes — sont nécessaires des scientifiques en possession d'un DEA ou d'un doctorat, avec une nette préférence pour les chercheurs qui réunissent une double spécialité : par exemple, biochimie et informatique, chimie et DEA de biologie ou encore pharmacie et DEA de chimie... Quant aux techniciens de laboratoire, la plu-

ÉTAT GÉNÉRAL SATISFAISANT, MAIS A SURVEILLER

En France, la pharmacie est restée longtemps une activité artisanale, le pharmacien vendant ses propres préparations. Les progrès de la médecine et de la chimie ont cependant incité certaines de ces officines à moderniser leurs méthodes et à fusionner entre elles pour devenir des entreprises industrielles. Il en existe aujourd'hui 350, mais 3 seulement peuvent, par leur importance, prétendre au titre de groupe : Rhône-Poulenc, Roussel-Uclaf (contrôlé depuis 1974 par le géant allemand Hoechst) et Sanofi.

S'il veut rester compétitif, un laboratoire doit investir dans la recherche. Or, ni les grands ni les moins grands n'y consacrent, en France, des sommes suffisantes : en moyenne, l'industrie pharmaceutique française réserve 12,5 % de son chiffre d'affaires à la recherche et au développement. Ce pourcentage, qui la classe immédiatement après l'aéronautique et l'électronique, est cependant loin d'être mauvais.

Il est malgré tout insuffisant. En effet, la mise au point et la diffusion d'un nouveau produit coûtent plusieurs centaines de millions de francs. Moins de dix entreprises, en France, peuvent se permettre une telle dépense.

Quant à la recherche à un plus haut niveau, seuls les trois premiers groupes français s'y aventurent. Et encore leurs efforts restent-ils sans commune mesure avec ceux des grands groupes mondiaux. C'est ainsi qu'avec 1,4 milliard investi (16 % d'un chiffre d'affaires de 8,9 milliards), Sanofi Pharma se retrouve seulement 36^e au classement général, et Rhône-Poulenc Santé aux alentours du 20^e rang malgré 2 milliards (soit 12,5 % de son chiffre d'affaires) consacrés à la recherche. A titre comparatif, signalons que l'américain Merck, qui occupe la première place, consacre à la recherche environ

20 % des 25,4 milliards de francs de son chiffre d'affaires.

Rien d'étonnant si, dans ce contexte, on doit déplorer un ralentissement des résultats de la recherche. Dans une enquête de la revue *Prospective et Santé*, publiée en 1988 sous le titre "Douze ans de résultats de la recherche pharmaceutique dans le monde 1975-1986", Etienne Barral constatait que, sur 610 nouveaux médicaments lancés sur le marché entre 1975 et 1986, 8,5 % représentaient une « innovation chimique ou biologique », 21 % une « amélioration clinique sans originalité de structure », 16 % une « structure nouvelle sans apport thérapeutique », mais que 54 % ne présentaient « aucune innovation notable par rapport aux produits existants », ce qui est une autre façon de dire qu'on aurait pu s'en passer sans grand dommage ! La France, bien qu'en deuxième position pour la création de spécialités les plus "innovantes", est passée du deuxième au cinquième rang des pays découvreurs de médicaments.

Dans la profession, on considère que ces performances médiocres sont liées au prix des médicaments. Ceux-ci, on le sait, sont fixés par arrêté conjoint des ministres chargés de l'Économie, de la Santé et de la Sécurité sociale. Or, accusent les laboratoires, depuis vingt ans, « les impératifs de l'équilibre des comptes de la Sécurité sociale l'emportent sur ceux de la politique industrielle ». Il est vrai que, comparés à ceux des autres pays européens, les prix français sont bas et semblent laisser aux laboratoires des bénéfices insuffisants pour leur permettre de financer de grands programmes de recherches, même si ces prix bas leur permettent cependant de dépenser de fortunes pour lancer leurs nouveautés. La remise en question du régime des prix ne figure pas parmi les

diverses mesures actuellement envisagées pour tenter de "doper" la recherche. (Depuis le 1^{er} janvier, une directive européenne sur la transparence des prix impose que l'Etat ou l'industriel — selon le régime en vigueur — fixe les prix en fonction de "critères objectifs et vérifiables". Autre incitation, l'allongement de la durée des brevets, qui devrait laisser plus de temps à un laboratoire pour amortir son effort de recherche avant que sa formule tombe dans le domaine public.)

Au total, malgré son apparence bonne santé, l'industrie pharmaceutique française se trouve dans une situation relativement précaire en face de la concurrence internationale. Avec 13 médicaments commercialisés — 12 pour la période 1975-1980 et un seulement pour la période 1981-1986 —, elle se retrouve à la septième place des pays exportateurs (l'unique produit français à figurer parmi les 25 médicaments les plus vendus dans le monde est le céfotaxime de Roussel-Uclaf, un antibiotique, qui doit d'ailleurs sa commercialisation à Hoechst !).

L'Europe, qui représente le premier marché pharmaceutique du monde, suscite, on s'en doute, bien des convoitises. Avec des filiales comme celles de Merck ou de Squibb, l'Amérique est déjà solidement implantée sur le Vieux Continent. Les Japonais se préparent eux aussi à l'ouverture des frontières de 1992. Pour résister à cette offensive internationale, les grands groupes européens cherchent de plus en plus à s'agrandir et à s'imposer sur les marchés étrangers. Mais les laboratoires petits et moyens qui vivent, parfois d'ailleurs très confortablement, de l'exploitation de produits banalisés, ne semblent pas avoir leur place dans les grands remembrements qui s'annoncent.

part sont titulaires d'un BTS ou d'un DUT de chimie, de physico-chimie ou de chimie analytique.

Une fois la molécule sélectionnée, il faut la faire évoluer jusqu'au stade du médicament et obtenir son autorisation de mise sur le marché (AMM). Alors intervient, tour à tour, la pharmacologie expérimentale, qui jauge l'efficacité du nouveau produit ; la toxicologie, qui se prononce sur sa toxicité et ses effets secondaires ; la pharmacocinétique, qui étudie son devenir dans un organisme animal ; enfin, la recherche clinique, qui procède aux essais thérapeutiques et de tolérance sur l'organisme humain. Les laboratoires ne trouvent pas facilement les toxicologues, les pharmacologues et les pharmacocinéticiens dont ils ont besoin. Quant à la recherche clinique, elle est en général assurée par des médecins de haut niveau, anciens internes ou chefs de clinique.

Depuis près de trois ans, se multiplient en France des sociétés de service spécialisées, qui proposent de prendre en charge une ou plusieurs phases du développement d'un produit. Elles s'engagent même à obtenir l'AMM en un temps donné. Certaines sont spécialisées en biostatistique, science devenue indispensable pour traiter les données toujours plus nombreuses recueillies lors des expérimentations cliniques ; d'où quelques possibilités intéressantes pour des statisticiens ou des scientifiques formés à la biostatistique.

Autre métier promis à un développement rapide, celui d'attaché de recherche clinique ou ARC. Chargés du "suivi" d'une recherche — relance des expérimentateurs, collecte des données, etc. —, ils tendent aujourd'hui à devenir si nombreux qu'il a fallu créer des ARC en chef pour coordonner leur action. Ces postes, occupés par d'anciens visiteurs médicaux et quelques secrétaires, sont également ouverts aux scientifiques. Mais il faut savoir qu'ils ne présentent aucune perspective réelle d'évolution.

La pharmacovigilance est également un secteur en pleine croissance. Depuis 1982, une commission nationale de pharmacovigilance rassemble les informations, recueillies par 29 centres régionaux, sur les effets inattendus ou toxiques des médicaments. Afin de prévenir les effets secondaires de leurs produits et de remédier à certaines interactions fâcheuses, les laboratoires ont été amenés à créer leurs propres services de pharmacovigilance. « On exige aujourd'hui une telle efficacité des médicaments qu'ils ont de plus en plus d'effets secondaires.

LES BONNES ADRESSES

Plusieurs formations préparent à la visite médicale. En voici quelques-unes :

- L'École supérieure de commerce et d'administration des entreprises de Lille (ESCAE), associée aux universités de médecine et de pharmacie de Lille-II, propose une formation en un an. ESCAE, av. Gaston-Berger, 59045 Lille Cedex. Tél. : (16) 20 52 62 59.

- Université de Toulouse-III, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex. Tél. : (16) 61 55 66 11.

- Institut supérieur de communication médicale, une école privée qui recrute au niveau bac + 3. INSECOMM, 97 bis rue de Bellevue, 92100 Boulogne-Billancourt.

L'enseignement des biostatistiques le plus coté est incontestablement celui du Centre d'enseignement de la statistique appliquée à la médecine et à la biologie médicale.

- CESAM, 16 av. Paul-Vaillant-Couturier, 94807 Villejuif Cedex. Tél. : (1)

47 26 68 99.

Les médecins qui souhaitent recevoir une formation en gestion ou en management ont l'embaras du choix. Parmi les écoles les plus citées :

- École supérieure des sciences économiques et commerciales. ESSEC, BP 105, 92021 Cergy-Pontoise Cedex. Tél. : (1) 30 38 38 00.

- Institut d'administration des entreprises. IAE, 162 rue Saint-Charles, 75015 Paris. Tél. : (1) 45 54 40 10.

- Institut supérieur des affaires. HEC ISA, 1 rue de la Libération, 78350 Jouy-en-Josas. Tél. : (1) 39 56 70 00.

Le Syndicat national de l'industrie pharmaceutique a fondé un centre de formation continue, l'institut de formation de l'industrie pharmaceutique.

- IFIP, 15 rue Rieux, 92100 Boulogne-Billancourt. Tél. : (1) 46 03 38 80.

Le *Quotidien du médecin* et M/O/R/S éditent un *Guide des carrières de l'industrie pharmaceutique* rempli d'adresses et de conseils pour poser sa candidature.

res. Plus une voiture va vite, plus elle est dangereuse. Le risque augmente avec l'interaction des médicaments liée à la polyopathie des personnes âgées... Et puis, les gens devenant tellement procéduriers, les laboratoires se préparent toujours à d'éventuelles attaques », reconnaît le Dr Jean-Pierre Estivals, de *Prospective et Santé*. Ici encore, quelques postes vont être à pourvoir.

L'arrivée des premiers produits issus des biotechnologies (insuline, anticorps monoclonaux OKT 3, vaccin contre l'hépatite B, hormone de croissance) laisse prévoir à plus ou moins long terme une demande en chercheurs ou en ingénieurs spécialisés en microbiologie, en génétique, en enzymologie, en immunologie, en biochimie, ainsi que des techniciens de laboratoire formés en microbiologie, en biochimie et en analyses biologiques. Il s'agit là de créations en petit nombre, ne concernant que quelques laboratoires.

C'est sans doute dans les domaines de la promotion et de la communication que s'offrent les perspectives de recrutement les plus intéressantes. Pour vendre des médicaments vieillissants, il est souvent très utile de leur donner un bon "coup de pinceau". Aujourd'hui, le marketing recherche surtout des médecins formés à la gestion ou au marketing pour en faire des chefs de produit, de gamme, de groupe ou des directeurs du marketing. Mais la part la plus importante du recrutement concerne les visiteurs médicaux : 20 % des créations de poste, tous secteurs confondus. Ils sont actuellement

LIVRES

Albert Einstein ŒUVRES CHOISIES

Seuil-CNRS — vol. 1, *Quanta*, 270 p., 280 F; vol. 4, *Correspondances françaises*, 345 p., 290 F.

Excellente idée que d'avoir entrepris la publication en français de l'essentiel des textes et des correspondances d'Albert Einstein, qui n'étaient plus disponibles et dont maints éléments n'existaient qu'en anglais. Si l'ensemble des deux volumes que voilà est d'un très haut niveau, il reste que de très nombreuses pages sont accessibles à ceux de nos lecteurs qui s'intéressent à la physique théorique, en ce qui touche au volume 1, et aux idées générales, notamment à l'histoire, en ce qui touche au volume 4. Dans le volume 1, par exemple, on relèvera certaines idées originales d'Einstein, comme, dans la "Théorie physique du rayonnement", la nécessité de prendre en compte les impulsions faibles imparties par le rayonnement thermique, jusqu'alors généralement négligées, ou encore la critique de l'interprétation de la mécanique par Max Born, dont Einstein n'était pas sûr qu'elle fût « tout à fait cohérente ». En effet, Einstein se refusait à certains développements paradoxaux de la théorie des quanta.

Le volume 4 est évidemment d'abord beaucoup plus facile, encore qu'on y trouve çà et là des équations qui dépassent évidemment l'entendement de tout lecteur qui n'a pas fait des maths ou de la physique théorique du plus haut niveau. Mais enfin, on y trouve un portrait de l'homme qui est tout à fait attachant. Outre ses prises de position sur des problèmes graves, on y trouve aussi des témoignages importants tels que le refus du savant de signer l'appel d'Henri Bar-

busse pour un "congrès contre la guerre", parce qu'il contenait un éloge de l'URSS (1932), des réponses assez cinglantes à des esprits confus, des accès de révolte (« Je n'irai plus en Europe pour ne pas devenir inutilement le centre d'une bouffonnerie. » - 1952) et même des... histoires juives assez piquantes telles que celle de la page 103.

Il faut adresser des félicitations sans nuance à l'équipe qui a mis au jour ces deux tomes, notamment Françoise Balibar, Olivier Darrigol et Bruno Jech, dont le travail d'exégèse et les commentaires sont d'une précision et d'un à-propos sans défaut, ainsi qu'à l'équipe de traducteurs qui a fourni une version limpide et nuancée des originaux.

Les tomes à venir sont *Relativités I et II* (volumes 2 et 3); *Science, éthique, philosophie* (5); *Ecrits politiques* (6) et, hors-série, un *Albert Einstein*. Réalisée avec le concours du Centre national des lettres, cette publication est l'une de celles qui font honneur à l'édition française. **Gerald Messadié**

Antoine Trémolières LA VIE PLUS TÊTUE QUE LES ÉTOILES

Atlantic, 207 p., 108 F.

Commentaires sur la philosophie que les savants peuvent dégager de la masse de données qu'ont fournies la biologie, l'évolution des espèces, la thermodynamique, la chimie et d'autres disciplines. Cela tient en peu de mots : l'organisation et l'évolution de la vie sont beaucoup plus fortes et tenaces que celles de l'inanimé. Un certain déterminisme semble parfois pointer dans le texte (par exemple dans l'exposé sur la reproduction sexuée, qui enrichit le patrimoine

génétique de chaque individu). C'est écrit sans prétentions, dans une langue claire et concise, avec la volonté d'être accessible à tout le monde. Les réflexions neuves et justes abondent, l'imagination et le sens poétique participent au charme de cette excellente leçon de sciences. Antoine Trémolières est directeur de recherches au CNRS.

G. M.

Dominique Laloux LES VIRUS INFORMATIQUES

Marabout, 188 p., 35 F.

Qu'appelle-t-on "virus informatique", quels en sont les formes et les effets, comment se transmettent-ils, voilà les questions auxquelles répond ce manuel destiné aux utilisateurs de PC. L'auteur indique également les moyens informatiques de vaccination, de dépistage et de destruction des "virus". Chaque logiciel est analysé et l'auteur indique aussi sur quel type de configuration et dans quel contexte informatique le remède est efficace ou non. Destiné à ceux qui se servent de fichiers ou de logiciels de provenances multiples et parfois douteuses. **Henri-Pierre Penel**

Lynn Segal LE REVE DE LA REALITE

Seuil, 220 p., 120 F.

Ce livre est certes intéressant, mais il appartient, par son niveau élevé de généralités, ses spéculations et ses théories, à ce genre d'ouvrages qui laisse une impression normande, résumée par la formule "p'têt ben qu'oui, p'têt ben qu'non". C'est l'exposé des théories et des réflexions d'un cybernéticien, mathématicien, physicien et philosophe autrichien, Heinz von Foerster, qui acquit une certaine notoriété en "animant" les conférences de savants organisées en 1949 sous les auspices de la fondation américaine Josiah-Macy Jr. On y traitait principalement de cybernétique, mais le constructivisme, théorie développée par Foerster, finit par aborder à peu près tous les sujets, de la logique et du langage à la sociologie et à la neurologie. Le but avoué était une redéfini-

tion des mécanismes sociaux à la lumière d'un principe nouveau : c'est que l'observateur, le phénomène observé et le processus observé forment un tout, et que ce tout est indissociable, sauf à recourir, comme le prétend Watzlawick dans son introduction, à « des réifications absurdes ».

Il s'ensuit, évidemment, que toute prétention à l'objectivité est une fadaise insoutenable, naïve et arrogante, ce qu'on a déjà vu dans les spéculations d'un Feyerabend (voir *Science & Vie* n° 867), que la raison est une fiction et, comme le dit spécifiquement Lynn Segal dans le présent ouvrage, citant Gregory Bateson, qu'« une loi de la nature est une invention ». Autrement dit (c'est nous qui le disons), qu'il est tout à fait idiot de prétendre qu'une machine à vapeur fonctionne grâce à l'expansion de la vapeur dans un espace restreint et à la poussée qu'elle exerce sur un piston. Une machine à vapeur marche pour une multitude de raisons telles que l'âge du mécanicien, le prix des haricots en Norvège et le besoin qu'a votre chat de prendre l'air sur le balcon. Certes, nous caricaturons, mais enfin, c'est un peu le sous-entendu de ces considérations.

Si cet ouvrage est quand même intéressant, ce n'est pas parce que nous ne voulons pas faire de peine à l'éditeur, mais parce qu'il éclaire sur les méandres intellectuels d'un certain nombre de penseurs contemporains, qui ont atteint une forme d'épistémologie nihiliste en même temps qu'ils acquéraient une notoriété. Il agace parce qu'il semble feindre (ou peut-être feint-il tout simplement) d'ignorer un principe pourtant bien établi chez les plus bornés des rationalistes. C'est qu'il n'existe pas de vérité absolue et qu'une loi de la nature est toujours sujette, dans une certaine mesure, à des affinements. C'est ainsi que l'attraction universelle a été remise en cause (théoriquement et partiellement) par l'hypothèse d'une cinquième force, sans que les physiciens qui se servent de leur raison, ces vieux obsédés, ces pelés, ces galeux, s'en soient estimés injuriés.

De plus, il nous semblait que la science vise à être utile aux humains, pas à faire de l'air chaud en dissertant de tout et de rien, avec talent, certes, mais sans aboutir à rien d'autre qu'à faire des livres. G.M.

Sous la direction de Jean Cazenobe

L'ELECTRICITE IL Y A CENT ANS

*Editions de l'Ecole des hautes études
en sciences sociales, 168 p., 110 F.*

Coup de phare rétrospectif : les travaux de Hertz, de Thomson, de Maxwell, la singularité qui voulut que ce fût Hertz et non Maxwell qui découvrit l'électricité, la naissance de la téléphonie, les raisons du retard de l'électrification de Paris (les règlements de police associés au monopole des gaziers), plus des foules de détails prodigieux ou amusants tels que la prescience de la télévision en 1876 chez le notaire Senlecq d'Ardres, ou les crises de folie que déclencha l'idée de l'électricité... Bref, réalisé par des spécialistes de haut vol, un ouvrage délectable pour les historiens et tous amateurs, qui deviendra peut-être un ouvrage recherché. G.M.

France de Rachin

NOUVEAUX LABYRINTHES

Ed. Hoebeke, 80 p., 148 F.

Les hommes de tout temps et de tout lieu ont été fascinés par le thème du labyrinthe, comme en témoignent les vestiges qui demeurent, du labyrinthe antique à ceux des cathédrales et aux jardins de buis. Sur des dessins d'objets de la vie courante et d'animaux, l'auteur a imaginé ses propres labyrinthes et propose au lecteur de s'y aventurer. Jeu séduisant, car les dessins, très bien exécutés, sont publiés en pleines pages, ce qui ne fatigue pas le regard.

Roger Bellone

Nina Catach

LES DÉLIRES DE L'ORTHOGRAPHE

Plon, 349 p., 150 F.

Historienne, linguiste, directrice de recherches au CNRS, l'auteur expose les raisons sérieuses qu'il y aurait de réformer quelque peu l'orthographe et d'écrire "philosophe" "filosofe" (comme le font

d'ailleurs les Italiens, qui ne sont pas moins fins lettrés que nous et comme le conseillait le grand imprimeur Firmin Didot). Pourquoï, par ailleurs, écrit-on "bloquer" avec "qu", alors qu'on écrit "blocage", ce qui est logique, puisque le mot est dérivé de "bloc"? Et pourquoï deux formations, "antiquaire" et "apothicaire"? Les exemples sont nombreux et donnent à réfléchir. L'auteur penche visiblement pour une évolution contrôlée. L'ennuï est que les évolutions ne sont pas toujours contrôlées. Certes, on peut écrire, à l'italienne encore, "ortografe", mais comment distinguera-t-on plus tard entre "pan" (l'oiseau) et "pan" pour "détonation"? Pan donc sur le bec du pan! G.M.

John Naisbitt et Patricia Aburdene

MEGA TENDANCES

1990-2000 :

CE QUI VA CHANGER

First, 323 p., 148 F.

Le livre que voilà eût peut-être dû s'intituler "Fils de mégatendances", car la première mouture se vendit à 8 millions d'exemplaires, ce qui est prodigieux. C'est presque aussi beau que le succès de *Satan, maître de la planète Terre*, d'un prêcheur américain, qui s'est vendu, lui, à 22 millions! Que prévoient donc nos augures? Une envolée de l'économie mondiale, une renaissance des arts, l'émergence d'un nouveau socialisme dans les pays de l'Est, la mondialisation des modes de vie, compensée par un renforcement des particularismes culturels, le déclin de l'Etat-providence dans les pays occidentaux, l'essor des pays du bassin Pacifique, la montée des femmes au pouvoir, l'ère de la biologie, le renouveau religieux et le triomphe de l'individu.

Ces dictums, pour la plupart évidents depuis belle lurette, sont illustrés de façon distrayante. Ainsi, en ce qui concerne les modes de vie, les auteurs relèvent (p. 130) que « le pain à la française, les viennoiseries traversent l'Atlantique, commencent à faire le tour du monde. Les Français en visite aux Etats-Unis auront le plaisir de déguster des croissants farcis à la

bourguignonne ». Nous ne connaissons pas ces croissants ; sans doute sont-ils farcis aux escargots. L'essor des pays du bassin Pacifique a fait l'objet d'ouvrages prospectifs autrement plus compétents, il y a déjà plusieurs années. En fait d'essor, il s'agit surtout de la "japonisation" du Pacifique, et l'on ne lisait pas, dans les études de l'Institut du Pacifique, d'informations telles que « huit Japonais participent aux collections d'Yves Saint-Laurent et de Givenchy », qui nous semblent fort éloignées des affaires du Pacifique. Ecrire, par ailleurs que, « dans le bassin Pacifique, la stratégie économique consiste à battre le Japon à son propre jeu, » en alléguant la concurrence des "cinq petits dragons", Singapour, Taiwan, Hong Kong, Corée du Sud et Malaisie, c'est aller un peu vite, car seul un pays, la Corée du Sud, concurrence actuellement le Japon de façon sérieuse.

Le chapitre qui nous intéresse le plus, celui de la biologie, est un recensement-mosaïque de l'état des choses tel qu'il s'est créé dans les années 1980, avec un sous-chapitre sur la France et ses prises de position sur l'éthique de la biologie. On n'y apprend pas grand-chose qu'on ne sût.

La pollution, le réchauffement éventuel de la planète, les métamorphoses des transports qu'annoncent les trains ultra rapides, l'espace, le développement des communications par les dérivés de l'électronique et de l'informatique, les crises de l'enseignement, tout cela brille par son absence. La prospective est un métier bien difficile !

G.M.

Norbert Sillamy
DICTIONNAIRE DE LA
PSYCHOLOGIE

Larousse, 290 p., 120 F.

... Et de la psychanalyse. L'auteur, qui avait publié un excellent dictionnaire de psychologie en deux tomes, il y a quelques années, offre ici un ouvrage plus maniable, remarquable de richesse (il comporte des noms autant que des concepts), remarquable aussi de clarté et de concision. Une réussite.

G.M.

Alain Monnier
LA POPULATION DE
LA FRANCE

Messidor-Editions sociales, 195 p., 95 F.

Remarquable travail d'un chercheur de l'Institut national d'études démographiques. On y apprend que la fécondité baisse en France depuis deux siècles, que le mariage baisse de façon constante, contrairement à certaines assertions, qu'en 1977 on ne comptait que 9 % de naissances hors mariage et que, dix ans plus tard, on en comptait 24 %, qu'il est inexact d'établir une relation de cause à effet entre la baisse de la fécondité et les conditions économiques, parce que les femmes les moins fécondes ne sont pas les plus touchées par celles-ci, que, depuis 1820, l'espérance de vie est passée de 38 ans pour les hommes à 72 ans, que le totalitarisme n'a pas été propice à l'accroissement de l'espérance de vie en Europe de l'Est ; la RDA, la Hongrie, la Pologne, la Tchécoslovaquie, la Bulgarie, la Yougoslavie, la Roumanie et l'URSS ayant l'espérance de vie la plus basse d'Occident... C'est vite dit, bien dit.

G.M.

Lucien Israël
CANCER, LES STRATEGIES
DU FUTUR

Espaces 34, 312 p., 110 F.

Treize ans après le *Cancer aujourd'hui*, le célèbre spécialiste de la "maladie du XX^e siècle", refait le point sur les connaissances. De la biologie à l'échelon moléculaire aux traitements les plus novateurs, en passant par le dépistage et aux aspects sociologiques, il n'omet rien. Il ne s'agit pas d'un ouvrage grand public, bien que la lecture en soit aisée, puisque le texte consiste en entretiens avec Lucie Soboul, journaliste médicale à TF1 : il exige quelques connaissances de base. La maladie est, en effet, complexe, puisqu'elle procède de 2 à 6 événements biologiques incidents modifiant le fonctionnement d'un millier de gènes. Les enseignements sont riches : les femmes sont génétiquement protégées de certains cancers, l'alcool et le

tabac sont des causes fréquentes (un cancer sur trois) d'une maladie qui reste la cause majeure de mortalité des moins de 65 ans en France. Quelques conseils de régime alimentaire figurent dans l'ouvrage (carottes, céréales, poisson). Si l'efficacité des traitements n'a que peu progressé depuis dix ans, Lucien Israël exprime avec force sa conviction que la maladie sera vaincue dans l'espace d'une génération.

Marie-Françoise Lantiéri

Jacques Lecomte
PROMENADES
NATURELLES

Chabaud, 128 p., 95 F.

Le naturaliste semblait appartenir à une typologie désuète. Ce livre prouve qu'il n'en est rien : il est vivant et moderne, et l'auteur en est un remarquable exemple. Qu'on n'aille pas croire que sa démonstration est un exercice de style sur des excursions extraordinaires. Jacques Lecomte l'a constituée des récits de douze observations qui sembleraient à la portée du premier venu.

Par exemple, une battue au chevreuil, un matin de janvier, dans la forêt de Dourdan, ou encore les évolutions de mésanges devant une mangeoire, en décembre. Mais ces observations servent à évoquer la complexité des rapports entre l'animal et son milieu et à faire le point de connaissances qui, elles, ne sont pas à la portée du premier venu.

La séduction particulière de ce livre tient à la richesse de ses notations et de ses associations. Professeur à l'INRA, Lecomte n'en a pas pour autant négligé cette culture humaniste et généraliste que certains prétendent décrier et qui fouette l'imagination par son talent de synthèse. L'envol d'une gélinoche l'amène à évoquer successivement le tétra-lyre, le lagopède des saules, le cobe de Buffon, qui est une antilope, la grenouille castelbeiana, et le daim des plaines d'Alsace, pour traiter des raisons et des conséquences du choix animal entre la polygamie et la monogamie. Mais c'est ce savoir même qui le garde modeste, car il a enseigné aussi à l'auteur les limites de la compréhension humaine de la na-

ture. Il évoque spécifiquement ces limites quand il décrit le cheminement de la recherche et l'astuce ou la maladresse des protocoles d'études.

Les questions de fond jouxtent les descriptions familières : comment des comportements aussi étranges que la danse des abeilles, qui indique la direction et la distance d'une source de nectar, peuvent-ils ressortir aux lois du hasard et de la sélection naturelle ? Devons-nous intervenir quand se produisent des bouleversements naturels, comme la pullulation d'une espèce ou l'incendie d'une forêt ? Dans quelle mesure l'"artificialisation" d'un milieu peut-elle sauver une diversité biologique condamnée par ailleurs par une évolution spécifique ?

L'auteur, il faut le dire, prend à peine parti et préfère donner à son lecteur des éléments de réflexion, ce qui est une manière persuasive de l'inviter à s'engager.

Le ton est aimable, mais net, comme on le voit à l'allégresse avec laquelle Lecomte tord le cou à quelques idées fausses. Non, le

saumon ne se pêchait pas par centaines de tonnes dans les rivières françaises au XVIII^e siècle. Et c'est l'aménagement des cours d'eau, plus que la pollution, qui a quasiment supprimé les zones de frayères.

Que nos lecteurs ne s'étonnent pas s'il leur paraît reconnaître un ton familier : Jacques Lecomte est aussi Jacques Marsault dans nos pages.

Isabelle Bourdial

Evry Schatzmann L'EXPANSION DE L'UNIVERS

Hachette, 98 p., 69 F.

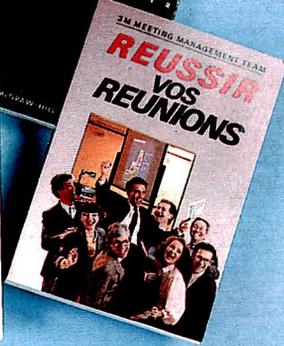
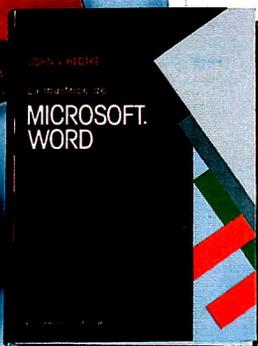
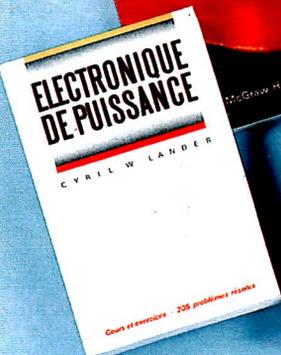
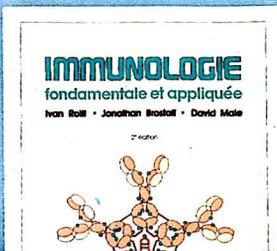
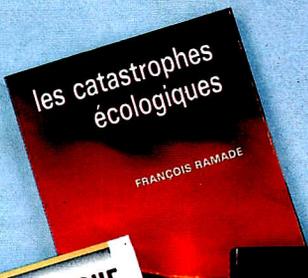
L'expansion de l'Univers est une idée acquise pour les savants. Tout aurait commencé par l'explosion d'un atome primitif, dite big-bang. Mais quel est le contenu de cette idée ? Dans quel milieu l'Univers s'étendrait-il ? A partir de quand aurait-il commencé cette expansion ? Dans quel état se trouvait-il auparavant ? Et que se passe-t-il aux frontières de l'Univers et du

"non-univers" ? D'ailleurs, ces frontières existent-elles bien ? Et l'Univers continuera-t-il cette expansion à l'infini pour se diluer dans le néant, ou bien se contractera-t-il pour finir dans une apocalypse ?

Voilà donc les questions que l'on se pose dès qu'on réfléchit à cette idée d'expansion universelle et que se posent les savants tout aussi bien. Fondateur de l'astrophysique française, président de l'Union rationaliste, Evry Schatzmann est le mieux placé pour y répondre. Savant, il connaît les données et il est à même de les interpréter, tête froide, il évite les dérapages métaphysiques, hélas ! fréquents chez d'autres. Car l'on a beaucoup brodé sur le big-bang, où le pape Pie XII, autrefois, vit la preuve du *Fiat lux* biblique. Rejetant la notion d'une création, et par là même celle d'un créateur, des astrophysiciens illustres, Fred Hoyle, Jean-Claude Pecker, Jean-Pierre Viger, ont d'abord essayé de trouver une alternative au big-bang, mais en vain. Schatzmann, lui, est un adepte de la théorie, mais non des élaborations qu'on lui a greffées ; pour lui,

McGRAW-HILL

L'Excellence du Savoir



Mathématiques • Physique • Chimie
Biologie • Médecine • Paramédical
Electronique • Informatique
Economie • Gestion • Management

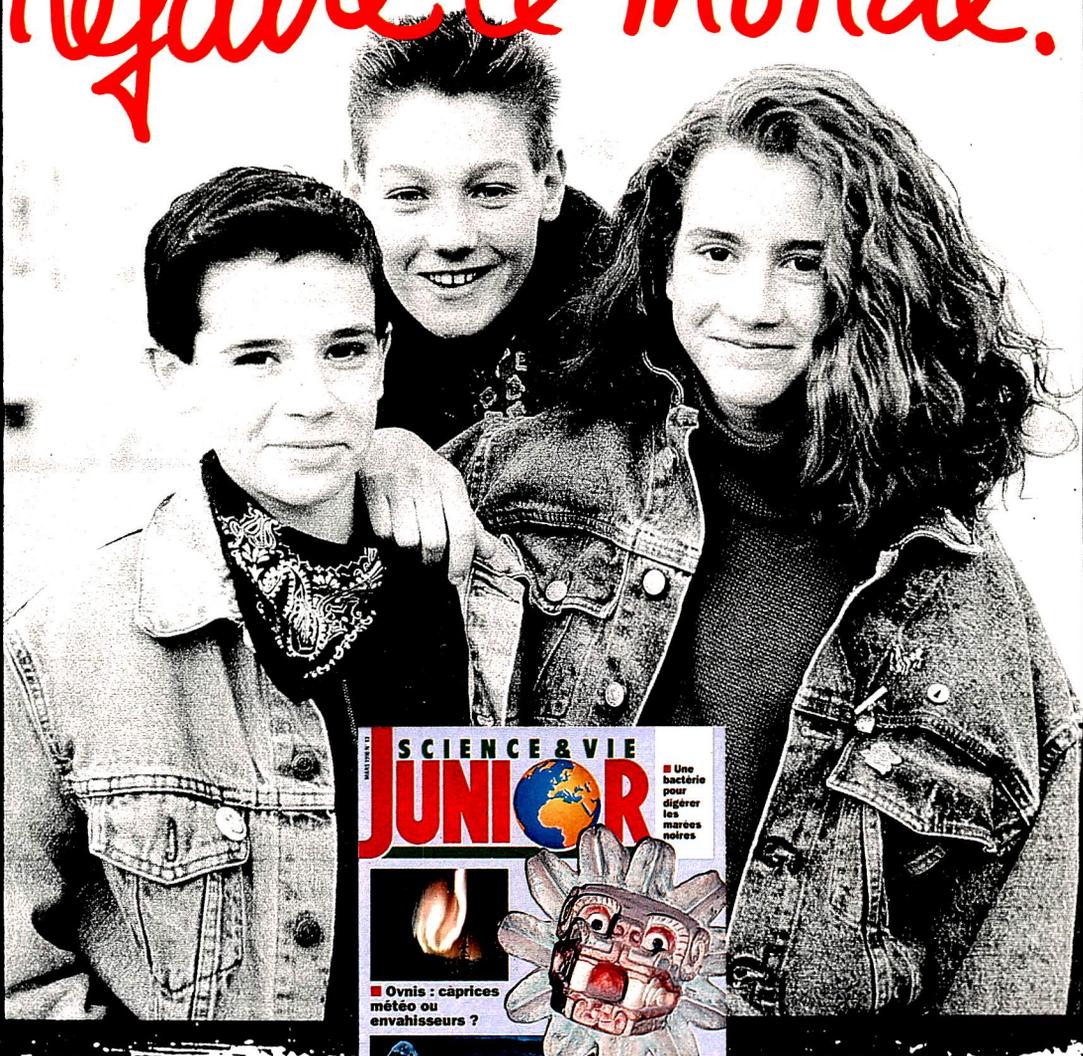


McGRAW-HILL

MEDSI/McGRAW-HILL

28, rue Beaunier - 75014 Paris - Tél. 45 40 94 38

Pour ceux qui vont refaire le monde.



Pour étonner le monde, il faut s'étonner de lui. Les savants et Science & Vie Junior ne font rien d'autre. Mais à une époque où les satellites se marchent sur les antennes pour déverser l'information, où chaque mois voit sa moisson de découvertes, il faut un flair de chercheur d'or pour trier les pépites. Sans parler de la traduction nécessaire des jargons de la Babel scienti-

fique. Et c'est le rôle de Science & Vie Junior. Dire très simplement des choses compliquées. C'est le style de Science & Vie Junior. Les dire avec des photos spectaculaires, les expliquer avec rigueur mais sans se prendre au sérieux, c'est l'esprit de Science & Vie Junior. Quand on est junior, c'est toujours le moment de découvrir, mais ce n'est jamais celui de s'ennuyer.

l'expansion est un phénomène comparable à la chute des pommes ou au mouvement des pendules. Mais c'est ailleurs qu'il en perçoit la nature poétique : dans la beauté des formules, la clarté des définitions, l'enchaînement des raisonnements. « Les citoyens ont certes le droit de rêver », écrit-il en conclusion, « c'est même à mes yeux l'un des attraits majeurs de l'astrophysique que de relancer sans cesse le rêve sur des voies escarpées ; mais ils ont aussi le droit de savoir où finit le savoir et où commence le rêve. »

Ce livre, dense et pourtant limpide définit la cloison qui sépare les connaissances vérifiées et les spéculations. Un modèle. **A.A.**

Ray Hyman

THE ELUSIVE QUARRY

Prometheus Books, 447 p., 213 F.

Ray Hyman, professeur de psychologie à l'université de l'Oregon, membre du CSICOP, comité pour l'investigation scientifique des allé-

gations du paranormal, et auteur de nombreux ouvrages, est un des rares chercheurs qui réussisse l'exploit d'être estimé par les parapsychologues et par les sceptiques.

Il s'est lancé, depuis plus de trente ans, dans une tâche ardue, celle de la recherche psychique. Le résultat de son travail est livré dans *The Elusive Quarry*, recueil des principales analyses et critiques de Hyman sur les expérimentations parapsychologiques, depuis leur rationalité affirmée jusqu'à leurs constructions et protocoles précis. Hyman détaille les données des expériences et les allégations des parapsychologues ; il centre son analyse sur les expériences les plus significatives. Pour cela, il a visité les laboratoires de parapsychologie les plus célèbres et a assisté aux principales conférences données dans ce domaine.

Les critiques de Hyman sont toujours pertinentes et constructives. C'est ainsi que plusieurs parapsychologues mènent, à l'heure actuelle, leurs recherches en essayant de correspondre aux standards d'expérimentation que Ray

Hyman a définis.

En tant que psychologue spécialiste de l'erreur humaine, Hyman a déterminé les raisons psychologiques et cognitives qui se cachent derrière les croyances, que ce soit celles des tenants de la parapsychologie ou celles des critiques. Au passage, l'auteur étaye l'hypothèse selon laquelle le paranormal est... dans le "psy" du témoin !

Du cadre de référence spécifique dans lequel l'auteur s'est placé pour mener ses enquêtes, deux idées maîtresses se dégagent clairement : pour être accepté par la communauté scientifique, la parapsychologie doit encore affiner ses techniques expérimentales qui sont loin d'être correctes ; la meilleure manière de procéder dans cette chasse à la "proie insaisissable" qu'est le "psy" est d'œuvrer pour une communication plus efficace entre les parapsychologues et leurs critiques. **H.B.**

(1) Cet ouvrage peut être commandé à l'Union rationaliste, 14 rue de l'École de médecine, 75005 Paris, pour 213 F, frais d'envoi compris. Sommaire intégral disponible sur Minitel, 3615 code ZET.

DEVENEZ REPORTER JOURNALISTE



Le plus beau, le plus exaltant des métiers du monde désormais à votre portée. Grâce à sa méthode moderne, inédite, facile à assimiler, UNIVERSALIS (institut international d'enseignement privé par correspondance) vous offre une occasion unique de transformer merveilleusement votre existence en vous préparant RAPIDEMENT ET A PEU DE FRAIS à l'exercice de cette profession passionnante et de prestige.

Pendant vos loisirs, tout à votre aise, quels que soient votre âge, vos études, vos occupations, votre résidence, UNIVERSALIS vous initie à la technique de l'information et à la pratique du reportage, de l'enquête, de l'interview (presse écrite, radio, télévision) dans tous les domaines de l'actualité quotidienne : faits divers, affaires criminelles, politique, sports, mondanités, événements de province et de l'étranger, etc.

Demandez notre documentation gratuite :
UNIVERSALIS, 11, rue Fg Poissonnière, 75009 Paris
Belgique : rue Louvrex 30, 4000 Liège - T. 041/2351.10

**BON POUR UNE DOCUMENTATION GRATUITE
ET SANS ENGAGEMENT**

Nom F17

Prénom

Adresse

C.P. Ville

NOUVEAU

**MICRO-ESPION
TX 2007**

240 F SEULEMENT

Garanti 3 ans

UNE OREILLE PARTOUT!

Pour tout surveiller, tout découvrir, tout savoir, à distance et discrètement.

TRÈS SIMPLE : une pile 9 volts à brancher, c'est tout ! Dès lors, il émet pour vous.

TRÈS DISCRET : très petit, sans fil, sans antenne si nécessaire, fonctionne sans bruit.

TRÈS EFFICACE : il vous retransmet en direct tous les bruits, les conversations de l'endroit où il est placé. Vous recevez cette émission à distance (jusqu'à 5 kms et plus !) sur un **SIMPLE POSTE DE RADIO** en FM, auto-radio, radio K7, walkman FM, chaîne stéréo, etc... et vous entendez tout, tout ! Capte un chuchotement à 10m.

TRÈS, TRÈS UTILE... pour surveiller enfants, malades, magasins, bureaux, maisons, garages, et résoudre tous les problèmes de vols, détournements, escroqueries, etc...

UNE VRAIE RADIO-LIBRE (20 kms) : inséparablement en couple et prêt à servir
sur toute bande de fréquences

TECHNIQUE : fréquence, 88,5 MHz - Alimentation : 9 à 18 volts, rechargeable

Pile 9 volts
Alizine 30 F

ESSAYEZ VITE CET APPAREIL, MEILLEUR RAPPORT QUALITÉ-PRIX : PLUS DE 100 000 APPAREILS VENDUS À CE JOUR (tous modèles inclusivement, avec fournitures complémentaires, piles, cordes, antennes, câbles, accessoires, diffusion, garantie, tous professionnels, etc.)

BON DE COMMANDE CÉDESSOUS

Par téléphone 24h/24 : 91 92 39 39 * - Télécopie : 91 42 14 85 - Télax 402 440 F - Email discreet et rapide. RECOMMANDÉ 48h

Par correspondance. BON DE COMMANDE

à découper ou recopier et retourner vite à :

Laboratoires PRAGMA - BP 26 - 31 Rue Jean-Martin - 13351 Marseille Cedex 5

NOM : _____

PRENOM : _____

ADRESSE : _____

CODE POSTAL _____ VILLE : _____

PAYS : _____

Oui, expédiez-moi... TX 2007 (précisez quantité) au prix unitaire de 240 F + 15 F recommandé urgent
 Plus Prêts (Ajoutez) au prix de 30 F l'unité
 Ajoutez votre catalogue complet 100 produits originaux ou prix de 30 francs.
 Cijoint mon règlement du total _____ francs par :
 FACTURE SIP
 Chèque Mandat-Lettre Mandat International (*) 20 F
 Expédiez-le moi en CONTRE-REMBOURSEMENT.
 Je paie : 25,00 F de plus au facteur. Service 2007

SCIENCE JEUX

Le microscope polarisant

PHYSIQUE AMUSANTE

Au mois de septembre dernier (n° 864), nous proposons la construction d'un microscope à goutte d'eau, qui avait comme mérite premier d'être une fidèle réplique du modèle avec lequel Léeuwenhoek découvrit les microbes.

Il permettait certes de faire des observations, mais de manière assez précaire : une lentille d'eau n'a pas les qualités d'une lentille de verre, et, de plus, elle s'évapore assez vite.

Nous nous sommes donc posé la question de savoir s'il était possible de fabriquer un microscope de grossissement honnête avec les moyens de cette rubrique, c'est-à-dire à coût réduit et d'une construction à la portée de tous. De fait, à condition de limiter ses ambitions en ce qui concerne la puissance de l'instrument, c'est possible.

Le modèle dont nous proposons la construction, conçu et dessiné par P. Courbier, permet un grossissement de cent fois, ce qui est suffisant pour entreprendre d'innombrables observations. Et, s'il ne peut rivaliser avec des outils coûtant au minimum 1 500 F, il a de quoi émerveiller tous ceux qui n'ont jamais mis l'œil à un oculaire.

Comme à l'ordinaire, nous avons utilisé, pour habiller et rendre utilisable la partie optique, la technique Hobbystyrène, qui se prête particulièrement bien à cette fonction. L'objectif et l'oculaire seront achetés séparément, car il s'agit de pièces qu'il n'est évidemment pas possible de fabriquer chez soi. Ces deux éléments constituent d'ailleurs la partie la plus délicate de

l'instrument. En particulier, si un simple compte-fils peut servir d'oculaire, aucune lentille ordinaire ne peut tenir la place de l'objectif.

Dans l'étude consacrée au microscope à goutte d'eau, nous avons décrit le principe de ce type d'instrument ; nous n'y reviendrons donc que brièvement : il s'agit de former avec une lentille convergente une image agrandie d'un objet, de la même manière qu'on agrandit une diapositive pour la projeter sur un écran. Mais ici, l'image est observée avec une loupe qui la grossit encore, et non projetée sur un mur.

Toutefois, si l'on suivait ce schéma à la lettre, on se trouverait nanti d'un instrument aux dimensions considérables : entre le Kodachrome et l'écran, il y a facilement quelques mètres. On va donc réduire la focale de l'objectif de façon à obtenir le même rapport d'agrandissement sur un espace vingt fois plus court.

La focale d'une lentille étant liée à la courbure de ses faces, il faut des faces très bombées — comme celles d'une petite bille de verre — pour avoir une focale très courte. C'est là que commencent les difficultés, car s'il est possible de faire à la main (en y mettant beaucoup de temps) un miroir de télescope de 20 ou 30 cm d'une absolue pré-

cision, il ne faut même pas envisager de tailler sans un ensemble complexe d'outils spéciaux une lentille de quelques millimètres.

Qui plus est, cette toute petite lentille va être affectée des défauts propres à toutes les lentilles simples — image irisée, non plane, à netteté variable selon l'angle et le point d'observation, déformée en long, en large et en travers. Mais ces défauts vont être amplifiés du fait que la lentille travaille en objectif agrandisseur, ce qui rend leur élimination très difficile.

Le premier défaut, appelé aberration chromatique, vient tout simplement de ce que toute lentille donne les mêmes effets qu'un prisme puisque ses faces ne sont pas parallèles : elle disperse la lumière selon les couleurs du spectre. Du coup, l'image fournie est irisée du rouge au bleu, en passant par le jaune et le vert, ce qui ne contribue pas à sa netteté.

Par chance, l'aberration chromatique est relativement facile à maîtriser, surtout si l'image doit être observée par l'œil, qui est surtout sensible au jaune et reste très accommodant sur les défauts secondaires de teintes. En collant deux lentilles, l'une convergente, l'autre divergente, ayant des indices de réfraction convenables, on obtient un objectif très correct.

Comme, de plus, les opticiens calculent les courbures des deux lentilles de façon à réduire un peu les autres aberrations, l'objectif achromatique à deux lentilles collées convient parfaitement pour les instruments d'observation où l'objectif donne une image plus petite que l'objet et où le champ d'observation reste toujours très étroit : c'est le cas des jumelles, des lunettes de pointage et même des lunettes astronomiques dont l'objectif ne comporte jamais plus de deux lentilles.

Dans le cas du microscope, où le champ observé est plus large et où l'objectif doit fournir une image plus grande que l'objet, la solution à deux lentilles seulement ne convient que pour des grossissements modestes.

Dès que l'on veut dépasser cent fois en conservant une bonne qualité d'image, il faut recourir à des formules plus complexes pour que la netteté reste bonne sur tout le champ, avec une luminosité éle-

vée. Des combinaisons allant de 5 à 10 lentilles sont courantes sur les bons appareils. Pour notre part, nous n'avons pas d'exigences si sévères, et l'objectif achromatique fourni par la maison Vaast convient très bien aux observations prévues.

Il faut toutefois se rappeler que la première condition pour qu'un instrument d'optique composé de plusieurs lentilles soit efficace est que les axes de ces lentilles soient confondus. Cela impose une précision de construction directement proportionnelle à la puissance de l'instrument. En ce qui nous concerne, le grossissement de cent fois s'accommode de notre technique habituelle (Hobbystyrène, de P. Courbier) à condition que les tracés et découpes soient effectués avec minutie : crayon bien affûté, très bon éclairage, cutter équipé d'une lame neuve... et doigt délicat.

A condition de faire du travail soigné, ce microscope donnera de grandes satisfactions, surtout si l'on tient compte de son prix étonnamment faible : le matériel dont la liste suit n'excède pas 200 F au total. Il faut donc :

- Cutter, règle métallique, colle Uhu-Plast et trichloréthylène, papier abrasif, fer à souder, etc.

- Polystyrène choc de 2 mm d'épaisseur ; disponible, sur place ou par correspondance, chez Adam Montparnasse, 11 bd Edgar-Quinet, 75014 Paris ou chez Pieron, 57206 Sarreguemines Cedex.

- Peinture type maquette noir mat.

- Tige filetée de 4 mm, longueur 35 mm.

- Deux bornes à vis de 4 mm.

- Ampoule 3,5 V, pile plate 4,5 V, support d'ampoule, fil souple miniature (150 mm) et interrupteur à bouton poussoir.

- Partie optique : 1 objectif + 1 oculaire, franco de port 150 F. Ou 1 objectif + 1 oculaire + 1 filtre polarisant, franco de port 200 F. Adresser en même temps que la commande un chèque correspondant au choix retenu à : Ets Vaast, 17, rue Jussieu, 75005 Paris.

Une fois ces éléments réunis, on commence par fabriquer le tube de l'instrument. Le corps de ce tube est composé de quatre rectangles (voir dimensions **figure 1**) collés en quinconce comme indiqué **figu-**

re 2. La pièce B est destinée à recevoir l'oculaire qui doit y pénétrer à frottement doux dans un trou d'un diamètre de 18,5 mm.

Comme il est difficile de trouver un foret de ce diamètre, nous avons percé ce trou en utilisant la méthode du compas de découpe, mais en sous-évaluant légèrement le diamètre. Ensuite, le trou a été agrandi en ponçant régulièrement son diamètre interne au papier abrasif jusqu'à ce que l'oculaire y pénétre juste et puisse tourner aisément sur lui-même.

La pièce C, qui est destinée à recevoir l'objectif, a été percée d'un trou de 17 mm — les forets à bois de ce diamètre se trouvent partout et traversent très bien le polystyrène. Mais, cette fois, l'objectif doit être vissé dans ce trou, sans toutefois avoir à forcer trop pour y parvenir ; de toute façon, il est indispensable que sa couronne moletée repose entièrement sur le plan externe de la pièce C, comme

illustré **figure 3**.

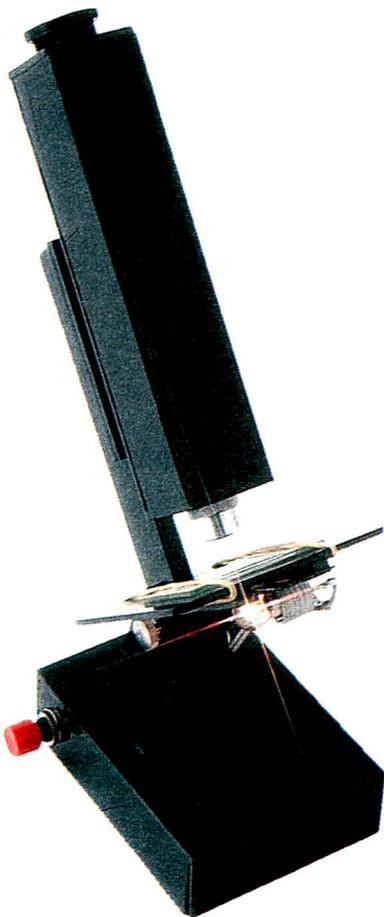
Si l'objectif tenait mal dans la pièce C — trou un peu trop large, forcément mal contrôlé au vissage —, il ne faut pas hésiter à la refaire, car le résultat final dépend beaucoup du bon alignement de l'objectif et de sa tenue dans le tube. Afin d'éviter les réflexions parasites, il est souhaitable de peindre en noir mat l'intérieur du tube ; toute peinture destinée aux maquettes en polystyrène convient. On peut également tapisser l'intérieur du tube avec du papier Canson noir collé à la colle Uhu-Plast

Le tube terminé est destiné à être rendu solidaire d'une pièce appelée potence ; celle-ci est formée des trois rectangles D1, D2, D3 collés par superposition. Cette potence, une fois terminée, est mise provisoirement de côté ; elle ne sera collée à son emplacement — voir **figure 3** — qu'après avoir assemblé et vérifié la glissière. Ainsi, le tube du microscope ne gênera pas dans cette mise au point.

La confection, pour réglage de la netteté, d'un système à crémaillère et vis micrométrique dépasse largement les possibilités de la technique utilisée ; c'est pourquoi nous l'avons remplacé par une simple glissière dont le frottement est réglable, ainsi que nous le verrons par la suite. Après essai, et bien que moins commode que le système classique, nous avons constaté qu'il était facilement utilisable — bien entendu, il ne conviendrait pas pour des grossissements plus importants avec lesquels la profondeur de champ est inférieure au dixième de millimètre.

Toutefois, la glissière doit être confectionnée avec soin ; elle se compose des 5 pièces E, F1, F2, G, H1, H2 et I. Ces pièces, tracées aux cotes indiquées **figure 5**, soigneusement poncées sur leurs tranches, seront ensuite assemblées par collage selon les indications données **figure 7**. Elles emprisonnent le coulisseau (pièce G), qui doit se déplacer à frottement ferme.

Il y a intérêt à découper ce coulisseau très précisément dans un rectangle de 20 × 65 mm ; les deux chutes latérales de 5 × 65 mm formeront les deux pièces F1 et F2. On collera ensuite ces deux pièces sur E en intercalant le coulisseau, qui servira de gabarit ; ce faisant, on veillera à ce qu'un débordement



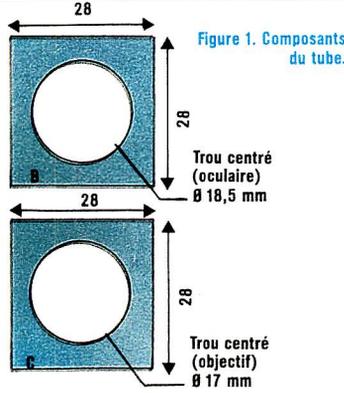
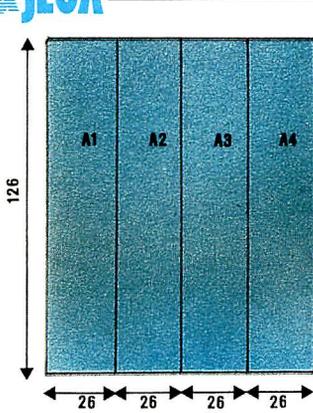


Figure 1. Composants du tube.

de colle ne retienne pas le coulisseau : on le fera glisser afin de vérifier qu'il se déplace parfaitement.

La pièce I, 5 x 10 mm, est destinée à servir de butée au coulisseau ; en effet, sans elle, on risque au cours des manœuvres de mise au point de heurter, avec la partie inférieure de l'objectif, la lame de verre sur laquelle se trouve la préparation. Cette butée empêchera tout accident.

La glissière terminée, on collera la potence sur le coulisseau — *figure 6* — et on vérifiera son déplacement à frottement assez dur ; il vaut mieux pour l'instant que ce déplacement soit aisé, mais sans coincements ni points durs. Par la suite, lorsque tout sera en place, il sera toujours temps d'ajouter au-dessous du coulisseau une ou deux couches de ruban adhésif qui le freineront et empêcheront un mouvement trop libre.

On assemblera la potence sur le tube en se référant aux *figures 8 et 9* — et on veillera au centrage et au parallélisme des différents composants, faute de quoi l'axe optique de l'instrument ne serait ni centré ni perpendiculaire à la préparation qui reposera sur la platine. La qualité de l'image en souffrirait beaucoup.

La poutre, composée de trois rectangles de 20 x 25 mm, est destinée à supporter le tube et la platine, et à le relier par une charnière au socle. La charnière permet d'incliner le tout, ce qui rend l'observation plus commode. On découpera les pièces aux cotes indiquées *figures 10 et 11* ; un trou de 4 mm sera percé sur la poutre et sur les quatre équerres supports.

Comme on le voit sur la *figure 16*, ces équerres associées deux



Figure 2. Assemblage du tube.

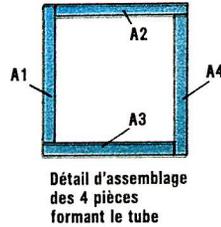
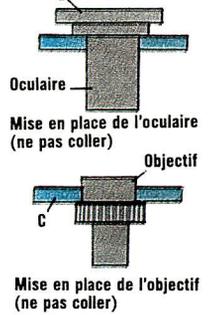


Figure 3. Disposition de l'optique.



par deux enserrent la poutre au moyen de deux bornes moletées ; pour obtenir un perçage correct des trous dans les équerres, il est plus facile de les superposer une fois découpées et de les réunir par un morceau de ruban adhésif ; le perçage se fait alors sur les quatre équerres à la fois.

Cela terminé, on collera la glissière sur la partie supérieure de la poutre — *voir figure 16* —, en vérifiant une fois de plus le centrage et le parallélisme. La platine proprement dite est constituée par la pièce U, *figure 12*. Après avoir percé aux cotes indiquées un trou de 9 mm, on collera par-dessous en guise de diffuseur un petit carré de papier calque.

On équipera ensuite la platine d'un système d'éclairage, en l'occurrence une ampoule de 3,5 V maintenue par un support à cosse qui sera collé (cyanocrylate) de telle façon que le filament de l'ampoule se situe sur l'axe optique. Si l'on choisit de réaliser la version avec

polariseur — ce qui n'est pas indispensable, mais ajoute beaucoup à la beauté de l'observation de diverses cristallisations —, on confectionnera avec les cinq pièces M, N, O, P, Q une petite glissière de 21 mm de large qui permettra de mettre aisément (et d'enlever lorsque cela n'est pas nécessaire) un rectangle découpé dans un morceau de Polaroid de 20 x 50 mm (voir *figure 13*).

La platine terminée sera mise de côté en attendant d'avoir construit

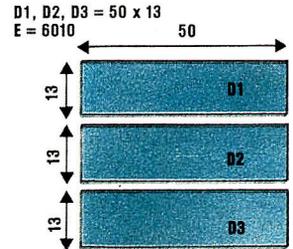


Figure 4. Potence.

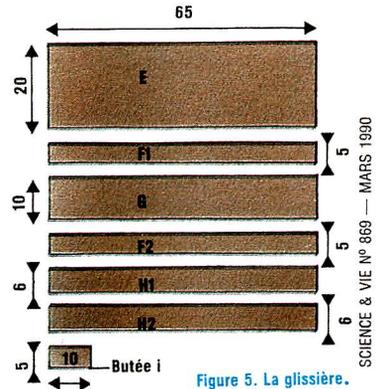


Figure 5. La glissière.

le socle. Celui-ci est destiné à donner une assise à l'instrument ; il contient la pile d'alimentation de l'éclairage, dont la masse aura pour fonction secondaire d'augmenter le poids de l'instrument tout en abaissant son centre de gravité.

Le socle est composé des pièces de R à T2, dont les cotes sont justes suffisantes pour habiller la pile plate de 4,5 V. Celle-ci est collée avec un morceau de Scotch-Mount sous la pièce R comme indiqué *figure 15*. La pièce T2 (ou T1 pour

les gauchers) est percée d'un trou dont le diamètre correspondra à celui de l'interrupteur poussoir dont on dispose — attention à bien choisir un interrupteur et non un simple poussoir/contact.

La pièce R est percée d'un trou destiné à laisser passer les fils, qui, soudés à une borne de l'interrupteur et à l'une des languettes de la pile, iront vers les cosses du support d'ampoule. L'autre languette de la pile sera reliée par un fil à la seconde borne de l'interrupteur. On collera ensuite la charnière sur le socle — *figures 14 et 16* — en veillant à un bon alignement et à un bon centrage de l'ensemble.

Reste maintenant à coller la platine sur la poutre ; comme illustré *figures 12, 13 et 17*, son échancrure viendra s'y encastrer. La platine devra être perpendiculaire à la poutre ; pour cela, une équerre formée de deux triangles rectangles (L1 et L2, *figure 12*) reliera ces deux pièces. Toutefois, lors du collage, on aura intérêt à vérifier la perpendicularité de l'assemblage et à l'immobiliser jusqu'au séchage.

La platine devra aussi être disposée de telle façon qu'elle ne gêne pas la rotation autour de l'axe de la charnière ; en mettant son plan supérieur à 102 mm de la partie supérieure de la poutre, cette condition devrait être satisfaite. On vérifiera également que le tube mis en position basse (le coulisseau placé contre la butée), il reste encore 4 mm entre la platine et l'objectif.

Les collages étant secs, on soudera les deux fils en provenance du socle aux deux cosses du sup-

port de lampe et on appuiera sur l'interrupteur. La lumière se fera et on pourra enfin regarder quelque chose. Mais, pour essayer notre microscope, il faut bien entendu disposer d'un sujet. Tel qu'il est conçu, seules des préparations transparentes conviendront.

En microscopie, les objets sont disposés sur une lame de verre et, lorsque cela est nécessaire, une lamelle est posée sur la préparation. Les Ets Vaast, ceux qui fournissent oculaire et objectif, proposent une

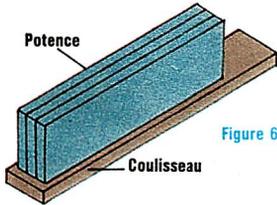


Figure 6.

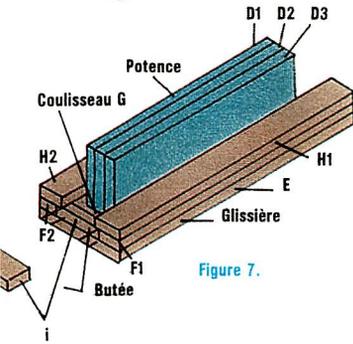


Figure 7.

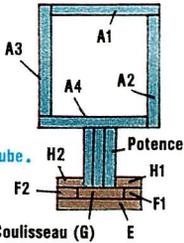


Figure 8. Assemblage de la glissière sur le tube.

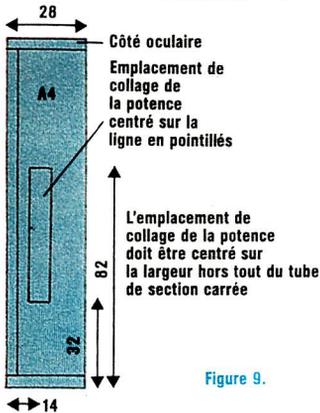


Figure 9.

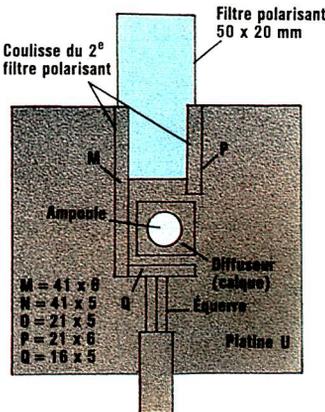


Figure 13. Assemblage de la platine.

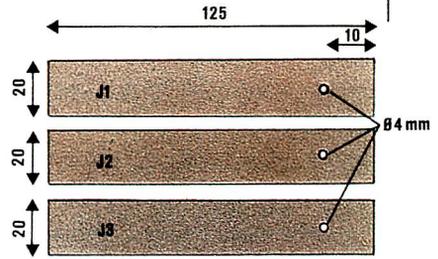


Figure 10. La poutre.

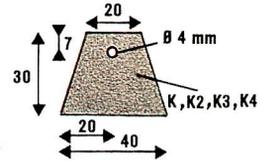


Figure 11.

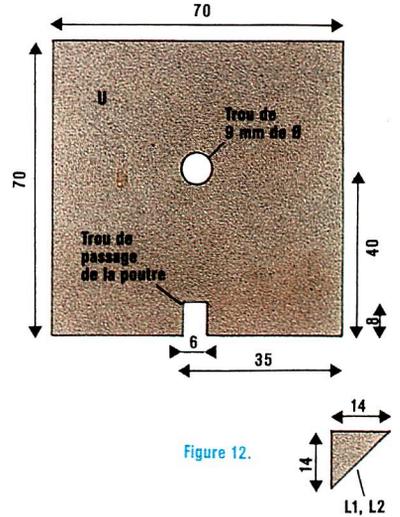
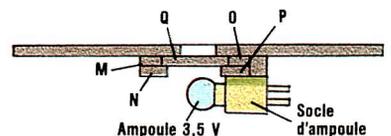


Figure 12.



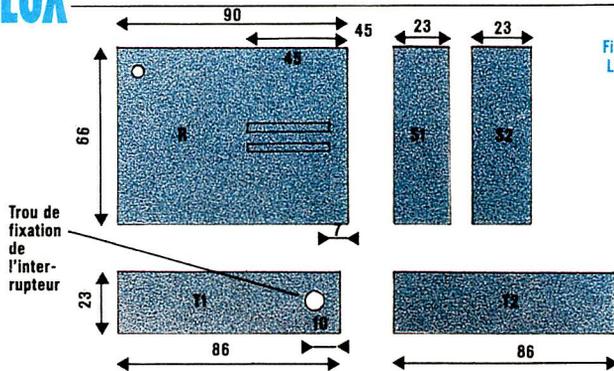


Figure 14. Le socle.

infinité de lames conditionnées : il suffit de s'y rendre, ou de les consulter. En attendant, on se procure deux lamelles de verre (format classique 25 x 75 mm) et on en pose une sur la platine.

On y met ensuite un cheveu et on le fixe en posant la seconde lamelle par-dessus ; on maintient le tout avec deux bracelets de caoutchouc. Il ne reste plus qu'à allumer la lampe et à mettre au point en déplaçant le tube en le relevant au-delà de la bonne position. En appuyant sur la partie du coulisseau qui dépasse de la glissière, tout en prenant appui avec deux autres doigts sur une partie fixe, on apprendra très vite à régler la mise au point le mieux possible.

Ces opérations se feront sans le filtre polarisant n°2, celui qui se place dans la glissière en dessous de la platine. Bien d'autres obser-

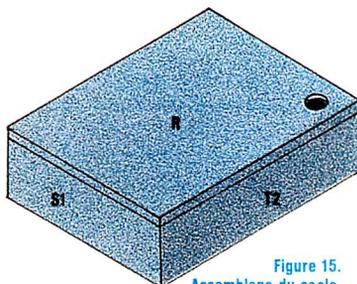
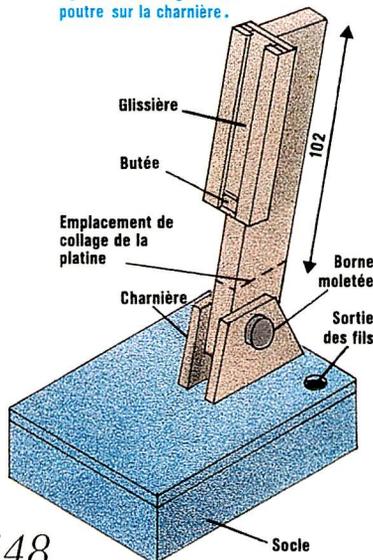


Figure 15. Assemblage du socle.

RAPPEL

Les expériences les plus marquantes et les plus importantes de cette rubrique ont été regroupées dans l'ouvrage *la Physique amusante*. En vente à Science & Vie, 5 rue de La Baume, 75008 Paris. Prix : 75 F (85 F par envoi direct).

Figure 16. Montage de la poutre sur la charnière.



vations sont possibles avec le matériel ainsi disposé ; l'une des plus spectaculaires consiste à observer de l'eau recueillie dans un vase ayant contenu des fleurs, ou bien dans laquelle on a fait infuser des déchets végétaux pendant plusieurs jours à 22-24 °C.

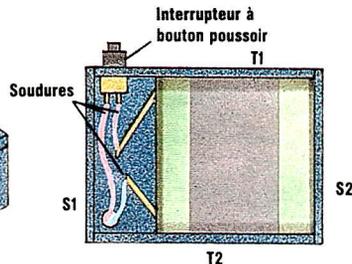
On verra alors vivre un monde ignoré, où les vorticelles, minuscules animaux fonctionnant sur ressort, et les amibes gélatineuses et protéiformes s'agitent avec fureur, mais dans le plus grand silence. Pour aller plus loin, on pourra se procurer des ouvrages sur la microscopie d'amateur.

On peut aussi observer de merveilleuses images multicolores en utilisant les deux filtres polarisants prévus dans la description. Pour cela, il faudra dissoudre un corps tel que du sucre roux, de l'hyposulfite de sodé, de l'acide urique, du chlo-

rate de potasse, etc., et déposer une goutte de solution sur la lamelle.

On laisse s'évaporer l'eau, puis on met la préparation sous l'objectif. Après avoir placé le filtre n°2 dans sa glissière — le n°1 étant supposé déjà en place dans l'oculaire — et mis au point, il suffira de tourner doucement l'oculaire pour observer un chatouement de couleurs et de formes.

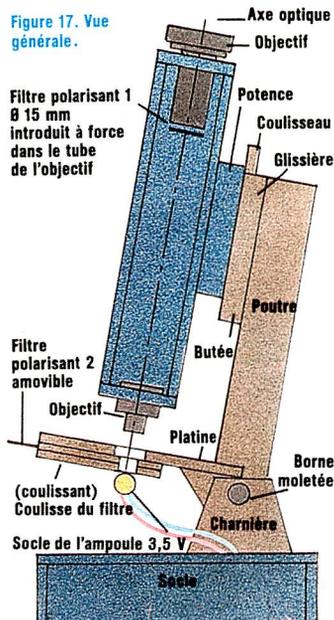
Mais, même sans ce perfection-



nement, ce microscope permet déjà de remarquables observations, et il constitue, pour un prix vraiment faible, un instrument d'autant plus intéressant que celui qui l'a construit n'aura aucun mal à l'améliorer par l'adjonction d'un miroir orientable ou même d'une crémaillère de réglage ; le miroir à l'énorme intérêt de permettre d'utiliser la lumière du soleil.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier

Figure 17. Vue générale.



Les phases des planètes

JOURNAL DE L'ASTRONOME

N'importe quel individu, même s'il n'a aucun intérêt pour l'observation du ciel, a forcément remarqué que la Lune n'a pas toujours un aspect identique et qu'elle présente des "phases".

Les lointains Chaldéens expliquaient cela par le fait que la Lune était un disque tournant sur lui-même, perçu donc tantôt en entier, lors de la pleine lune, tantôt à moitié lors des quartiers, ou pas du tout lors de la nouvelle lune, alors qu'elle est de profil.

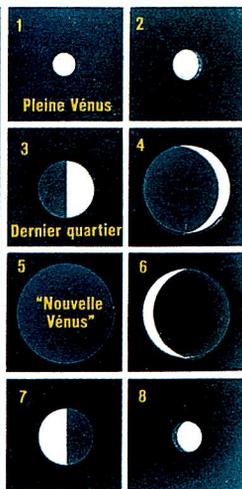
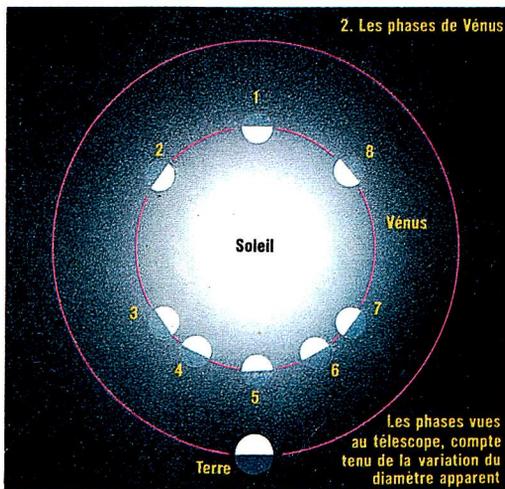
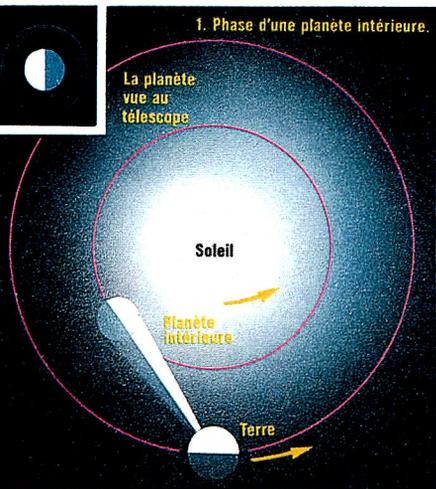
On sait depuis très longtemps qu'il n'en est rien : les phases de la Lune ne sont dues qu'à sa position sur son orbite autour de la Terre, par rapport au Soleil.

plication identique à celle des phases lunaires.

En fait, il faut distinguer deux cas : celui des planètes intérieures et celui des planètes extérieures. Rappelons qu'on nomme planètes intérieures celles dont l'orbite est située entre le Soleil et l'orbite de la Terre ; deux planètes, Mercure et Vénus, sont dans ce cas. Les autres planètes, de Mars à Pluton, dont l'orbite est au-delà de celle de la Terre par rapport au Soleil, sont dites extérieures.

Examinons le cas d'une planète intérieure. La **figure 1** montre la position des trois corps considérés : le Soleil, la planète et la Terre.

possibles. C'est ce que la **figure 2** nous montre dans le cas de Vénus. Seulement, si les phases de la Lune sont toutes observables, à l'exception de la nouvelle lune, il n'en est pas de même pour les planètes intérieures. Examinons la **figure 2**. En **1**, c'est la "pleine Vénus" : la planète présente un disque parfait, mais non observable, car elle se trouve de l'autre côté du Soleil, position appelée conjonction supérieure. Peu après sa conjonction supérieure, Vénus va redevenir observable, mais le disque ne sera pas parfait : il s'agit de la phase gibbeuse (**2**). Lorsque Vénus est en **3**, c'est le dernier quartier qui se produit lors de l'élongation orientale, c'est-à-dire que la planète est vue depuis la Terre à son écartement maximal du Soleil. A partir de cette date, le croissant se "creuse" de plus en plus jusqu'à devenir très mince (**4**). En **5**, c'est la nou-

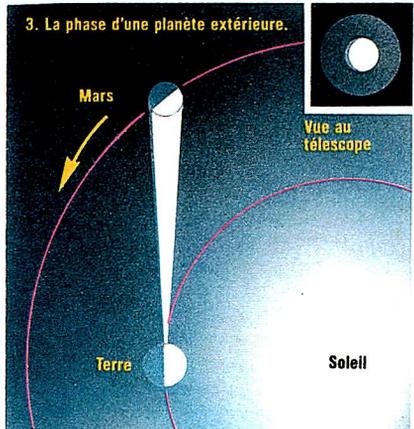


Premier quartier

Les phases des planètes. Mais si les phases de la Lune ne sont ignorées de personne, il en est tout autrement pour celles des planètes. Les possesseurs de lunette ou de télescope en ont certainement fait l'expérience. Il suffit de pointer la planète Vénus avec un instrument et de la faire observer par un néophyte. Presque invariablement, ce dernier s'exclamera : « C'est la Lune », alors même que celle-ci n'est pas visible dans le ciel ! Car, contre toute attente, les planètes comme la Lune présentent des phases. Leur origine reçoit une ex-

Pour une meilleure compréhension, les proportions ne sont pas respectées et, en particulier, le diamètre de la planète est fortement exagéré. On constate que le Soleil éclaire la moitié du globe de la planète qui est tournée vers lui. Mais si, depuis la Terre, nous apercevons aussi une moitié de ce globe, une partie seulement en est éclairée. La planète n'est donc pas vue comme un disque parfait et présente en l'occurrence une phase gibbeuse.

En fonction de ses différentes positions sur l'orbite, la planète nous présentera toutes les phases



velle Vénus : l'hémisphère se trouvant dans l'obscurité est tourné vers nous, et la planète, en conjonction inférieure, est inobservable. Peu après, le croissant réapparaît, la planète redevient visible, le matin désormais, et les phases vont se poursuivre symétriquement.

Autre différence avec les phases lunaires, la variation de distance. Dans le cas de la Lune, la distance de celle-ci à la Terre varie de 363 300 kilomètres à 405 500 kilomètres, ce qui se traduit par une variation du diamètre apparent peu sensible, de 29,3 à 33,5 minutes d'arc.

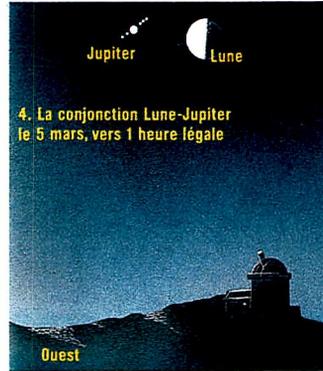
En revanche, Vénus peut s'éloigner, lors de la conjonction supérieure, à 258 millions de kilomètres et se rapprocher, lors de la conjonction inférieure, à 39 millions de kilomètres.

Il s'ensuit une variation notable

de "nouvelle planète".

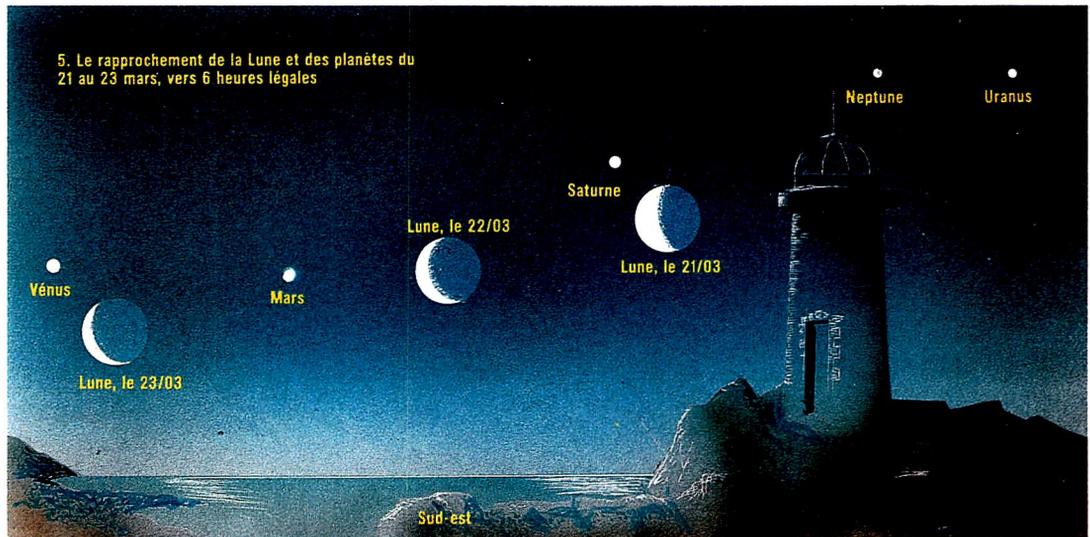
En fait, la phase maximale a lieu lors de la quadrature, c'est-à-dire quand l'angle Terre-planète et Terre-Soleil est égal à 90°. La **figure 3** montre le phénomène.

Cette phase des planètes exté-



L'observation des phases. Au plan pratique, ce sont les phases de Vénus les plus intéressantes et les plus faciles à suivre. Historiquement, on attribue à Galilée leur découverte, lorsqu'il utilisa pour la première fois une lunette. De nos jours, avec les progrès de l'optique, une bonne paire de jumelles grossissant une dizaine de fois montrera le croissant vénusien aux alentours de la conjonction inférieure. Une lunette ou un télescope permettent de suivre les phases tout au long de la visibilité de la planète. Pour Mercure, c'est un peu plus difficile, car la planète ne se dégage que rarement des lueurs solaires pour autoriser une bonne observation.

Il faut signaler également une récente étude américaine sur la visibilité des phases de Vénus à l'œil nu. Apparemment impossible, il semble toutefois que certains,



du diamètre apparent de 3,8 à 66,7 secondes d'arc ! C'est la raison de la différence de taille des phases sur la **figure 2**. Dans le cas de Mercure, la distance varie de 218 à 79 millions de kilomètres et le diamètre de 4,7 à 12,8 secondes d'arc.

Les planètes extérieures. Les planètes extérieures présentent, elles aussi, un effet de phases, mais, de par leur orbite située bien au-delà de la nôtre, cet effet est peu marqué. On n'observera pas de croissant, de quartier ou

rières est sensible pour Mars, qui apparaît gibbeuse aux alentours de la quadrature. Pour Jupiter, l'effet est à peine sensible et se traduit par un léger assombrissement du bord concerné.

Pour ces deux planètes, il faut éventuellement tenir compte de la phase lors de la réalisation de leur dessin. Au-delà de Jupiter, c'est-à-dire pour Saturne, Uranus, Neptune et Pluton, rien n'est discernable et seul le calcul permet de déterminer cet effet.

dotés d'une vue au-dessus de la moyenne, puissent discerner le croissant de la planète, lorsque celle-ci est proche de son diamètre maximal. Rappelons que, à ce moment-là, le diamètre apparent atteint et dépasse légèrement la minute d'arc. Or, c'est précisément la limite de la perception visuelle. Des recherches bibliographiques rapportent plusieurs cas d'observation de ce type par des personnes qui ignoraient l'existence de ces phases, vers la

fin du XIX^e siècle.

Il serait intéressant que les lecteurs qui en ont fait l'expérience veuillent bien nous la communiquer. A tout le moins, il faudra mobiliser son attention pour la prochaine période de conjonction inférieure, en août 1991.

Afin de faciliter l'observation des phases, le tableau suivant indi-

MERCURE

| | |
|-------------------------|----|
| 9 janvier 1990 | CI |
| 1 ^{er} février | EO |
| 19 mars | CS |
| 13 avril | EE |
| 3 mai | CI |
| 31 mai | EO |
| 2 juillet | CS |
| 11 août | EE |
| 8 septembre | CI |
| 24 septembre | EO |
| 22 octobre | CS |
| 6 décembre | EE |
| 24 décembre | CI |

VENUS

| | |
|-------------------------------|----|
| 18 janvier 1990 | CI |
| 30 mars 1990 | EO |
| 1 ^{er} novembre 1990 | CS |
| 13 juin 1991 | EE |
| 22 août 1991 | CI |

CI : conjonction inférieure

EO : élongation maximale ouest

CS : conjonction supérieure

EE : élongation maximale est

que les dates des principales positions des planètes intérieures sur leur orbite.

Pour Mars, la phase sera particulièrement sensible du début mai à fin septembre, avec un maximum fin juillet, début août. Pour Jupiter, ce sera en mars et avril, puis en octobre et novembre.

Le ciel en mars. C'est la Lune qui retiendra l'attention des amateurs en début de mois. Son premier quartier ayant lieu le 4, durant toute cette période, elle offrira en début de soirée l'infinie variété de ses paysages. Lumière cendrée et fin croissant lunaire seront à rechercher autour de la nouvelle lune du 26, soit du 21 au 24 et du 27 au 30.

Mercury est en conjonction supérieure le 20. On pourra tenter de la repérer aux jumelles, juste avant

le coucher du Soleil à l'ouest en début de mois, puis le matin un peu avant le lever à l'est dans les derniers jours de mars.

Vénus, éblouissante étoile du matin, se lève environ deux heures avant le Soleil. En croissant au début du mois, elle atteint son quartier le 30. Une évolution intéressante à suivre avec un petit instrument.

Mars se lève presque en même temps que Vénus. Elle devient de mieux en mieux visible, mais son diamètre apparent de cinq secondes d'arc rend encore difficile l'observation de détails à sa surface. Les conditions vont s'améliorer au fil des mois.

Jupiter, toujours dans les Gémeaux, se couche de plus en plus tôt, vers 4 heures légales, le 1^{er}, et 3 h 15 le 31. Cela laisse tout de même largement le temps de bien l'observer en soirée dans d'excellentes conditions. L'évolution de la planète géante est particulièrement importante à suivre. En effet, depuis l'été 1989, une des deux bandes équatoriales a quasiment disparu.

Le phénomène, dû à une grande activité de l'atmosphère jovienne, n'est pas parfaitement expliqué. Simultanément, on a remarqué un obscurcissement notable de la grande tache rouge. On s'attend à de nouveaux changements cette année.

A signaler la conjonction de Jupiter avec la Lune vers une heure du matin, dans la nuit du 5 au 6 (figure 4).

La planète aux anneaux, Saturne, suivie d'Uranus et de Neptune est observable le matin, dans le Sagittaire. Le cortège se lève environ trois heures avant le Soleil le 1^{er}, et quatre heures avant le 31.

On surveillera avec intérêt les conjonctions successives de la Lune vers 6 heures du matin heure légale, le 21 avec Saturne, Uranus et Neptune, le 22 avec Mars, et le 23 avec Vénus. Beau spectacle à contempler aux jumelles (figure 5).

Enfin, n'oublions pas l'équinoxe de printemps le 21 mars à 21 heures, et le passage à l'heure d'été dans la nuit du samedi 24 au dimanche 25. Il faudra, à 2 heures cette nuit-là, avancer les montres et les pendules d'une heure.

Yves Delaye

Premières réponses

JEUX MATHÉMATIQUES

Si vous avez participé au IV^e Championnat international de France des Jeux mathématiques et logiques, vous allez pouvoir dès aujourd'hui vérifier vos réponses à certaines des questions *Science & Vie*, celles qui n'apparaissent pas sur Minitel, puisque *Science & Vie* paraît avant le 28 février.

La liste complète des qualifiés pour les demi-finales figurera également sur Minitel dès la fin du mois de mars. Une convocation, comportant toutes les indications nécessaires pour participer aux demi-finales, sera envoyée aux heureux gagnants vers le 10 avril. Mais si vous n'êtes plus dans la course, tout n'est pas fini pour autant. Vous pourrez, grâce au Minitel, accompagner les concurrents tout au long du championnat.

Tout d'abord le 28 avril à 14 h 30, sur Minitel (3615 code TOPJ ou JEULOGIC), vous pourrez avoir accès en même temps que les demi-finalistes aux jeux-problèmes qui leur seront posés. Des prix récompenseront les meilleurs (calculatrices HP, livres Hatier...).

Un rendez-vous similaire aura lieu le 7 juillet, jour de la finale. Vous pouvez d'ores et déjà prévoir de vous déplacer à Paris pour le concours parallèle, ou, à défaut, de répondre sur Minitel. Mais, indépendamment de ces grands rendez-vous, un jeu hebdomadaire, diffusé sur FR3 à partir de mars, relayé par le 3615 JEULOGIC, permettra de faire, à l'aide des Jeux mathématiques, une moisson de cadeaux. En ce qui concerne les réponses au problème du jardin, l'imprécision du dessin paru dans le n° 868, signalée par nos lecteurs, sera prise en compte. Passons maintenant aux deux solutions.

Le jardin

Trouver l'aire du jardin dont le plan est représenté par la zone hachurée. Le cercle extérieur a un

ERRATUM. Dans le n° 864, les distances entre les villes sont : 200 km, 200 km et 100 km et non 10 km.

Un cordon Péritel pour magnétoscope

ELECTRONIQUE AMUSANTE

La majeure partie des magnétoscopes sont connectés au téléviseur par l'intermédiaire de la fiche antenne. Cependant, cela se fait au prix de nombreux traitements électroniques appliqués tant au signal vidéo qu'au signal audio. Il faut, en effet, les mélanger suivant les normes SECAM, puis utiliser ce mélange pour moduler un mini-émetteur UHF. De son côté, le téléviseur recevra cette émission puis effectuera les opérations inverses de manière à restituer image et son. Ce double traitement, au total parfaitement inutile si ce n'est pour pouvoir utiliser directement la fiche antenne du téléviseur, a tendance à détériorer la qualité de l'enregistrement. Cette perte de qualité est d'ailleurs encore plus marquée si l'installation est connectée à un réseau câblé permettant de recevoir de nombreuses chaînes ou sur un circuit de distribution collective acheminant des signaux électriques d'une amplitude souvent élevée. Dans ces derniers cas, le canal magnétoscope a souvent bien du mal pour trouver une plage de fréquences libre, ou, tout simplement, pour ne pas être couvert par les autres émissions. Des problèmes tels que zébrures ou mauvaise qualité des couleurs peuvent alors affecter l'image issue de la cassette. La solution pour voir disparaître ces problèmes est d'utiliser une liaison magnétoscope-téléviseur totalement indépendante de la fiche antenne. La fiche Péritel du téléviseur nous offre cette possibilité, et nous vous proposerons donc ce mois-ci de réaliser un cordon de raccordement permettant de l'utiliser.

Tous les magnétoscopes actuels, en plus de la fiche Canal Plus permettant le raccord de leur décodeur, possèdent deux sorties équipées de petites fiches rondes. L'une concerne la vidéo, l'autre le son. Ce sont ces dernières que nous utiliserons pour faire parvenir les signaux issus du magnétoscope au téléviseur. Cette opération

sera effectuée par simple câblage de fiches RCA mâles (côté magnétoscope) sur fiche Péritel (côté téléviseur), à l'aide de fil blindé. Notons que nous avons également équipé notre cordon d'une petite pile de 9 volts. Celle-ci permet de rendre notre montage compatible avec les anciens téléviseurs ne comportant pas de position dite audiovisuelle. Sur ce type d'appareil, la mise en service de la fiche Péritel se commande effectivement en appliquant une tension sur la broche numéro 8 de cette dernière. Un interrupteur, placé sur notre montage, permettra donc de mettre en service, ou d'interrompre, la liaison magnétoscope quelle que soit la chaîne regardée au départ. Précisons que la consommation électrique pour cette commande reste extrêmement faible; la durée de vie de la pile sera donc très élevée. Rappelons que, dans le cas où le téléviseur comporte une position audiovisuelle, il sera parfaitement inutile de réaliser cette partie du montage.

Le câblage de ce cordon est particulièrement simple; il s'agit, en effet, essentiellement de raccorder de fils. Nous utiliserons cependant une petite plaquette de câblage afin d'effectuer des liaisons propres entre les fils blindés issus des fiches RCA, celui comportant au moins 4 conducteurs dont un blindé provenant de la fiche Péritel, et les fils du clip de branchement de la pile. L'interrupteur de commutation du magnétoscope sera soudé en série sur le plus-9-volts, et une résistance permettra de limiter le courant appliqué à la commande de passage en mode Péritel.

Pour notre part, nous avons équipé ce montage d'un boîtier en plastique. Ce dernier sera surtout utile si l'emploi de la pile est indispensable, et il permettra de fixer l'interrupteur. En cas contraire, la plaquette pourra être simplement entourée d'un adhésif d'isolation pour fil électrique.

Test et mise en service de ce cor-

rayon de 20 m. Arrondir au m² le plus proche.

A partir de R = 20 m, une application du théorème de Pythagore donne :

$$(R + h)^2 + h^2 = 2R^2.$$

On déduit

$$h = R (\sqrt{3} - 1) / 2 = 7,32 \text{ m.}$$

L'angle α (en radians) vaut $\text{arc tg} [h / (h + R)] = \pi / 12 \text{ rd.}$

Le secteur circulaire a donc pour aire.

$$(R \sqrt{2})^2 \alpha = 209,43 \text{ m}^2.$$

La zone hachurée a pour aire

$$h(R + h) - h^2 = 146,41 \text{ m}^2.$$

Le quart du jardin a pour aire

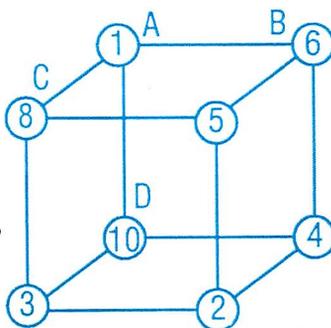
$$(209,43 - 146,41) \text{ m}^2.$$

D'où l'aire du jardin = 252 m².

Le cube anglais

Disposez huit entiers positifs distincts, chacun a un sommet d'un cube, de sorte que le produit des quatre entiers situés aux sommets d'une face soit le même pour les six faces, et qu'il soit le plus petit possible. On répondra en faisant en sorte que A soit le plus petit des huit entiers, que B soit plus petit que C et C plus petit que D.

Gilles Cohen

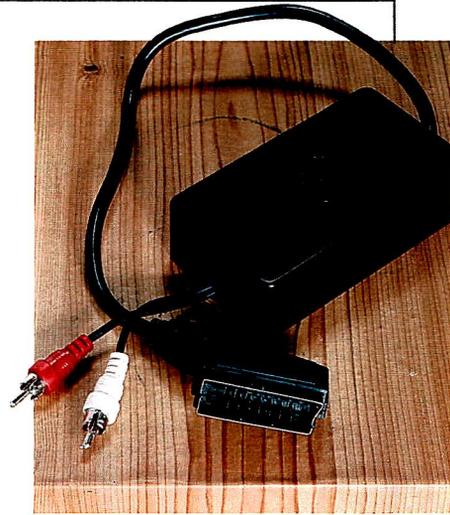


don sont également très simples. Fiches Péritel et RCA, en prenant soin de bien respecter vidéo et son, seront connectées. Puis le téléviseur et le magnétoscope seront mis sous tension. Si le montage fonctionne sans piles, le mode audiovisuel sera sélectionné ; on vérifiera alors qu'image et son provenant de la lecture d'une cassette sont correctement restitués. Dans le cas d'un téléviseur nécessitant l'usage de la pile, il faudra s'assurer que le fait d'agir sur l'interrupteur provoque bien la commutation entre la réception d'une chaîne et la lecture de la cassette. Si tel est le cas, le montage sera prêt à l'emploi.

Pour les fils blindés destinés aux

fiches RCA, nous vous conseillons d'utiliser un fil muni de deux blindages indépendants et, si possible, ne passant pas sous une gaine globale. Cela permettra d'obtenir un câblage plus propre des fiches. Ce type de câblage est disponible chez la majeure partie des détaillants de matériels électroniques et ressemble beaucoup au fil des rallonges électriques. Il sera ainsi possible de séparer le fil blindé destiné à la vidéo de celui du son. L'utilisation de fil ne comportant qu'un blindage unique des deux conducteurs "utiles" est à proscrire. Le son, notamment, risquerait d'être entaché de ronflements et l'image de zones sombres fugitives liées au son.

Henri-Pierre Penel



IMPLANTATION DES COMPOSANTS

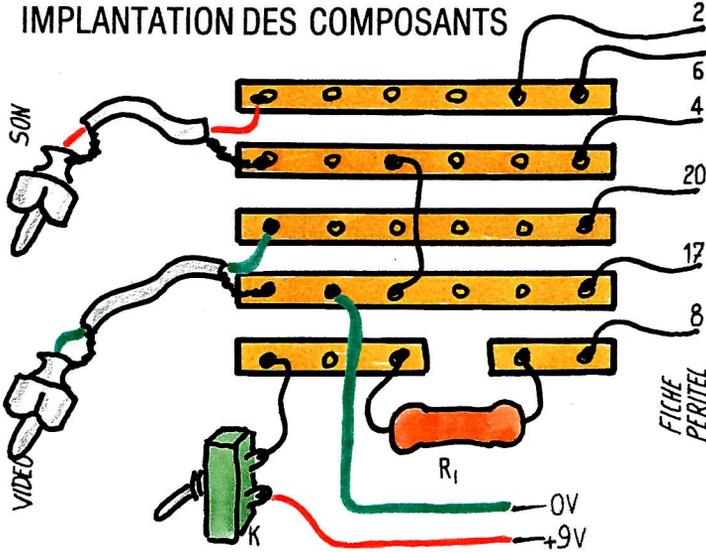
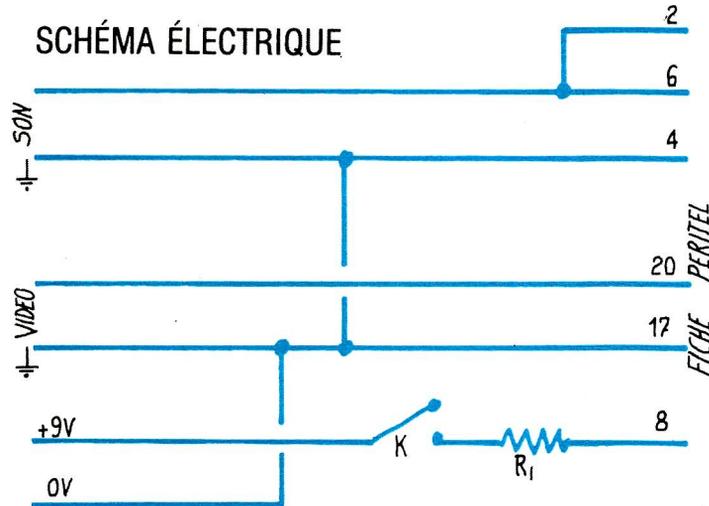


SCHÉMA ÉLECTRIQUE



OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS?

△ MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris, tél. (1) 43 79 39 88.

△ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris, tél. 43 36 26 05.

△ T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville, tél. 34 13 37 52.

△ URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon Suisse

△ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

NOMENCLATURE

- 1 fiche RCA noire
- 1 fiche RCA rouge
- 1 fiche Péritel
- 1 m de fil pour fiche Péritel
- 1 m de fil blindé monoconducteur
- 1 plaquette de câblage
- $R_1 = 4,7$ kilohms (jaune, violet, rouge, or)
- 1 interrupteur
- 1 clip pour pile 9 volts
- 1 pile 9 volts
- 1 boîtier en plastique pour magnétoscope.

Mathematic's Baby III

INFORMATIQUE AMUSANTE

Nous vous proposerons ce mois-ci le dernier programme de notre série "Mathematic's Baby". Nous vous avons présenté addition, soustraction et multiplication ; nous nous attacherons tout naturellement ici à la division.

Notons que ces trois programmes peuvent parfaitement, si vous le souhaitez, être assemblés en un seul. Il suffira pour cela de jouer sur la numérotation des lignes et de loger, en tête de l'ensemble, quelques lignes permettant à l'ordinateur de s'orienter directement vers l'un ou l'autre de ces programmes. Précisons que, si nous ne vous avons pas présenté ces pro-

grammes directement sous cette forme, c'est uniquement par manque de place.

Ce logiciel s'adressera essentiellement à des élèves de fin de CE2 ou début de CM1. Il sera cependant possible de varier le niveau de difficulté des opérations posées, comme dans le cas de la multiplication, en jouant sur le nombre de chiffres du dividende (de 1 à 3) et du diviseur (1 ou 2). Ici encore, comme précédemment, lors de l'exécution du programme, l'enfant sera guidé pas à pas ; un astérisque indiquera l'emplacement du chiffre à frapper, et divers commentaires seront affichés à l'écran. Il sera

donc possible de savoir immédiatement si la réponse proposée est exacte ou non.

Passons maintenant à l'écriture de ce programme. Nous demanderons, pour commencer, à l'Amstrad de travailler en MODE 0 ; cela permet d'obtenir sur l'écran les caractères les plus gros. De même, la valeur de SPEED KEY sera modifiée. Cela afin d'éviter la répétition d'une touche si l'enfant la maintient enfoncée trop longtemps. Afin de mémoriser les nombres proposés, ainsi que les résultats intermédiaires, quatre tableaux seront créés à l'aide de l'instruction DIM. Ces derniers nous permettront de vérifier en "temps réel" les réponses proposées. Deux symboles seront en suite redéfinis ; ils nous permettront d'afficher à l'écran les traits horizontaux et verticaux de la division. Vient en-

```

10 MODE 0:SPEED KEY 250,2:CLR
20 LET M$=""
30 LET K$=""
40 LET R$=""
50 DIM A(3):DIM B(2)
60 DIM S(4):DIM T(4)
70 REM *****
80 REM *
90 REM * SYMBOLES BARRÉS D'OPERATION *
100 REM * *
110 REM *****
120 SYMBOL AFTER 127
130 SYMBOL 128,0,255,255,0,0,0,0
140 SYMBOL 129,3,3,3,3,3,3,3
150 REM *****
160 REM * *
170 REM * CHOIX DU NOMBRE DE CHIFFRES *
180 REM * DE L'OPERATION. *
190 REM * *
200 REM *****
210 PRINT "CHOISIS TON NIVEAU:":PRINT:PRINT
220 PRINT:PRINT
230 PRINT "NOMBRE DE CHIFFRES":PRINT
240 PRINT "DU DIVIDANDE.":PRINT
250 PRINT "(1,2 ou 3 chiffres.):PRINT
260 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 260
270 LET M1=ASC(K$)-48:IF M1<>1 AND M1<>2 AND M1<>3 THEN GOTO 260
280 PRINT "DU DIVISEUR.":PRINT
290 PRINT "(1 ou 2 chiffres.):PRINT
300 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 300
310 LET M2=ASC(K$)-48:IF (M2<>1 AND M2<>2) OR M2>M1 THEN GOTO 300
320 PRINT CHR$(7):CLS
330 REM *****
340 REM *
350 REM * TIRAGE ALEATOIRE *
360 REM * DES NOMBRES. *
370 REM * *
380 REM *****
390 FOR I=1 TO M1
400 LET X=INT(RND*9)+1
410 LET A(M1+1-I)=X
420 NEXT I
430 FOR I=1 TO M2
440 LET X=INT(RND*9)+1
450 LET B(3-I)=X
460 NEXT I
470 CLS
480 PRINT "Je te propose:"
490 LOCATE 1,18:PRINT "A TOI DE JOUER:"
500 LOCATE 1,20:PRINT "INDIQUE LE CHIFFRE"
510 LOCATE 1,22:PRINT "QUI DOIT REMPLACER"
520 LOCATE 1,24:PRINT "L'ETOILE:":PEN 14:PRINT " *":PEN 1
530 GOSUB 780
540 LOCATE 1,18:PRINT "TRES BIEN. SI TU "
550 LOCATE 1,20:PRINT "VEUX EFFECTUER UNE "
560 LOCATE 1,22:PRINT "AUTRE DIVISION: "
570 LOCATE 1,24:PRINT "TAPES UNE TOUCHE. "
580 IF INKEY$="" THEN GOTO 580
590 PRINT CHR$(7):CLS
600 REM *****
610 REM * *
620 REM * MODIFICATION DU NIVEAU *
630 REM * *
640 REM *****
650 LOCATE 1,18:PRINT "VEUX-TU MODIFIER"
660 LOCATE 1,20:PRINT "TON NIVEAU? "
670 LOCATE 1,22:PRINT "TAPES 'O' OU 'N'"
680 LET K$=UPPER$(INKEY$)
690 IF K$<"O" AND K$<"N" THEN GOTO 680
700 IF K$="O" THEN GOTO 10
710 FOR I=1 TO 4
720 LET S(I)=0:LET T(I)=0
730 IF I<4 THEN LET A(I)=0
740 IF I<3 THEN LET B(I)=0
750 NEXT I
760 GOTO 330
770 STOP
780 REM *****
790 REM * *
800 REM * SOUS ROUTINE PRINCIPALE. *
810 REM * *
820 REM *****
830 LET CV=0:LET H=10:LET CH=0
840 REM *****
850 REM * *

```

suite une page de présentation concernant le choix du niveau. L'ordinateur demandera donc de lui préciser le nombre de chiffres du dividende, puis du diviseur. Afin de faciliter la manipulation du programme, précisons ici qu'il sera inutile d'utiliser la touche ENTER pour valider les réponses. En fonction de ces instructions, dividende et diviseur seront déterminés par tirage aléatoire de chacun de leurs chiffres, puis mémorisés dans nos tableaux de variables. L'opération sera dès lors présentée sur l'écran, ainsi que divers commentaires, et sa résolution pourra commencer. Pour chaque réponse exacte fournie, l'astérisque se déplacera pour indiquer l'emplacement du nouveau chiffre à trouver et ainsi de suite jusqu'à ce que la division soit entièrement résolue. En cas d'erreur, l'astérisque restera immobile,

et un commentaire sera affiché: "TU TE TROMPES", si la réponse n'a aucun rapport avec le résultat escompté, ou "ET LA RETENUE!", si cette dernière a été oubliée.

Deux sous-routines seront employées. La première, la principale, a pour fonction de contrôler en permanence l'exactitude des réponses proposées lors de la résolution de l'opération. La seconde se charge d'indiquer à l'ordinateur les touches frappées au clavier. Comme on peut le constater, la structure générale de ce programme est très proche de celle adoptée pour la résolution des multiplications. Si donc ce dernier a été utilisé, la compréhension de ce nouveau logiciel ne devrait pas poser de problème particulier.

Sa frappe ne présente pas non plus de difficultés. Le basic employé ici est parfaitement standard

pour l'ensemble de ses fonctions importantes. Seules quelques instructions particulières à l'Amstrad telles que MODE, SPEED KEY, SYMBOLE ou LOCATE ont été utilisées pour améliorer le confort visuel de sa présentation, mais nous avons expliqué de nombreuses fois dans ces pages quelles étaient les instructions équivalentes sur d'autres machines. Il sera donc tout à fait possible d'adapter notre programme en fonction du matériel dont vous disposez.

L'utilisation reste également des plus-simples. Après avoir entièrement tapé le programme et demandé RUN, il suffira de répondre aux questions présentées sur l'écran. Ici encore, il ne sera jamais nécessaire d'utiliser la touche ENTER pour valider les réponses.

Henri-Pierre Penel ▲

```

860 REM *      AFFICHAGE DES NOMBRES      *
870 REM *
880 REM *****
890 FOR I=1 TO 3
900 LOCATE 8-M1+(I),5+CV: LET A$=CHR$(A(I)+
48)
910 IF A$<>"0" THEN PRINT A$
920 NEXT I
930 LOCATE 10,6:PRINT CHR$(128);CHR$(128)
940 FOR I=1 TO 2
950 LOCATE 7+M2+(I),5: LET B$=CHR$(B(I)+48)
960 IF B$<>"0" THEN PRINT B$
970 NEXT I
980 FOR I=0 TO 4
990 LOCATE 9,5+I:PRINT CHR$(129)
1000 NEXT I
1010 LET RT=0
1020 LET S(1)=0:LET T(1)=0
1030 LOCATE 10+CH,7:PEN 14:PRINT "*":PEN 1
1040 LET DV=10*B(1)+B(2)
1050 LET DD=A(1):LET H=9-M1
1060 IF DD>DV OR M1=1 THEN GOTO 1160
1070 LET DD=(10*A(1))+A(2):LET H=10-M1
1080 IF DD>DV OR M1=2 THEN GOTO 1160
1090 LET DD=(100*A(1))+(10*A(2))+A(3)
1100 LET H=8
1110 REM *****
1120 REM *
1130 REM * DETER. DE L'ENTIER A TROUVER *
1140 REM *
1150 REM *****
1160 LET Y=INT(DD/DV)
1170 GOSUB 1630
1180 REM *****
1190 REM *
1200 REM * CONTROLE DU CHIFFRE PROPOSE *
1210 REM *      POUR LE RESULTAT.      *
1220 REM *
1230 REM *****
1240 IF Y=X THEN LOCATE 1,1:PRINT "C'EST TR
ES BIEN.":GOTO 1270
1250 IF Y>X THEN LOCATE 1,1:PRINT "C'EST PA
S ASSEZ.":GOTO 1170
1260 IF Y<X THEN LOCATE 1,1:PRINT "C'EST TR

```

```

OP.....":GOTO 1170
1270 LOCATE 10+CH,7:PRINT CHR$(X+48)
1280 LET SD=2
1290 LET ST=H-8+M1:LET RT=0:LET RS=0
1300 LOCATE H,7+CV:PEN 14:PRINT "*":PEN 1
1310 LET XD=RS+(X*B(SD))
1320 IF XD>9 THEN LET RS=INT(XD/10):LET XD=
XD-(10*RS)
1330 LET YD=RT+A(ST)
1340 IF YD<XD THEN LET YD=YD+10:LET RT=1
1350 LET Y=YD-XD
1360 GOSUB 1630
1370 IF Y=X THEN LOCATE 1,1:PRINT "C'EST TR
ES BIEN.":GOTO 1380
1380 LET A(ST)=X
1390 LOCATE H,7+CV:PRINT CHR$(X+48)
1400 IF H=9-M1 THEN GOTO 1470
1410 LET H=H-1:GOTO 1290
1420 REM *****
1430 REM *
1440 REM * DETECTION FIN D'OPERATION *
1450 REM *
1460 REM *****
1470 LET SD=1:LET J=0:LET XF=0
1480 FOR I=M1 TO 1 STEP-1
1490 LET XF=XF+(A(I)*(10^J))
1500 LET J=J+1
1510 NEXT I
1520 LET YF=(B(1)*10)+B(2)
1530 IF XF<YF THEN GOTO 1560
1540 LET CV=CV+2:LET CH=CH+1
1550 GOTO 890
1560 RETURN
1570 REM *****
1580 REM *
1590 REM *      SOUS ROUTINE DE SAISIE      *
1600 REM *      DES TOUCHE FRAPPEES      *
1610 REM *
1620 REM *****
1630 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 1630
1640 LET X=ASC(K$)-48
1650 PRINT CHR$(7)
1660 RETURN

```

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 4985
35, rue Collange - 92303 Levallois.

Tél. : (1) 42.70.81.88



**Pourquoi
emprunter
les cheveux
des autres...**

**n'allez pas chercher ailleurs
ce que vous possédez déjà**

la chirurgie esthétique
vous fera retrouver par une technique
simple - efficace et indolore
votre **VRAIE** chevelure

poussant naturellement souple et vivante,
s'éclaircissant au soleil et s'argentant avec
l'âge, car jamais plus vos cheveux ne tomberont.

**CLINIQUE DU ROND-POINT
DES CHAMPS-ÉLYSÉES**

(Autorisation Ministère de la Santé du 23-10-1950)

61, AV. F.-D. ROSSEVELT, 75008 PARIS - 43 59 49 06 / 71 63
Consultation gratuite et documentation envoyée sur demande

NOM
ADRESSE

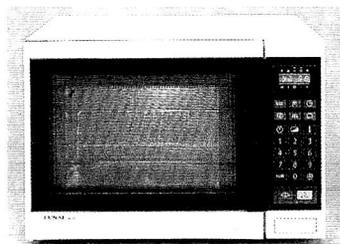
SV 03

Informations commerciales

DINEL S.A.

Distributeur exclusif du constructeur japonais FUNAI pour le marché français des magnétoscopes produits CD et TV, Dinel SA lance le dernier né de la gamme Funai.

**UN MICRO ONDES COMBINÉ CONVECTION/GRILL
A DEUX PALIERS**

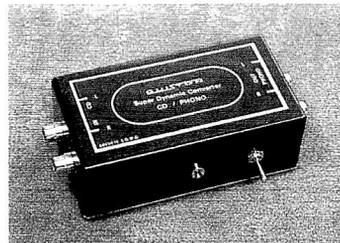


- Capacité 23 litres
 - Minuterie 100 min.
 - Eclairage intérieur et porte vitrée à ouverture latérale.
 - **Cuve en acier inoxydable.**
 - Décongélation automatique selon le poids.
 - **Affichage digital 24 h** avec compte à rebours du temps de cuisson.
 - **Programmation de démarrage de la cuisson.**
 - **Puissance variable** de 60 à 600 watts.
 - Encombrement (L×H×P) 526×360×471 mm
- Prix public indicatif : environ 2990 F.**



DINEL SA - 7/9, rue Maryse Bastié - BP 99
93123 La Courneuve - Tél. (1) 48 36 16 00.

LE CONVERTISSEUR LASER GUISTON La bonne fée du numérique



Le "SUPER DYNAMIC CONVERTER" GUISTON, bien connu à présent des audiophiles, permet d'améliorer de façon réellement spectaculaire la qualité musicale d'un lecteur CD. Ce petit appareil à peine plus volumineux qu'un paquet de cigarettes s'intercale entre la sortie de votre platine laser et l'entrée pick-up de votre amplificateur. Deux minutes suffisent pour le connecter. Les résultats d'écoute sont tels que nous avons redécouvert la plupart de nos CD classiques. Tout cela avec un côté chantant et mélodieux souvent oublié par beaucoup des lecteurs CD.

Auditorium HIFIAVIE

Centre de recherche et de perfectionnement
en Electronique Audiovisuelle
17/19, rue Lambert - 75018 Paris
Tél. (1) 42 55 01 63

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

TELEVISION

Recevez La Sept pour 1 480 F par an

Nos lecteurs le savent : pour capter La Sept, la chaîne culturelle européenne diffusée en D2-MAC Paquet par le satellite TDF-1, ils doivent disposer soit d'un téléviseur spécial D2-MAC, soit d'un décodeur D2-MAC se branchant dans la prise de péritélévision de leur téléviseur. Dans tous les cas, il faut en outre une antenne de 40 cm de diamètre.

La FNAC a conclu un accord avec La Sept, TDF et Radio-France, aux termes duquel elle propose un kit regroupant la vente d'une antenne satellite (1 480 F) et la location d'un tuner/décodeur D2 MAC pour 120 F par mois. La pose de l'antenne n'offre aucune difficulté car elle peut se faire n'importe où dès lors qu'il n'existe aucun obstacle entre cette antenne et le satellite (celui-ci est situé au sud/sud-ouest, 30° au-dessus de l'horizon).

Toutefois, lorsqu'on souhaite faire installer cette antenne, la FNAC peut s'en charger pour un forfait de 1 500 F.

Cet équipement permet actuellement de capter La Sept et Euromusique, qui transite aussi par TDF 1, ainsi que les chaînes allemandes diffusées par TV-SAT 2 — toutefois, la polarisation de TV-SAT 2 étant différente de celle de TDF-1, un accessoire complémentaire est

nécessaire pour les capter. Observons ici que, contrairement à la France, les chaînes allemandes ne sont pas cryptées. Ce sont donc cinq chaînes qui peuvent être reçues gratuitement dans les mêmes conditions que La Sept.

Sur TDF-1, quatre chaînes cryp-

tées devraient débiter leurs émissions à partir de mai (Canal Plus, Canal Plus-Allemagne, Sport 2/3 et Canal Enfants). Les téléspectateurs souhaitant capter un ou plusieurs de ces programmes à péage devront ajouter un décrypteur le moment venu.



AUDIO

Un ampli-tuner ultra-miniaturisé

Selon Yamaha, l'amplificateur audio YST-7 qu'elle propose est le plus petit des tuners amplificateurs actuels de classe haute fidélité. Mesurant 21 × 5 × 18 cm, il possède une réponse en fréquences de 45 à 18 000 Hz avec un rapport signal sur bruit de 81-76 dB en modulation de fréquences et ce malgré une puissance efficace relativement faible de 6 W par canal. Ce résultat, précise encore Yamaha, découle pour beaucoup d'un système d'adaptation de l'amplificateur et des enceintes qui améliorent leur rendement aux basses fréquences malgré leur faible volume (10 cm de large). La partie tuner reçoit la FM. Dix-huit stations sont programmables. Trois entrées permettent la connexion d'un baladeur, d'un lecteur de disque compact et même d'un téléviseur miniature. Il peut aussi servir de réveil.

Le boîtier Incrustel permet d'incruster une image sur l'écran de votre téléviseur. Cette image, en noir et blanc, dont la surface est 1/16^e de celle de l'écran, s'affichera en haut et à droite en se superposant à celle que vous êtes en train de regarder. Elle peut provenir d'un magnétoscope (image en temps réel d'une autre chaîne ou image pré-enregistrée), d'un caméscope, d'une caméra vidéo ou de toute autre source vidéo (1 790 F).

VIDEO

Le son en trois dimensions sur un téléviseur

L'esthétique des téléviseurs change avec leur technologie. Ainsi chez Sony, avec le modèle KV-E 29-10B, dernier-né des récepteurs couleurs.

Sur les côtés de l'appareil, deux enceintes acoustiques restituent le son en stéréophonie (puissance 2×15 W). Sur l'arrière, orientée vers le haut, une troisième enceinte diffuse les basses (puissance 30 W). Ce système tridimensionnel permet une reproduction en haute fidélité lorsque, par le biais d'un tuner raccordé à la prise de péritélévision, le télé-

seur reçoit le son numérique de La Sept (par le satellite TDF-1) ou des cinq chaînes allemandes transmises par TV-SAT 2.

De même, un son stéréophonique de haute qualité peut être obtenu avec des programmes en PAL (le SECAM ne permettant, lui, que la monophonie).

Par ailleurs, le Sony KV-E 29 assure une image de qualité grâce à un traitement numérique des signaux éliminant les parasites (le "bruit" pour les techniciens). L'écran est un 72-cm de diagonale à coins rectangulaires.



Parmi les caractéristiques essentielles de ce téléviseur, mentionnons la possibilité de passage de programmes NTSC, d'une cassette de magnétoscope ou d'un disque compact vidéo; la possibilité de recevoir en deux langues; la présence de deux prises de péritélévision, une entrée luminance-chrominance séparée pour les magnétoscopes S-VHS et Hi-8, l'affichage sur écran des fonctions du téléviseur et, bien sûr, toutes les entrées et sorties classiques. Prix: 10 000 F environ (13 000 F avec le pied).

VIDEO

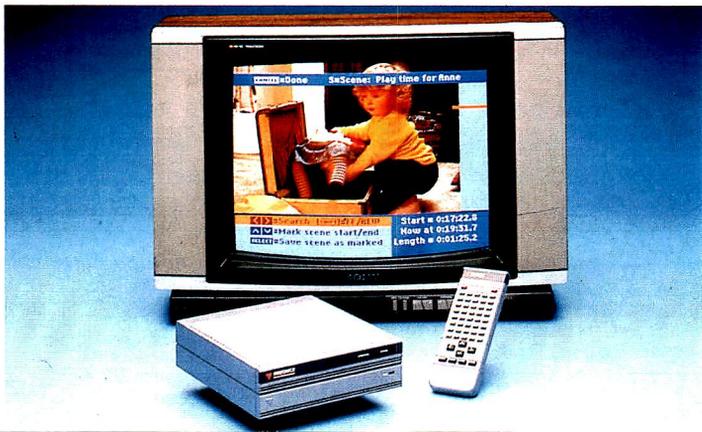
Le montage clef en main

De nouvelles facilités sont données aux possesseurs de caméscopes pour monter leurs prises de vues vidéo. En effet, Videonics Inc., une firme américaine d'électronique, leur propose une table de montage avec son logiciel, Videonics Direct ED, qui est en fait un véritable ordinateur de montage interactif.

Le logiciel permet de repérer et de monter les séquences, d'ajouter des graphiques, des effets spéciaux, des titres et des fonds pour la finition des films. Le système intègre un ordinateur contrôlant la mémorisation des séquences et recherchant automatiquement dans la vidéothèque (où sont stockées les séquences à monter) les scènes

nécessaires. Tous les magnétoscopes et caméscopes sont utilisables, qu'ils soient en VHS, S-VHS, Vidéo 8, Béta ou U-matic. Le téléviseur doit être PAL ou PAL-SECAM.

L'utilisation est des plus simples, toutes les fonctions étant groupées sur une télécommande, y compris le pilotage et la synchronisation des magnétoscopes: il suffit de suivre le menu affiché sur l'écran. Le mode d'emploi est rédigé en français ainsi que les textes affichés sur l'écran. En ce qui concerne les caractéristiques techniques, précisons que le microprocesseur possède une mémoire centrale de 256 K-octets et une mémoire permanente de 8 K-octets alimentée par piles au lithium. Prix: 7 660 F.



REPROGRAPHIE

L'appareil photo copieur

Il ressemble à un projecteur et, comme lui, s'utilise posé sur une table face à un écran. Il s'agit cependant d'un appareil de prise de vue conçu pour photographier les images et les textes projetés sur cet écran — ou écrits au tableau noir — et en donner une photocopie. Réalisé par Fuji, le Fujix BC-10 enregistre l'image sur un senseur à



transfert de charge qui, par balayage, la transmet à une tête thermique. Celle-ci assure aussitôt l'impression noir et blanc sur un papier thermique 16×25 cm. La définition atteint environ 60 points par mm^2 . L'appareil est équipé d'un objectif 3,5/35 mm et de la mise au point automatique. Le tirage de chaque copie prend 28 s. Très compact ($40 \times 9 \times 10$ cm et 4,8 kg), le Fujix BC-10 est vendu 6 000 F au Japon (non disponible pour l'instant en France).

PHOTO

Des objectifs pour photo rapprochée

Tokina, firme spécialisée dans la production d'optiques destinées aux boîtiers reflex, vient de lancer trois objectifs (deux zooms et un téléobjectif). Légers et compacts, tous sont conçus pour la photo ordinaire et la photomacrographie.

Le téléobjectif, un 5,6/400 mm, pèse moins de 1 kg (ce qui est peu pour cette focale). Il permet, en position macro, la prise de gros plans à 4 m. Prix : 2 990 F en monture universelle. Le zoom SZ 270 (3,5-4,5 de 28-70 mm) est particulièrement léger (325 g) et permet la



photomacrographie à 32 cm du sujet avec un rapport 1:4, soit une carte postale plein format. Il est conçu pour les reflex sans mise au point automatique. Prix : 1 250 F.

Le zoom AT-X 270 AF, enfin, convient, lui, aux appareils Minolta et Nikon à mise au point automatique. Ouvert à 1:2, 8, il couvre les focales de 28 à 70 mm et permet la prise de vue macro à 0,70 m du sujet. Poids : environ 600 g. Prix : 3 850 F.

La Société française de photographie organise un stage de montage photographique sonorisé (Diaporama) du 5 au 9 mars prochain, ainsi qu'un stage de prise de vue grand format (chambre 4 x 5 inches) le 12 mars. Renseignements : SFP, 9 rue Montalembert, 75007 Paris.



RADIO

Robe rétro pour poste moderne

Si vous êtes amoureux des vieux postes de TSF des années 50, voici le Phonovox J 495 ; il en reprend les lignes et les couleurs jusque dans sa finition, avec un placage en bois, des boutons en bakélite et la présence d'un haut-parleur central caché par une toile. A l'intérieur, c'est un poste radio à transistors, doté des perfectionnements courants des récepteurs actuels, permettant de capter les ondes moyennes et la FM. Dimensions : 36 x 24 x 25 cm. Prix : 1 950 F (Sedao, 39 rue des Grands-Champs, 75020 Paris).

TELEVISION

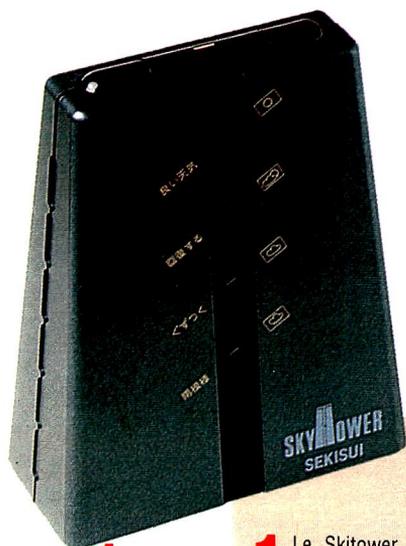
Des récepteurs à masques anti-chaueur

A petits pas, les téléviseurs couleur se perfectionnent. Ainsi, Grundig lance sur le marché des modèles dotés d'un masque dit "Invar". Il s'agit d'un masque inséré dans le tube cathodique qui fait appel à un alliage métallique nouveau et à une structure plus fine de l'écran, le tout offrant une meilleure résistance à l'échauffement et, de ce fait, éliminant les déformations inhérentes à cet effet thermique.

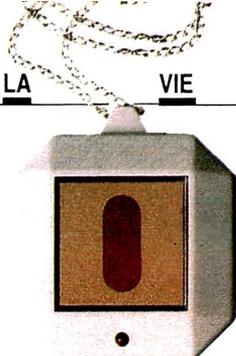
Les autres caractéristiques de ces téléviseurs (Grundig 575 en versions 63 et 70 cm d'écran) sont des plus classiques : PAL-SECAM (et NTSC pour la vidéo) écran plat à coins rectangulaires, recherche

automatique des stations, son stéréophonique (2 x 20 W), deux prises péritélévision et une prise S-VHS. Prix : 7 000 F en 63 cm et 8 000 F en 70 cm.





1
UNE STATION MÉTÉO PARLANTE
1 200 F,
chez ITC Importateur,
renseignements au
(1) 42 74 16 20



4 **DES INTERRUPTEURS RADIOCOMMANDÉS**
De 500 F à 760 F, chez les grossistes en électricité et au BHV, rue de Rivoli, 75004 Paris

LES OBJETS DU MOIS

1 Le Skitower regroupe un baromètre, un thermomètre et un haut-parleur. Dès que vous appuyez sur un bouton, une voix féminine vous dit (en japonais pour l'instant, mais en anglais à partir d'avril prochain) si demain le temps sera ensoleillé, variable, nuageux ou pluvieux. Ces prévisions sont en principe valables dans un rayon de 20 km. Pour ceux qui ne comprennent ni le japonais ni l'anglais, un signal clignote en face du symbole représentant le temps prévu. Enfin, il existe une fonction réveil avec alarme, et la voix vous donne l'heure.

2 La souris perd le fil qui la reliait à son microordinateur. Désormais, elle commande l'appareil en émettant des infrarouges, qui sont captés par un récepteur relié (par fil, cette fois) au microordinateur ou au clavier. Au surplus, cette souris fabriquée par Sicos possède une plus grande résolution et celle-ci est modulable de 4 à 480 points par centimètre. Une touche latérale sert à la mise en œuvre et à la démultiplication de la vitesse de déplacement du curseur. En outre, la souris Sicos économise ses piles : elle met son émetteur en attente après 5 secondes de non-emploi, et coupe l'alimentation au bout de 10 minutes de pause. Le champ du récepteur est de 90° et sa portée de 1,50 m, ce qui est suffisant, à condition de lui trouver la bonne place et de le fixer avec l'adhésif double-face fourni. Nous avons testé ce petit périphérique, qui s'est révélé tout à fait fiable et surtout très pratique (plus de fil qui s'entortille, plus de connexion qui se débranche régulièrement).

3 Les huit fonctions de la baignoire à remous Tikal se commandent à distance, par simple pression sur un boîtier étanche. Celui-ci envoie alors des infrarouges vers un relais mural qui commande le système. Ainsi, les amateurs pourront, sans avoir à chaque fois à se déplacer vers une console de commande et sans aucun courant électrique dangereux, s'offrir un massage eau/air, air seul, en fonctionnement simultané ou

intermittent, variation d'intensité, production d'ozone (gaz formé dans l'air ou l'oxygène soumis à une décharge électrique, utilisé pour purifier l'air et l'eau, oxydant et bactéricide), programmation de la durée de 1 à 30 minutes et de la température du bain jusqu'à 35-40 °C. Ces bassins sont équipés d'un bloc moteur qui assure le filtrage, la désinfection et le chauffage de l'eau. Celui-ci se compose d'une turbine à air qui insuffle 1 000 litres/min grâce à 24 injecteurs, associée à une résistance de 150 W pour le chauffage. Enfin, 4 jets d'eau réglables individuellement permettent de sélectionner l'arrivée d'eau ou d'air en fermant l'injection d'air. Une pompe de 1,5 ch garantit un brassage constant, en pulsations (par à-coups) ou en massage alterné eau/air.

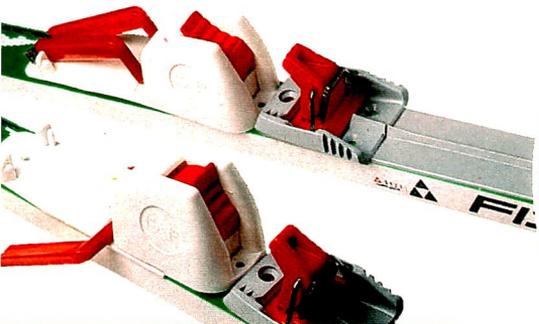
4 Porter un interrupteur autour du cou ou en porte-clés, c'est une idée de la société Pieron. Ses minisystèmes de commande radio, les Modul'onde, permettent de commander à distance l'allumage, l'extinction ou la variation de l'intensité lumineuse dans une pièce, avec une portée de 20 à 40 mètres. Cela en toute indépendance du circuit électrique existant, puisque ces dispositifs ne sont pas raccordés au secteur. Dotés d'une touche contact, le bouton émetteur envoie un signal haute fréquence à chaque pression, qui peut même traverser les murs. Ce signal est capté par un récepteur installé sur le circuit d'alimentation qui commande les points lumineux par l'intermédiaire de modules auxiliaires placés sur le tableau de commande électrique de l'appartement ou du local. Chaque boîtier contient un microprocesseur bits, qui effectue de 1 à 4 fonctions selon le modèle.

5 Les "fondeurs" ou adeptes du ski nordique connaissent l'effort demandé par les montées, en canard ou en escalier. Le système 4 x 4 supprime ces difficultés. C'est un dispositif à visser sur chaque ski, devant la fixation. Lors de la montée, si le skieur recule, deux pattes en

2
UNE SOURIS RAYONNANTE
1 500 F
chez International
Computer,
26 rue du Renard,
75004 Paris



5 FREIN ANTI-RECU POUR SKIEURS DE FOND
170 F, dans les magasins de sport et chez Deville et Cie,
BP 10, ZI de la Prade, 43110 Aurec-sur-Loire



acier dentées à leur extrémité viennent se ficher dans la neige ou la glace. Montées dans un boîtier résistant, celles-ci sont escamotables et se rabattent dans l'épaisseur du ski au moment de la descente où ce système est utilisable également pour le freinage. Il se verrouille-déverrouille avec le bâton de ski.

6 L'Aérovac est un aspirateur de 20 cm de long qui ne pèse que 400 g. Son bec orientable lui permet d'aller chercher la poussière dans les endroits difficiles d'accès. Avec cet engin gros comme un fer à repasser et qui fonctionne aussi bien avec deux piles de 1,5 V que sur l'allume-cigare d'une voiture, plus besoin de faire table rase avant de dépoussiérer votre bureau, et plus de recoins inaccessibles dans votre véhicule. Il est même doté de "phares" pour éclairer les coins sombres (entre des piles de documents par exemple !). Le Flex 3, encore plus petit (cylindre de 10 x 6 cm), est un aspirateur exclusivement pour bureau intégré dans un accessoire pratique avec en outre un porte-crayons.



3 MASSAGES TÉLÉCOMMANDÉS DANS VOTRE BAIN
50 000 F environ, chez Néomédiam,
ZI des Ecrevolles, BP 2024, 10010 Troyes Cedex



6
DEUX ASPIRATEURS
QUI TIENNENT DANS LA MAIN
chez ITC Importateur, 450 F et 260 F,
renseignements au (1) 42 74 16 20





7 LA BANDE DES 4 MARQUEURS
399 F, catalogue l'Exemplaire,
BP 40, 75514 Paris Cedex 15

10 LE PREMIER AÉROGLISSEUR EN MODÈLE RÉDUIT
8 000 F environ, Aéroplast,
Creux-Redon de Cantadou, 34400 Lunel



8

UNE CALCULETTE BANCAIRE

270 F,
dans les grands magasins
et boutiques
informatiques



7 Pour écrire ou dessiner sur différents types de surfaces. l'Exemplaire propose une pochette de quatre marqueurs : une pointe de diamant pour graver le verre, le métal, le plastique ou le bois ; une pointe céramique et porcelaine pour marquer les surfaces émaillées ; un stylo à encre indélébile pour écrire sur tous les textiles ; l'assortiment comporte également un marqueur qui dépose sur toutes les surfaces un pigment visible seulement à l'aide d'une petite lampe à ultraviolets, livrée avec l'ensemble.

LES OBJETS DU MOIS

8 Texas Instruments lance Personal Banker, première calculatrice financière destinée au particulier et qui n'exige aucune connaissance spécialisée. Grâce à des cartes guides intégrées dans la machine, l'utilisateur peut très facilement, en "suivant le guide", faire ses calculs d'investissements, d'emprunts, d'épargne et de comparaison d'offres de crédit. Exemples de variables pouvant être ainsi calculées : montant d'une mensualité, coût total, taux d'intérêt effectif, durée de remboursement, performance d'un placement, comparaison entre plusieurs propositions pour choisir la meilleure, etc. La présence de cellules solaires rend les piles superflues. Bien entendu, cette calculatrice peut également effectuer les opérations courantes.

10 Baptisé BB d'OC, il apparaîtra au Salon de la maquette, en avril prochain, présenté par la société Aéroplast. Ce modèle a été réalisé à l'échelle 1/2 du modèle monoplace du même fabricant (1,45 x 0,90 x 0,65 m) et en reproduit exactement toutes les caractéristiques. Equipé d'un moteur Kawasaki 2 temps, 49 cm³, à embrayage centrifuge, cet aérogliasseur "flotte" sur un coussin d'air de 10 cm et peut atteindre 40 km/h sur l'eau, la terre, l'herbe, le sable, etc. Il s'agit d'un monomoteur dit à écopage, c'est-à-dire que le même moteur assure à la fois la sustentation et la propulsion. Une partie du flux de poussée généré par l'hélice est en effet prélevée (l'écopage) et dérivée sous l'engin, créant ainsi un coussin d'air. Comme sur l'original, des jupes bicylindriques se gonflent individuellement et absorbent les obstacles qui pourraient endommager l'engin. Toutes les pièces du modèle réduit sont en polyester armé et il est rendu insubmersible par une mousse synthétique. Enfin, une télécommande à deux voies permet de contrôler le moteur et la direction.

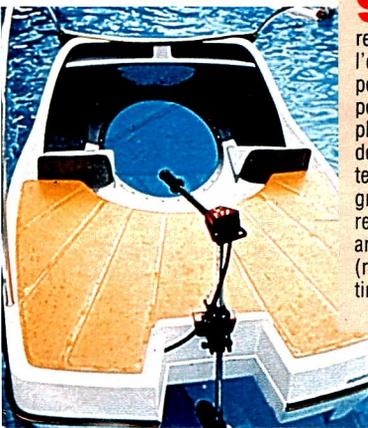
9

UNE EMBARCATION POUR VOIR SOUS L'EAU

35 000 F environ sans moteur,
chez Sea Star,
57 rue de Richelieu,
75002 Paris

9 L'Aquavision est une sorte de barque à pédales ou à moteur, doté d'un fond transparent. L'étrave, c'est-à-dire la partie avant de l'embarcation en contact avec l'eau, a été découpée pour recevoir un large hublot en verre trempé. Deux ou quatre personnes peuvent prendre place à bord. L'Aquavision répond aux normes de sécurité des engins admis en mer : le polyester stratifié armé dont il est fait est insubmersible grâce à la mousse PVC injectée dans la coque, et rendu étanche par la présence de silicones. Deux arceaux d'acier permettent de tendre un taud (rideau de toile) pour protéger du soleil et garantir une meilleure vision des fonds sous-marins.

11 Le Sharp IQ-7100 M est un agenda-bloc-notes électronique qui vous permet d'organiser votre emploi du temps en sept langues (allemand, espagnol, anglais, italien, français, finnois et suédois). Cet instrument polyvalent offre en fait une centaine de possibilités, depuis la simple calculatrice jusqu'à l'heure avec décalages horaires dans 212 villes, en passant par le calendrier, le rappel d'anniversaires, le répertoire téléphonique divisé en fichiers, un bloc-notes à plusieurs rubriques, différentes alarmes et une fonction secret avec mot de passe. Le Sharp IQ-7100 M fonctionne grâce à des cartes à puce, qui préservent les données. Un logiciel, en option, les transmet sur un autre agenda de même type ou sur un ordinateur de type PC par l'intermédiaire d'une prise 15 broches. Enfin, il peut être relié à une imprimante ou à d'autres périphériques, tel un enregistreur à cassette pour archiver des informations.



LES BRACONNIERS DE L'ATLANTIQUE

(suite de la page 112)

ment" des morues. En fait, pour connaître la quantité exacte de poissons dans l'Océan, il faudrait aussi bien étudier la dynamique des populations animales que celles des bateaux qui les pêchent.

Cependant, même si la nature réagit beaucoup mieux qu'on ne le croit à l'exploitation de ces ressources, il est évident qu'il y a des limites à respecter. Mais quelles sont ces limites? Les scientifiques les plus optimistes de la CEE estiment qu'il suffit de laisser 10% des reproducteurs de la population de départ pour maintenir la pérennité des populations. Mais cette marge restreinte ne tient pas compte des catastrophes écologiques accidentelles de plus en plus fréquentes, comme celles de l'*Exxon Valdez*, du *Qharg-V*, etc. et autres marées noires. Et elle tient encore moins compte des fraudeurs. Car il est patent que la CEE pêche bien au-delà de la valeur F_{max} déjà très optimiste qu'elle s'est fixée.

Résultat, comme par hasard, dans une des seules zones de pêche qui ne se situe pas dans les eaux territoriales canadiennes (*voir carte p. 110*), les morues sont incontestablement menacées d'extinction...

Didier Dubrana

3 MILLIARDS DE DOLLARS POUR VOIR L'UNIVERS

(suite du texte page 29)

pour les sources ponctuelles stellaires, mais aussi pour les nuages de matière interstellaire et intergalactique.

Dernier instrument scientifique : le photomètre à grande vitesse, qui est chargé de réaliser des mesures extrêmement précises de l'intensité de la lumière sur une large gamme de longueur d'onde. La notion de grande vitesse renvoie à sa résolution temporelle, c'est-à-dire à la possibilité de distinguer deux événements lumineux séparés par seulement dix microsecondes (une performance technique impossible sur Terre à cause de la turbulence atmosphérique). Après les images des caméras, les analyses en profondeur des spectrographes, le photomètre mesurera les moindres soubresauts d'activité des objets observés.

Des études systématiques pour les étoiles, avec l'espoir de détecter enfin les fameux trous noirs. En effet, le photomètre sera capable de mesurer les variations d'émission lumineuse d'une étoile de quelques kilomètres de diamètre seulement qu'on soupçonne d'être ou d'évoluer en trou noir : des objets hyper massifs apparaissent notamment après l'explosion d'une étoile en supernova ; l'effondrement gravitationnel qui s'ensuit est si puissant qu'il empêche la lumière de s'échapper et donne ainsi naissance à ces fameux trous noirs. Le photomètre se concentrera aussi sur des objets de faible intensité que l'on a détecté sur Terre en radioastronomie ou par les rayons X.

Toutes ces caractéristiques font du télescope de l'espace un observatoire unique. Malgré le retard de lancement, ses performances sont aujourd'hui encore inégalées par les observatoires terrestres (*voir encadré p. 22*). Le simple fait d'être situé au-dessus des phénomènes atmosphériques et de bénéficier 365 jours par an de "beau temps" et de 24 heures par jour de ciel noir (si l'on excepte les périodes d'occultation dues à la Terre, à la Lune et au Soleil) l'explique largement. Au total, quinze années de bonheur pour les astronomes. De quoi patienter activement en attendant la construction du "fils du télescope spatial", évoquée par les astronomes du Space Telescope Science Institute, dont le diamètre pourrait atteindre 16 m et qui serait éventuellement installé sur la Lune. Mais c'est une autre histoire.

Jean-François Robredo

Le vendredi 2 mars 1990, Jacques Labeyrie reçoit Alain Raviart, physicien au service d'astrophysique du CEA à Saclay dans le cadre de l'émission "Les avenues de la recherche", consacrée à l'exploration du système solaire en trois dimensions, sur France-Culture de 19 heures trente à 20 heures.

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 7084, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63



BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7084
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom :

Adresse :

DES "INDICS" MINUSCULES POUR DÉNONCER LE CANCER

(suite de la page 52)

envahisseurs dans leur œuvres vives.

Pourquoi ? Parce que les microbes dissimulent leurs armes. Ainsi les rhinovirus, ceux qui provoquent nos rhumes, camouflent leur site de fixation (à la cellule hôte) dans de profonds replis de leur surface, où les grosses molécules d'anticorps ne peuvent pas pénétrer. Mais les sdAB, eux, arriveront à s'y faufiler, et donc à bloquer les sites d'attache, rendant du même coup les virus inoffensifs.

Autre perspective liée à la petitesse des sdAB : les chercheurs vont pouvoir mettre au point une nouvelle génération d'immunotoxines beaucoup plus performantes. Depuis plusieurs années déjà, on expérimente une thérapie consistant à coupler à un anticorps une toxine extrêmement puissante, afin de détruire sélectivement certaines cellules, notamment les cellules cancéreuses. Une tumeur est considérée comme un corps étranger par l'organisme, qui envoie contre elle des anticorps. Mais ceux-ci ont une efficacité très relative, et c'est précisément pour les rendre plus virulents qu'on leur adjoint une toxine. Cela dit, les immunotoxines actuelles, du fait de leur taille, pénètrent difficilement les tissus cancéreux. Ce défaut pourrait être corrigé par l'utilisation, au lieu d'immoglobulines entières, des mini-anticorps "inventés" à Cambridge.

Mais il y a plus : grâce aux sdAB, va s'ouvrir l'ère des anticorps à géométrie variable. En effet, en associant ces têtes chercheuses à d'autres segments, judicieusement choisis, de la molécule, on va pouvoir confectionner des immunoglobulines exactement adaptées à la cible visée. Donnons un exemple. Les performances médiocres des immunotoxines proviennent aussi en partie de la difficulté qu'elles ont à bien reconnaître les cellules cancéreuses. Si donc on agrège à des sdAB spécifiques des cellules tumorales quelques petits fragments impliqués eux aussi dans la liaison à l'antigène, on renforcera les capacités de détection et de fixation de ces immunotoxines, tout en conservant les avantages que leur confère leur taille réduite.

Enfin, en couplant des sdAB à des parties communes humaines, on restaurera la fonction immunitaire des anticorps (c'est en effet dans les tronçons constants que se trouvent les éléments qui activent les réactions de défense de l'organisme), sans rencontrer cette fois le problème de rejet mentionné plus haut. Ces immunoglobulines reconstruites s'imposeront sans doute en thérapie, notamment dans la lutte contre les infections virales.

Reste toutefois à vérifier que les propriétés des sdAB, mises en évidence avec deux antigènes, sont généralisables à l'ensemble des anticorps — ce qui paraît plus que probable. **Marie-Françoise Lantiéri**

Nouvelle méthode plus facile, plus efficace

vosre première leçon D'ANGLAIS OU D'ALLEMAND GRATUITE

avec cette cassette d'essai
de la méthode réflexe orale



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

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

La méthode réflexe-orale a été conçue spécialement pour être étudiée chez soi. Vous pouvez donc apprendre l'anglais ou l'allemand chez vous à vos heures de liberté, où que vous habitiez et quelles que soient vos occupations. En consacrant moins d'une demi-heure par jour à cette étude qui vous passionnera, vous commencerez à vous "débrouiller" dans deux mois et, lorsque vous aurez terminé trois mois plus tard, vous parviendrez à parler couramment avec un accent impeccable, ce qui d'ailleurs a stupéfié des spécialistes de l'enseignement.

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

GRATUITS 1 cassette + 1 leçon
+ 1 brochure



Bon à retourner à Centre d'Études Service A14 E
1, avenue Stéphane-Mallarmé 75017 Paris

Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre brochure
"Comment apprendre l'anglais ou l'allemand et parler couramment"
ainsi que :

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

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

MON NOM
(en majuscules SVP)
MON ADRESSE

Code postal (5 chiffres)

Ville

LES "ACCROS" DU JEU

(suite de la page 76)

gique que procure un bon fonctionnement du FLB, et leur cerveau les pousse à trouver de la noradrénaline par tous les moyens.

Or, il est un phénomène naturel qui déclenche d'abondantes sécrétions de noradrénaline, et même d'adrénaline (une substance du même type, mais encore plus puissante) non seulement dans le cerveau, mais dans le corps tout entier : c'est l'émotion, l'agitation interne que provoque un état d'excitation intense. Au point que l'on peut dire que toute émotion violente est un véritable bain adrénalinique pour le cerveau.

Le joueur compulsif a découvert les bienfaits de l'excitation dès ses premières expériences, alors qu'il était encore un joueur "normal". Mais, bien vite, cette excitation lui est devenue indispensable, car elle lui apporte la noradrénaline qui lui fait défaut. Autrement dit, le circuit classique du FLB étant chez lui défaillant, il est obligé d'avoir recours à répétition au circuit parallèle des émotions. Et la meilleure source d'émotions pour lui, c'est évidemment le jeu !

Des chercheurs de l'université de Glasgow ont effectivement observé que, chez les joueurs pathologiques, la fièvre du jeu occasionnait une activité noradrénalinique particulièrement élevée : sudations et augmentation du rythme cardiaque sont nettement plus marquées que chez les joueurs occasionnels. Les dosages de HVA et de VMA dans les urines sont également révélateurs : ils indiquent une sérieuse activation des systèmes NA, activation d'autant plus remarquable qu'elle se produit chez des sujets qui, lorsqu'ils ne s'adonnent pas à leur passion, sont "en manque" de ce neurotransmetteur.

Ainsi tout s'éclaire, et l'on retrouve les racines biologiques des observations cliniques récentes. Ayant, en dehors des moments où il joue, une activité noradrénalinique au-dessous de la normale, le joueur pathologique a toutes les raisons d'être déprimé. Le jeu lui apporte l'équivalent d'un "shoot" de noradrénaline, qui le revigore momentanément. Mais, comme le toxicomane, il doit constamment augmenter la dose, c'est-à-dire rechercher des émotions toujours plus fortes, tenter des coups toujours plus osés. Bref, l'"accro" du jeu est un toxicomane de la noradrénaline.

Cette découverte est passionnante à plus d'un titre. D'abord, elle conforte la thèse selon laquelle nos comportements sont intimement liés au fonctionnement de notre cerveau. Cela ne veut pas dire que le cerveau soit la clef de tout ce qui fait notre personnalité, mais sa bonne marche est indispensable à l'expression de ce que nous sommes. Bien des

désordres prétendent psychiques ne sont en réalité que le reflet de troubles physiques. De même qu'un excès d'alcool dans le sang peut transformer un paisible automobiliste en un redoutable tueur, un manque de noradrénaline dans le cerveau peut également faire perdre à un homme toute sa dignité.

Le deuxième intérêt de cette découverte, c'est qu'elle peut déboucher sur une véritable thérapeutique médicale. Guérir un joueur pathologique par la seule psychologie est, nous l'avons vu, plus qu'aléatoire. En revanche, lui administrer un médicament susceptible de rétablir une fonction noradrénalinique normale pourrait se révéler beaucoup plus efficace. Maintenant que l'on connaît la cause, on peut espérer trouver le remède.

Enfin, la relation établie entre la compulsion du joueur et son déficit en noradrénaline cérébrale ébranle sérieusement l'un des piliers de la théorie freudienne, et cela aussi est intéressant. En effet, selon Freud et ses continuateurs, notre vie est un perpétuel combat entre des pulsions refoulées dans l'inconscient, et qui ne demandent qu'à en ressortir, et le contrôle exercé par la censure du "surmoi". S'il en était ainsi, cet antagonisme imposerait une lourde tâche au cerveau et exigerait un gros apport énergétique, c'est-à-dire un fonctionnement à plein des structures noradrénaliniques. En cas de défaillance du contrôle des pulsions, le résultat serait exactement le même, car, en vertu de la dynamique freudienne, lesdites pulsions libéreraient une énergie considérable, ce qui se traduirait donc également par un renforcement de la fonction noradrénalinique.

Or, ce n'est pas ce qui se passe chez le joueur compulsif. Non seulement il ne se sent pas habité par des forces occultes déchainées, mais il a même le sentiment (plus ou moins conscient) de ne pas avoir en lui suffisamment d'énergie, d'où son incessante recherche d'émotions fortes destinées à lui en procurer.

Le rôle joué par ces hormones du cerveau que sont les neurotransmetteurs va donc obliger les psychanalystes à réviser sérieusement la dynamique freudienne. Un réexamen qui risque d'avoir bien des conséquences et qui est attendu avec beaucoup de curiosité.

En attendant, on peut conseiller à tous ceux qui se sentent attirés par les sensations fortes de ne pas se laisser piéger par le jeu. Car le cerveau apprend vite où trouver ce dont il a besoin. L'agréable frisson des premières parties peut rapidement se transformer en redoutable tyrannie. Mieux vaut se tourner vers d'autres activités tout aussi palpitantes, mais moins exposées à virer à l'obsession.

Dr Jacqueline Renaud
Enquête:
Jacqueline Denis-Lempereur

L'OPTRONIQUE : UN COUP D'ŒIL À TRAVERS LA NUIT

(suite de la page 95)

précisément, on demande au SOF d'avoir une portée de l'ordre de 80 km en mode détection et poursuite et de 25 km environ pour l'identification (à titre comparatif, le radar de l'ACT-ACM aura, quant à lui, une portée comprise entre 90 et 110 km selon qu'il s'agit de déterminer la vitesse de la cible, mode Doppler, ou sa distance, mode télémétrie).

Ce SOF sera capable de fonctionner selon trois modes. En veille autonome passive, plusieurs cibles seront suivies simultanément à leur insu. Ici, le domaine couvert équivaut pratiquement à celui du radar. En poursuite angulaire passive, le SOF l'emportera probablement sur le radar par sa résolution angulaire nettement supérieure. Enfin, en télémétrie laser, il fournira des indications extrêmement précises sur la vitesse radiale de la cible.

Thomson-CSF et la SAT ont également à l'étude un équipement optronique de surveillance omnidirectionnelle autour de l'avion. Cet équipement, surligné-t-on chez Thomson-CSF, répondra aux nécessités du combat aérien rapproché, lequel se déroule dans un espace angulaire largement inaccessible au radar de pointe avant. Toute cible non prise en charge par le cône avant de ce radar le sera donc par ce système omnidirectionnel. Ce dernier aura par ailleurs pour fonction, d'une part, d'agir en tant que système d'alerte et d'autoprotection grâce à un détecteur de départ de missile (DDM) et, d'autre part, d'adresser au radar ou au SOF les informations qui leur permettront de se prépositionner pour assurer la poursuite des objectifs dès que ces derniers apparaîtront ou réapparaîtront dans le secteur avant.

Enfin, troisième élément du système optronique étudié par Thomson et la SAT, l'équipement laser de poursuite et de télémétrie sera associé à la fois au SOF et au système de veille omnidirectionnel. Couvrant la totalité de l'espace entourant l'avion — ce que ne peut faire un radar de nez —, il fournira avec une précision inégalée, de 50 cm à 5 m en distance et de 10 cm/s à 1 m/s en mode Doppler, les informations nécessaires au calcul du domaine de tir des missiles adverses ainsi qu'une prédiction de la trajectoire de la cible.

Le SOF, dont le poids avoisine la centaine de kilos, sera logé immédiatement derrière le radar, là où les Soviétiques l'ont installé sur leurs *Mig 29* et *Su 27*. Quant au système omnidirectionnel, il sera divisé en deux blocs disposés l'un sur la partie supérieure de l'avion, l'autre sous le fuselage. On ignore encore à l'heure actuelle si les informations optroniques seront visualisées sur l'écran tête moyenne ou sur le viseur tête haute du pilote ou encore si on ne choisira pas de les faire basculer alternativement sur l'un ou sur l'autre en fonction de la position respective des adversaires.

Serge Brosselin

Une étonnante performance de mémoire que tout le monde peut réaliser

Votre mémoire est capable de prouesses que vous ne soupçonnez pas; ainsi, en appliquant la méthode préconisée par le Centre d'Etudes, vous pourrez, comme tout le monde, réaliser l'expérience suivante: on effeuille devant vous les 52 cartes d'un jeu bien mélangé. Vous les regardez attentivement, puis vous les citez immédiatement dans l'ordre sans aucune erreur. Mieux encore, vous pourrez instantanément dire quelle est la 5^e, la 28^e ou la 39^e carte du jeu. Par une méthode analogue, vous pourrez rejouer de mémoire une partie d'échecs à laquelle vous aurez assisté. Tout le monde peut réussir ces expériences, mais à une condition, c'est d'appliquer une méthode correcte de mémorisation. Car une bonne mémoire ce n'est pas une question de don, c'est une question de méthode. Si vous croyez que votre mémoire est médiocre, c'est qu'on ne vous a jamais appris à vous en servir. En suivant la méthode du Centre d'Etudes vous obtiendrez des résultats stupéfiants.

Naturellement, le but essentiel de cette méthode n'est pas de réaliser des prouesses comme celles que nous venons de présenter, mais de vous donner une mémoire parfaite dans la vie courante: c'est ainsi qu'elle vous permettra de retenir instantanément le nom des gens avec lesquels vous entrez en contact, les courses ou visites que vous avez à faire (sans agenda), la place où vous rangez les choses, les chiffres, les tarifs, les numéros de téléphone, les idées importantes d'un livre ou d'une conférence, etc. La même méthode donne des résultats peut-être plus extraordinaires encore lorsqu'il s'agit de la mémoire dans les études. En effet, elle permet d'assimiler, de façon définitive et dans un temps record, des centaines de dates de l'histoire, des milliers de notions de géographie ou de sciences, l'orthographe, les langues étrangères, etc. Tous les étudiants devraient l'appliquer et il faudrait l'enseigner dans les lycées. L'étude devient alors tellement plus facile. Si vous voulez avoir tous les détails sur cette remarquable méthode, vous avez certainement intérêt à demander le livret gratuit proposé ci-dessous, mais faites-le tout de suite, car actuellement vous pouvez profiter d'un avantage exceptionnel.

GRATUIT 1 brochure + 1 test

Découpez ce bon ou recopiez-le et adressez-le à: Service M, Centre d'Etudes, M 14 W
1, av. Stéphane-Mallarmé, 75017 Paris.

*Veillez m'adresser le livret gratuit «Comment acquérir une mémoire prodigieuse» et me donner tous les détails sur l'avantage indiqué. Joindre 3 timbres pour frais.
(Pour pays hors d'Europe, joindre 5 coupons-réponses.)*

Mon nom: Prénom:

Mon adresse complète:

..... Code postal:

Ville:

L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE A BESOIN DE VITAMINES

(suite de la page 137)

15 000 à courir les cabinets médicaux pour faire valoir les produits de leur laboratoire. Jusqu'à présent, l'exercice de cette profession était libre — tout au plus le candidat était-il soumis par son employeur à un petit examen d'aptitude et à une formation. Depuis juin 1989, une nouvelle réglementation prévoit un cycle d'enseignement technico-commercial sanctionné par un examen obligatoire. Ainsi les nouveaux visiteurs médicaux auront-ils dorénavant un niveau bac + 3 au minimum.

Il est à noter que médecins et pharmaciens constituent 2% de cette profession. « Pour un jeune médecin qui veut se tourner vers l'industrie pharmaceutique, la visite médicale est en effet un passage souhaitable que certains laboratoires n'hésitent d'ailleurs pas à exiger avant qu'ils prennent leurs fonctions », souligne Elisabeth Borja-Foucault, "chasseur de têtes" chez Progress.

Dans l'industrie pharmaceutique peut-être plus qu'ailleurs, le degré de qualification exigé grimpe désormais, quelle que soit la fonction envisagée.

Isabelle Bourdial

Le mois prochain, les métiers de la construction automobile.

OURAGAN SUR LA FRANCE

(suite de la page 37)

ne), site exposé (littoral ou vallée étroite). Un système de coefficients donc d'ajuster les calculs de force aux caractéristiques de l'environnement. Ainsi, dans une même région (la Région I, par exemple), pour deux constructions totalement identiques et distantes de 200 mètres seulement, la force du vent peut varier de plus de la moitié (69 %) d'une bâtisse à l'autre.

En ville, les calculs se compliquent encore. Un bâtiment construit à l'abri d'un grand HLM bénéficie de "l'effet de masque" qui diminue d'autant la force du vent. Le constructeur pourra donc diminuer les dimensions des charpentes métalliques, par exemple, et faire des économies sur le matériel. Par contre, lorsque le vent s'engouffre entre deux immeubles, sa vitesse peut doubler ; et on doit donc augmenter la solidité de l'édifice.

L'application des nombreux coefficients est donc relativement aléatoire, mais les constructeurs respectent généralement des marges de sécurité bien supérieures aux normes (surtout pour les constructions en béton). D'ailleurs, avant d'obtenir un permis de construire, ils doivent soumettre leurs calculs aux différents organismes de contrôle (APAVE ou SOCOTEC). Cependant, pour les petites constructions comme les hangars agricoles, ou les petits équipements publics tels que les réverbères ou les abris d'arrêt de bus, le jeu de la concurrence incite les constructeurs à appliquer à la lettre les normes afin de diminuer le prix de fabrication.

Le 3 février, la vitesse du vent a transgressé les règles françaises. La région parisienne (Région I) a été balayée par des vents comme ceux qui soufflent habituellement à la Pointe du Raz (Région II). Tandis que les vents bretons ont fait concurrence au mistral (Région III). Résultat : les bâtisses légères, souvent construites à la limite des normes de chaque région, ont plié sous la tempête.

Peut-on éviter ce genre de catastrophe ? Il faudrait tout simplement augmenter le nombre de stations météorologiques pour connaître avec plus de détails les cartes locales des vents en France, afin d'ajuster les règles. Un programme de ce type débute dans les Alpes (Super PERIDOT). Il devrait permettre de jalonner la région (tous les 3 km) d'appareils de mesures automatiques (pluviomètres, anémomètres, thermomètres...). Mais il s'agit, pour l'instant, d'une zone test, et on est loin de quadriller la France.

En attendant, faute de données plus précises, ces tempêtes mettent de nouveau les scientifiques dans l'embarras, en ravivant les thèses et les anti-thèses sur le changement probable du climat dans les régions tempérées.

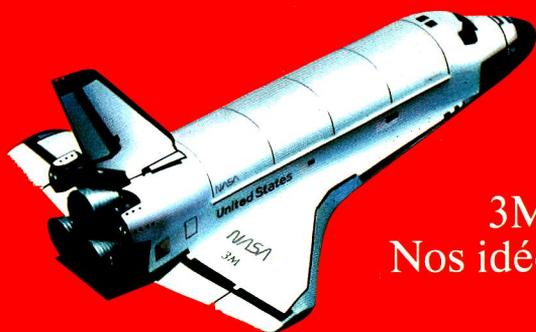
Isabelle Grégov et Didier Dubrana

(1) Voir *Science & Vie* n° 862, p. 32.

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas).

Couverture : document NASA/Ciel & Espace — dessin B. Couderc ; p. 2 : Vice-amiral "Yogi" Kaufman, USN - E. Lessing/Magnum - I. Python - Wolff/Jerrican ; p. 3 : Bruce Coleman - F. Gohier/Explorer - Sygman ; p. 10 : B. Barreau ; p. 20/21 : NASA ; p. 22/23 : NASA - A. Meyer - Perkin-Elmer ; p. 24/25 : NASA/Ciel et Espace ; p. 26/27 : ESA ; p. 28/29 : Roe/Ciel et Espace ; p. 31 : UPI - AFP ; p. 32/33 : Météorologie nationale ; p. 34/35 : C. Lacroix ; p. 37 : A. Meyer - J.P. Masset/France-Soir ; p. 38 : Zefa-Norman ; p. 39 : V. Clément/Jerrican ; p. 41 : Jerrican ; p. 42/43 : R. Sabatier ; p. 44/45/46 : I. Python ; p. 50/51/52 : D. Roussel ; p. 54 : De Vere Patton/Science ; p. 55 : M. Toscas/Gal 27 - N. Papamiltiades ; p. 56 : N. Papamiltiades ; p. 57 : B. Gibbons/Ardea - M. Jacobs/IMB - N. papamiltiades ; p. 59/60/61 : J.M. Bader - D. Galland ; p. 62/63/64 : N. Papamiltiades ; p. 65 : C. Gigo/CNRS - N. Papamiltiades ; p. 66/67 : Bruce Coleman ; p. 70/71 : L. Freed/Magnum ; p. 72/73 : C. Witt - Rohen/Yokochi in Human Anat. Schattauer Verlag ; p. 74/75 : J.M. Fessol ; p. 77 : ESA ; p. 79 : Times News Papers ; p. 81 : Zefa ; p. 83 : Harlingue-Viollet ; p. 84 : DGA/DECN ; p. 85/87 : A. Ernout ; p. 88 : D. Riffet/Explorer ; p. 89 : Vice-amiral — Yogi — Kaufman, USN ; p. 90/91 : C. Lacroix ; p. 92/93 : D. Halstead/Liaison Gamma ; p. 94/95 : Dassault - SAT ; p. 96/97 : DR ; p. 101 : C. Weiss/REA ; p. 102/103 : DR - St Elie/REA ; p. 105 : A. Meyer ; p. 107 : Cuisset/REA ; p. 108/109 : P. Diot/Marina Cedri - B. Campbell/Magnum ; p. 110/111 : J.M. Fessol ; p. 112 : A. Meyer - J.M. Fessol ; p. 113 : DR ; p. 114 : Bartoli/REA ; p. 115 : DR - N. Papamiltiades ; p. 116 : DR ; p. 117 : N. Papamiltiades ; p. 118 : DR ; p. 119 : N. Papamiltiades ; p. 121 : DR ; p. 123/124/125 : DR ; p. 127 : DR - R. Bellone ; p. 128 : DR ; p. 129 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 130/131 : C. Sappa/CEDRI - D.L. Allet ; p. 135 : R. Sabatier ; p. 144 : M. Toscas ; p. 146/147/148/149/150 : M. Roux-Saget ; p. 153 : M. Toscas ; p. 157/158/159 : DR ; p. 160/161/162/163 : E. Malemanche - DR.



3M SANTÉ.
Nos idées sont partout.

En prenant de l'espace, nous faisons décoller la recherche.

Au-delà de l'espace et du temps, les Laboratoires 3M SANTÉ -entité médicale du groupe 3M- conduisent une partie de leurs recherches avec la NASA. Matériaux testés en apesanteur, expérimentation sous vide, recherche fondamentale, la plus haute technologie se met à l'écoute de ceux qui soignent.

En France, dans son unité de production de Pithiviers, 3M SANTÉ fabrique et distribue déjà plusieurs spécialités destinées au marché mondial. Un haut niveau de qualité, une large diversification, une croissance forte et soutenue, une éthique rigoureuse, une charte d'entreprise vivante font

de 3M SANTÉ une entreprise novatrice et performante. En relation constante avec l'environnement médical au sens le plus large, 3M SANTÉ poursuit des recherches sur le cœur artificiel et dans le domaine de l'infectiologie humaine, animale et végétale.

Aujourd'hui, plus de 300 innovations 3M SANTÉ apportent leur contribution aux grands domaines thérapeutiques. De la chirurgie cardiaque au dentaire, de l'ophtalmologie à l'orthopédie, du médicament à usage humain aux secteurs vétérinaire et phytosanitaire, nos idées sont partout.

Partout où il faut avancer.

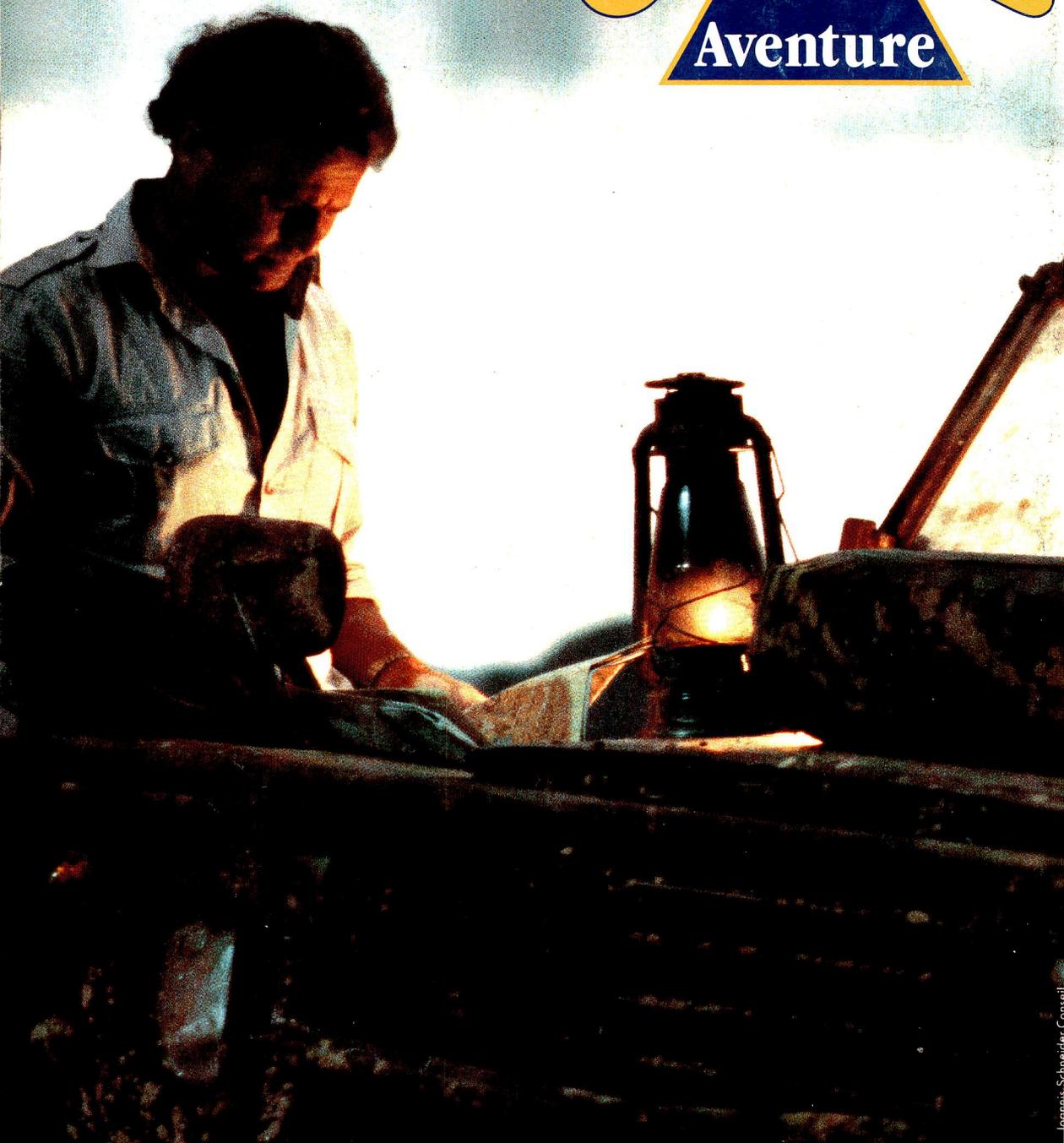
Laboratoires 3M Santé

3, rue Danton
92245 MALAKOFF CEDEX
Téléphone 1/49 65 51 51

3M
SANTÉ

CAMEL

Aventure



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